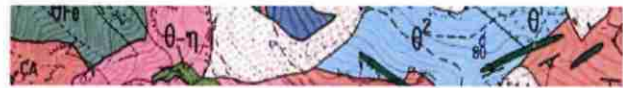


Document public

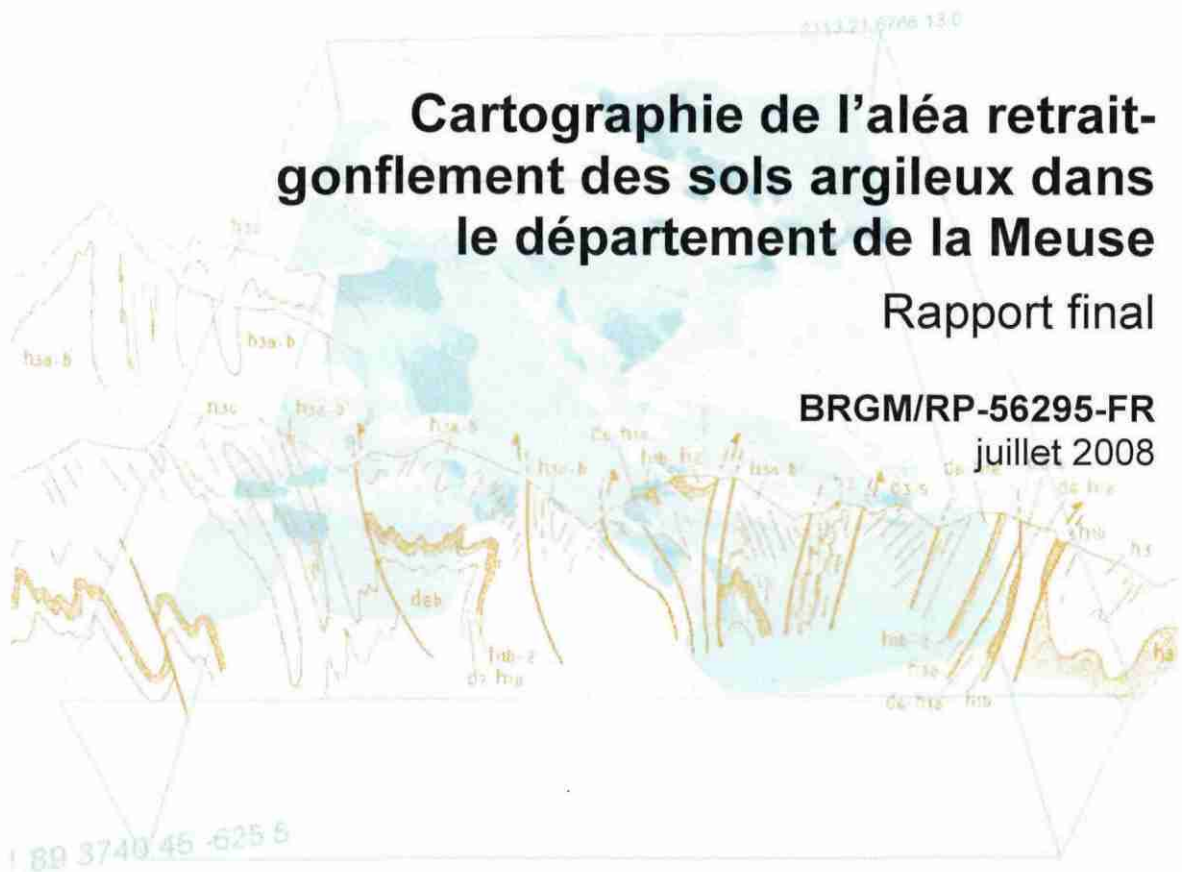


Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Meuse

Rapport final

BRGM/RP-56295-FR

juillet 2008



Préfecture de la Meuse



Direction
Départementale
de l'Équipement
Meuse



Document public



Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Meuse

Rapport final

BRGM/RP-56295-FR

juillet 2008



Étude réalisée dans le cadre de l'opération de service public 06RISD27 du BRGM

N. Zornette, avec la collaboration de A. Hamoud et S. Beaujoin

Vérificateur :
Nom : Marc Vincent
Date : 7 juillet 2008
Signature :

Approbateur :
Nom : Michel Aguilhaume
Date : 29.07.2008
Signature :

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



Préfecture de la Meuse



Direction
Départementale
de l'Équipement
Meuse



Mots clés :

argiles, marnes, argiles gonflantes, smectites, retrait-gonflement, aléa, risque naturel, sinistre, sécheresse, catastrophe naturelle, géotechnique, cartographie, Meuse

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

Zornette N., avec la collaboration de Hamoud A. et Beaujoin S. (2008) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Meuse. Rapport BRGM/RP-56295-FR, 118 p., 54 ill., 4 ann., 3 cartes h.-t..

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 Meuse fait partie des départements français touchés par le phénomène, puisque 239 sinistres imputés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre de la présente étude. A la date du 4 avril 2008, 7 communes (sur les 500 que compte le département) ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, soit un taux de sinistralité de 1,4 %. Chacune d'elle n'a été reconnue qu'une seule fois à ce jour, la plupart pour l'été 2003 et, pour l'une d'entre elles, de janvier 1996 à mars 1997. D'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance (actualisées en novembre 2006), la Meuse est située en 65^e position des départements français avec un coût d'indemnisation, dans le seul cadre du régime des catastrophes naturelles, évalué à 1,1 M€ pour ce phénomène. Par ailleurs, des sinistres survenus en 2003 dans 10 communes qui n'ont pas été reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse ont occasionné le versement d'une aide exceptionnelle au titre de l'article 110 de la loi de finances 2006.

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 la Meuse, 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 concerna à terme l'ensemble du territoire métropolitain, dont les quatre départements de la région Lorraine.

L'étude a été conduite par le Service Géologique Régional Lorraine, en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM. Le financement en a été assuré à hauteur de 25 % par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été pris en charge par le Fonds national de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Préfecture de la Meuse.

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 carte géologique harmonisée du département, valide à l'échelle du 1/50 000 et des cartes géologiques éditées par le BRGM à cette même échelle. Les 24 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 trois niveaux d'aléa (faible, moyen et fort). Une seule formation argileuse du département a été caractérisée en aléa fort, par comparaison avec les cartes établies dans d'autres départements avec la même approche et les mêmes critères.

- 2,19 % de la superficie départementale est ainsi classé en aléa fort ;
- 14,05 % est classé en aléa moyen ;
- 34,71 % est classé en aléa faible ;
- 49 % correspond à des zones *a priori* non concernées par le phénomène.

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés comme non concernés 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 la Meuse, 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 éventuelle de Plans de Prévention des Risques naturels (PPR), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci. Cet outil réglementaire devra insister sur l'importance d'une étude géotechnique à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par les formations géologiques à aléa fort, moyen ou faible, notamment en raison de la forte hétérogénéité des formations du département. A défaut, il conviendra de mettre en œuvre des règles constructives type par zones d'aléa, visant à réduire le risque de survenance de sinistres.

Sommaire

1. Introduction.....	11
2. Méthodologie	13
2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES ...	13
2.1.1. Facteurs de prédisposition	14
2.1.2. Facteurs de déclenchement.....	17
2.2. MÉTHODOLOGIE	18
2.2.1. Cartographie des formations argileuses ou marneuses.....	18
2.2.2. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations	19
2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement	19
2.2.4. Carte de susceptibilité	20
2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres	20
2.2.6. Détermination des densités de sinistres.....	20
2.2.7. Carte d'aléa	21
3. Présentation du département de la Meuse.....	23
3.1. GEOGRAPHIE ET POPULATION.....	23
3.2. HYDROGRAPHIE ET RELIEF	25
3.3. CLIMAT.....	27
3.4. ENVIRONNEMENT	28
4. Identification et cartographie des formations géologiques à dominante argilo-marneuse.....	31
4.1. DOCUMENTS ET MÉTHODOLOGIE UTILISÉS	31
4.1.1. Méthode utilisée	31
4.1.2. Établissement de la carte des formations argileuses au sens large	33
4.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL.....	33
4.2.1. La dynamique géomorphologique du relief de côtes.....	35
4.2.2. Synthèse lithologique et stratigraphique des terrains affleurants.....	35
4.2.3. Les conditions de formation des entités géologiques.....	37
4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES AU SENS LARGE	38

4.3.1. Formations superficielles du Quaternaire	38
4.3.2. Formations du Crétacé inférieur	42
4.3.3. Formations du Jurassique	47
4.4. REMARQUES SUR LES FORMATIONS ARGILEUSES	56
4.5. REMARQUES SUR LES FORMATIONS NON ARGILEUSES	56
5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations retenues	57
5.1. CRITÈRES DE HIÉRARCHISATION	57
5.1.1. Critères retenus	57
5.1.2. Méthode de classification	57
5.2. CRITÈRE LITHOLOGIQUE	58
5.2.1. Définition du critère lithologique et barème	58
5.2.2. Caractérisation lithologique	59
5.3. CRITÈRE MINÉRALOGIQUE	59
5.3.1. Définition du critère minéralogique et barème	59
5.3.2. Caractérisation minéralogique	60
5.4. CRITÈRE GÉOTECHNIQUE	63
5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème	63
5.4.2. Teneur en eau (W _n)	64
5.4.3. Indice de plasticité (I _p)	64
5.4.4. Essais au bleu de méthylène (VB)	65
5.4.5. Retrait linéaire (RI)	65
5.4.6. Caractérisation géotechnique	66
6. Élaboration de la carte de susceptibilité	69
6.1. DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE SUSCEPTIBILITÉ	69
6.2. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ	70
6.3. SYNTHÈSE	70
7. Analyse de la sinistralité	73
7.1. PROCÉDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ÉTAT DE CATASTROPHE NATURELLE	73
7.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTRÉES	74
7.2.1. Localisation des communes sinistrées	74

7.2.2. Analyse des périodes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle	77
7.3. RECENSEMENT DES SINISTRES.....	77
7.3.1. Collecte des données.....	77
7.3.2. Bilan	78
7.3.3. Cas particulier des communes reconnues en état de catastrophe naturelle	79
7.4. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE A LA SURFACE URBANISÉE	81
7.4.1. Détermination de la densité d'urbanisation par formation	81
7.4.2. Détermination du critère densité de sinistres	83
8. Carte d'aléa	85
8.1. DÉTERMINATION DU NIVEAU D'ALÉA.....	85
8.2. CARTE D'ALÉA	86
9. Conclusion	89
10. Bibliographie.....	91

Liste des annexes

- Annexe 1 – Rappels sur le mécanisme de retrait-gonflement des argiles
- Annexe 2 – Sinistres
- Annexe 3 – Liste et coordonnées des organismes ayant fourni des données géotechniques et/ou minéralogiques
- Annexe 4 – Résultats d'analyses spécifiques des 30 échantillons prélevés dans le département de la Meuse ou à proximité immédiate

Liste des cartes hors-texte (1/125 000)

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

Liste des illustrations

Illustration 1 – Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche	13
Illustration 2 – Localisation du département de la Meuse en France.....	23
Illustration 3 – Le département de la Meuse et ses principales communes (Image extraite du site 123gite.com).....	24
Illustration 4 – Hydrographie et relief du département de la Meuse (Image extraite du site www.chez.com/ludo1/meuse/geo.htm)	26
Illustration 5 – Carte des moyennes des précipitations sur le département de la Meuse entre 1961 et 1990 (source : Météo-France)	27
Illustration 6 – Climat de la Meuse sur la période 1971 à 2000 à la station Loxéville (source : Météo-France)	28
Illustration 7 – Assemblage des cartes géologiques 1/50 000 de la Meuse	32
Illustration 8 – Liste des cartes géologiques 1/50 000 de la Meuse	32
Illustration 9 – Carte géologique simplifiée de la Lorraine avec emprise du département de la Meuse (Extrait de la carte géologique de la France à 1/ 1 000 000)	34
Illustration 10 – Géologie et géomorphologie simplifiées du département de la Meuse (Image extraite du site www.chez.com/ludo1/meuse/geo.htm)	36
Illustration 11 – Répartition départementale de la formation « E/GP – Formations de versant et Grouines »	39
Illustration 12 – Répartition départementale de la formation « Fz – Alluvions récentes »	40
Illustration 13 – Répartition départementale de la formation « Fy – Alluvions anciennes »	41
Illustration 14 – Répartition départementale de la formation « LP – Limons des plateaux »	41
Illustration 15 – Répartition départementale de la formation « n6cA – Gaize d'Argonne »	42
Illustration 16 – Répartition départementale de la formation « n6a-bG – Argiles du Gault »	43
Illustration 17 – Répartition départementale de la formation « n5b-6a – Sables verts et Sables blancs »	43
Illustration 18 – Répartition départementale de la formation « n5a – Argiles à Plicatules »	44
Illustration 19 – Répartition départementale de la formation « n4b-a – Argiles, sables et grès »	45
Illustration 20 – Répartition départementale de la formation « n4a – Argile ostréenne »	46
Illustration 21 – Répartition départementale de la formation « n2-4 – Argiles, sables et calcaires »	46
Illustration 22 – Répartition départementale de la formation « j7a-c – Calcaires et calcaires argileux »	47
Illustration 23 – Répartition départementale de la formation « j7b – Marnes à Hemicidaris »	48
Illustration 24 – Répartition départementale de la formation « j6a-f – Marnes à Exogyres »	49
Illustration 25 – Répartition départementale de la formation « j5c3 – Argiles et calcaires argileux à lumachelles »	50
Illustration 26 – Répartition départementale de la formation « j5c1-2 – Argiles à Ostrea »	50
Illustration 27 – Répartition départementale de la formation « j5aMBE – Marne blanche des Eparges »	51

Illustration 28 – Répartition départementale de la formation « j4-5W – Argiles de la Woèvre »	51
Illustration 29 – Répartition départementale de la formation « j3b – Marnes et caillasses à Rhynchonelles »	52
Illustration 30 – Répartition départementale de la formation « j2c-N – Oolithe de Doncourt »	53
Illustration 31 – Répartition départementale de la formation « j2a-N – Calcaires à Polypiers supérieurs »	53
Illustration 32 – Répartition départementale de la formation « l4 – Schistes cartons, Marnes à Septaria et Grès supraliasiques »	54
Illustration 33 – Répartition départementale de la formation « l3b – Grès médioliasiques »	55
Illustration 34 – Répartition départementale de la formation « l3a – Argiles à Amaltheus margaritatus »	55
Illustration 35 – Barème du critère lithologique	58
Illustration 36 – Note lithologique des formations argileuses retenues	59
Illustration 37 – Barème du critère minéralogique	60
Illustration 38 – Note minéralogique des formations argileuses retenues	61
Illustration 39 – Barème du critère géotechnique suivant l'indice de plasticité	65
Illustration 40 – Barème du critère géotechnique suivant la valeur de bleu	65
Illustration 41 – Barème du critère géotechnique suivant le retrait linéaire	66
Illustration 42 – Synthèse des données géotechniques	67
Illustration 43 – Susceptibilité des formations argileuses retenues	69
Illustration 44 – Carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement des sols argileux	71
Illustration 45 – Arrêtés interministériels et occurrences	75
Illustration 46 – Communes concernées par des reconnaissances de l'état de catastrophe naturelle sécheresse ou par la procédure exceptionnelle 2003 et nombre de sinistres par commune	76
Illustration 47 – Comparaison des données de sinistres	79
Illustration 48 – Répartition géologique des sinistres recensés et localisés	80
Illustration 49 – Carte des zones urbanisées sur le département de la Meuse	82
Illustration 50 – Taux d'urbanisation et nombre de sinistres par formation	83
Illustration 51 – Sinistralité (densité de sinistres par formation argileuse)	84
Illustration 52 – Niveau d'aléa des formations	86
Illustration 53 – Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa	87
Illustration 54 – Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement de la Meuse	88

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), près de 7 300 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 titre du régime des catastrophes naturelles, a été évalué par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) à environ 4,3 milliards d'euros, ce qui en fait la deuxième cause d'indemnisation derrière les inondations.

La région Lorraine a été affectée par ce phénomène, notamment au cours de l'été 2003, et le département de la Meuse se place en 65^{ème} position pour les coûts cumulés d'indemnisation (données CCR de novembre 2006, intégrant le coût de la sécheresse 2003). Ce département, d'une superficie de 6 243 km², compte 192 586 habitants (estimation de la population en 2005 – source INSEE). Au total, à la date du 4 avril 2008, 7 des 500 communes y ont été reconnues (une seule fois chacune) en état de catastrophe naturelle sécheresse, pour des périodes allant de janvier 1996 à septembre 2003, soit un taux de sinistralité de 1,4 %.

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 (MEEDDAT) 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 Géologique Régional Lorraine en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM. Le financement en a été assuré à hauteur de 25 % par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été pris en charge par le Fonds national de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Préfecture de la Meuse.

Cette étude 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, une quarantaine de départements (les plus touchés par le phénomène) étant déjà couverts par de telles cartes d'aléa à ce jour.

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.

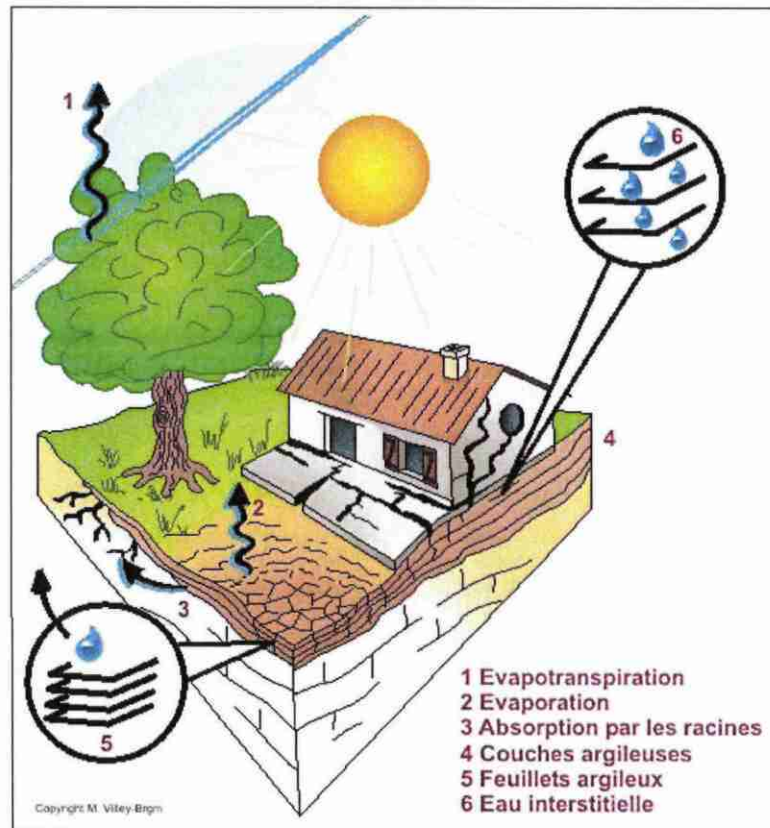


Illustration 1 – Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche

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

2.1.1.1. 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, 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 qui, généralement, ne sont pas 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).

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

Un facteur prépondérant qui détermine le degré de susceptibilité d'une formation argileuse au phénomène de retrait-gonflement, est sa composition minéralogique. Une

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

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

2.1.1.2. 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.

2.1.1.3. 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 à silicifications sujettes au phénomène de retrait-gonflement.

2.1.1.4. Végétation

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

2.1.1.5. 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 post-sinistres confirme souvent la présence de 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

2.1.2.1. *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 directement induites par des variations climatiques saisonnières. La profondeur de terrain affectée par les fluctuations 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 connu que de manière ponctuelle 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.

2.1.2.2. 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 au niveau des raccordement avec le bâti, constituent une source fréquente de sinistre. Une étude statistique récente (Vincent *et al.*, 2006) conduite par le bureau d'études 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 de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire et est désormais appliquée dans le cadre d'un programme qui concernera à terme l'ensemble du territoire métropolitain.

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 1/125 000.

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 des très nombreux rapports issus des travaux de construction de la Ligne à Grande Vitesse, ainsi que de dossiers issus du Centre d'Études Techniques de l'Équipement, et de 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 dans le cadre de l'étude 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 500 communes du département par le biais d'un questionnaire d'enquête. Rappelons que 7 de ces communes ont été, à ce jour, concernées par un arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols, pour des périodes comprises entre janvier 1996 et septembre 2003. Par ailleurs, 10 communes non reconnues pour la sécheresse de l'été 2003 ont néanmoins déclaré des sinistres qui ont bénéficié d'une indemnisation dans le cadre de la procédure exceptionnelle mise en place au titre de la loi de finances 2006 (article 110).

Ces données ont été complétées par les dossiers conservés par la Caisse Centrale de Réassurance et certaines mutuelles d'assurance dont la MAAF, ainsi que les dossiers relatifs d'une part aux demandes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle et d'autre part à la procédure exceptionnelle pour la sécheresse de 2003, archivés au Service Interministériel de Défense et de Protection Civile (SIDPC) de la Préfecture.

Après élimination des doublons (sinistres récurrents sur un même site ou données identiques issues de sources différentes), ce sont 239 sinistres qui ont été recensés et localisés sur les cartes topographiques de l'IGN à l'échelle 1/25 000. Ils sont répartis dans 53 communes et l'échantillon peut donc être considéré comme représentatif de l'occurrence spatiale du phénomène dans le département de la Meuse.

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 la Meuse

3.1. GEOGRAPHIE ET POPULATION

Situé dans le quart nord-est de la France (Illustration 2), le département de la Meuse (55), dont le territoire figure un ovale allongé N-S (environ 135 km de longueur sur 65 km de largeur) tire son nom du fleuve qui le traverse en une vallée étroite du Sud-Est au Nord-Ouest. D'un point de vue administratif, il fait partie de la région Lorraine, qui comprend également les départements de Meurthe-et-Moselle (54), de Moselle (57) et des Vosges (88).

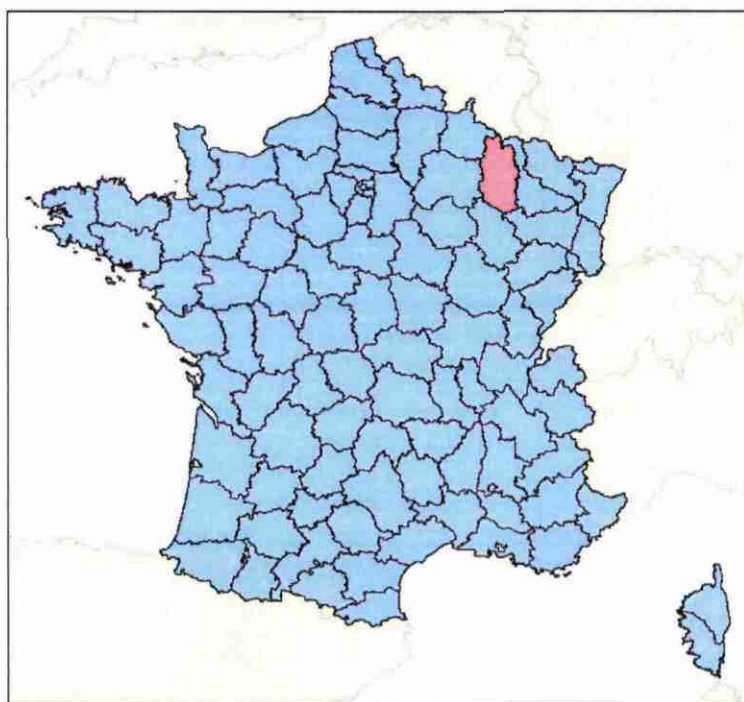


Illustration 2 – Localisation du département de la Meuse en France

Le département de la Meuse (55) couvre une superficie d'environ 6 243 km² et a pour préfecture la ville de Bar-le-Duc et pour sous-préfectures les villes de Commercy et Verdun (Illustration 3). Il compte 192 586 habitants suivant l'estimation effectuée en 2005 par l'INSEE. Avec en moyenne 31 habitants au km² et moins de 200 000 habitants au total, le département prolonge la diagonale désertifiée de la France (Pyrénées – Ardennes).

Paradoxalement, le département comprend 500 communes, dont à peine 20 présentent plus de 1 500 habitants. Seules deux villes dépassent 10 000 habitants (Bar-le-Duc et Verdun). La population se concentre d'ailleurs autour de ces agglomérations, laissant sur la majorité du territoire un ensemble de petites communes dont la plupart a moins de 100 habitants. Par ailleurs, le département comprend 8 communes/villages détruits sans aucun habitant, situés au Nord de Verdun, héritage de la guerre de 1914-18 : Beaumont-en-Verdunois, Bezonvaux, Cumières-le-Mort-

Homme, Douaumont, Fleury-devant-Douaumont, Haumont-près-Samogneux, Louvemont-Côte-du-Poivre et Ornes.

Depuis le début du vingtième siècle, ce département a perdu près du tiers de sa population et les derniers chiffres montrent que la tendance à la baisse, si elle se ralentit, se poursuit malgré tout.



Illustration 3 – Le département de la Meuse et ses principales communes (Image extraite du site 123gite.com)

3.2. HYDROGRAPHIE ET RELIEF¹

Le réseau hydrographique meusien est partagé entre trois bassins versants d'importance très inégale, disposés en bandes obliques :

- à l'Ouest, le bassin versant de la Seine couvre 2 540 km², soit 40 % du département : il est représenté par l'Aire, qui parcourt une ligne droite de plus de 100 km dans les plateaux du Barrois et au pied de l'Argonne, et, à l'extrême Sud-Ouest du département, par le duo Ornain – Saulx, affluents de la Marne ;
- à l'Est, le bassin du Rhin mord sur la plaine de la Woëvre. Prenant leur source au pied des Côtes de Meuse, l'Orne, le Longeau et le Rupt de Mad y drainent un espace de 860 km² piqué de nombreux étangs (soit 15 % du département) ;
- enfin, avec 150 km d'un tracé en écharpe, développé du Sud-Est vers le Nord-Ouest, le bassin du fleuve Meuse couvre 45 % du département, auquel il donne son nom. Pincé entre les bassins voisins qui l'ont, voici très longtemps, dépouillé de la Moselle et de l'Aire, ce bassin versant bénéficie de peu d'affluents, sauf au Nord où il s'élargit par le trio de la Chiers, du Loison et de l'Othain. Autrefois renforcée par les eaux de la Moselle, la Meuse a façonné dans les Hauts de Meuse une puissante vallée encaissée, égrenant de grands méandres. Son fond plat, parcouru par le cours sinueux du fleuve, est encadré par les replats des anciennes terrasses alluviales. La vallée dégage en outre des éperons rocheux où se sont fixées les villes (Saint-Mihiel, Verdun, Dun-sur-Meuse), étapes d'un sillon fluvial qui fut longtemps un important couloir de commerce.

Étagé entre 115 et 451 m d'altitude, le département, situé sur la bordure orientale du Bassin Parisien, présente une topographie globalement plate. Elle est néanmoins rythmée par les larges arcs de cercle des reliefs de côte, alternant avec des plaines et des plateaux, ces derniers étant particulièrement étendus et élevés (300 à 400 m) au Sud. Trois côtes boisées, au front tourné et relevé vers l'Est, compartimentent l'espace départemental avec la complicité d'un réseau hydrographique souvent calé sur les axes des reliefs (Illustration 4).

A l'Ouest, le massif de la Côte d'Argonne sépare la Lorraine de la Champagne. Cette puissante barrière rectiligne, perchée à 300 m d'altitude, est brutalement interrompue vers le Sud, à Seuil-d'Argonne, où une plaine basse (120-200 m), en prolongement vers Revigny, s'y substitue.

De Montfaucon à Gondrecourt, les plateaux du Barrois couvrent le centre et, sur une étendue de 40 km, une large partie du Sud meusien. Cette grande table ondulée, entaillée par la Saulx, l'Ornain et l'Aire, est limitée à l'Est par le talus sinueux de la Côte des Bars, relevé en moyenne à 350 m d'altitude.

De Dun-sur-Meuse à Vaucouleurs s'étire, toujours en oblique, une puissante bande de relief entaillée par le cours de la Meuse. Particulièrement massifs et bien soulignés de Dun à Saint-Mihiel, où ils portent le nom de Hauts de Meuse, ces plateaux boisés sont ourlés à l'Est par l'arc de la Côte de Meuse. Son front imposant, haut de 120 m en moyenne, étiré sur plus de 100 km et d'où se détachent des buttes et des éperons (Côte Saint-Germain, Morimont, Épargés, Montsec), atteint régulièrement 400 m

¹ D'après le site <http://www.chez.com/ludo1/meuse/geo.htm>

d'altitude. En contrebas, la plaine de la Woëvre (250 m d'altitude en moyenne) ferme le département sur sa bordure orientale, alors que sur les confins nord et nord-est (pays de l'Othain et de Montmédy) émergent des éléments de plateaux peu marqués.



Illustration 4 – Hydrographie et relief du département de la Meuse
(Image extraite du site www.chez.com/ludo1/meuse/geo.htm)

3.3. CLIMAT

Ouverte aux influences océanique et continentale, la Meuse est soumise à un climat tempéré caractérisé par des saisons thermiques alternées. Le régime des températures alterne en effet une saison froide et une saison chaude, entre lesquelles s'intercalent les transitions tièdes du printemps et de l'automne. Si, sous la domination océanique adoucissante des flux d'ouest, les variations de températures restent modérées, on peut souligner les épisodes de « durcissement » climatique introduits sous l'effet de la continentalité : au cœur de l'hiver, des coulées d'air polaire, installées par un anticyclone froid, induisent un gel fort et prolongé parfois renforcé par un vent de nord-est. Ces journées glaciales, mais aux cieux limpides et ensoleillés, contrastent avec la canicule régulière d'un été souvent assez court. Ce régime thermique caractérise donc un climat de type océanique dégradé à nuances continentales.

Le volume annuel des précipitations s'établit, en moyenne, à 900 mm. Mais ces valeurs, habituelles dans les plaines et les collines du Bassin Parisien, présentent des disparités à l'intérieur du département : l'Est et le Nord de la Meuse sont souvent en dessous de 850 mm, tandis que les plateaux centraux du Barrois en reçoivent plus de 1 000 mm (Illustration 5).

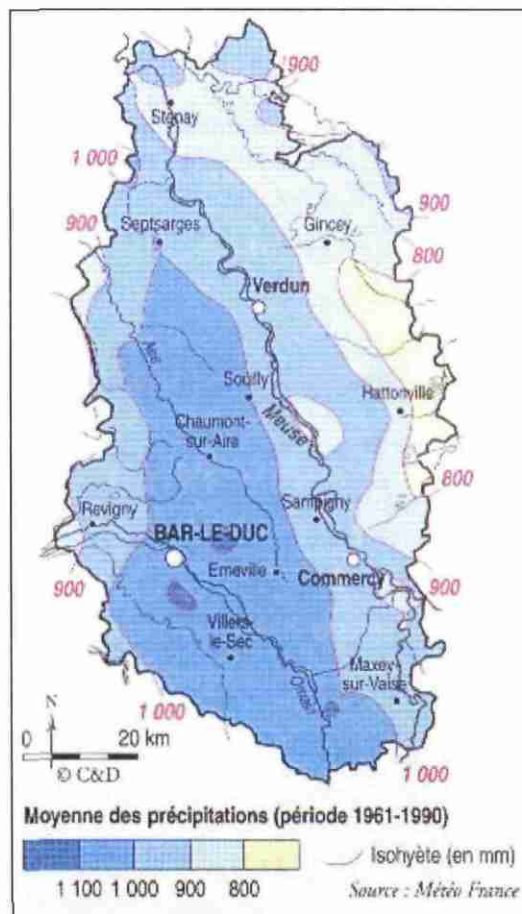


Illustration 5 – Carte des moyennes des précipitations sur le département de la Meuse entre 1961 et 1990 (source : Météo-France)

Cet apport pluviométrique, étalé pour l'essentiel sur 150 à 200 jours, connaît son maximum absolu en saison froide, avec des épisodes neigeux. Une pointe de

précipitations au printemps et le creux peu marqué de l'été, souvent orageux, soulignent encore l'influence climatique imposée par la continentalité.

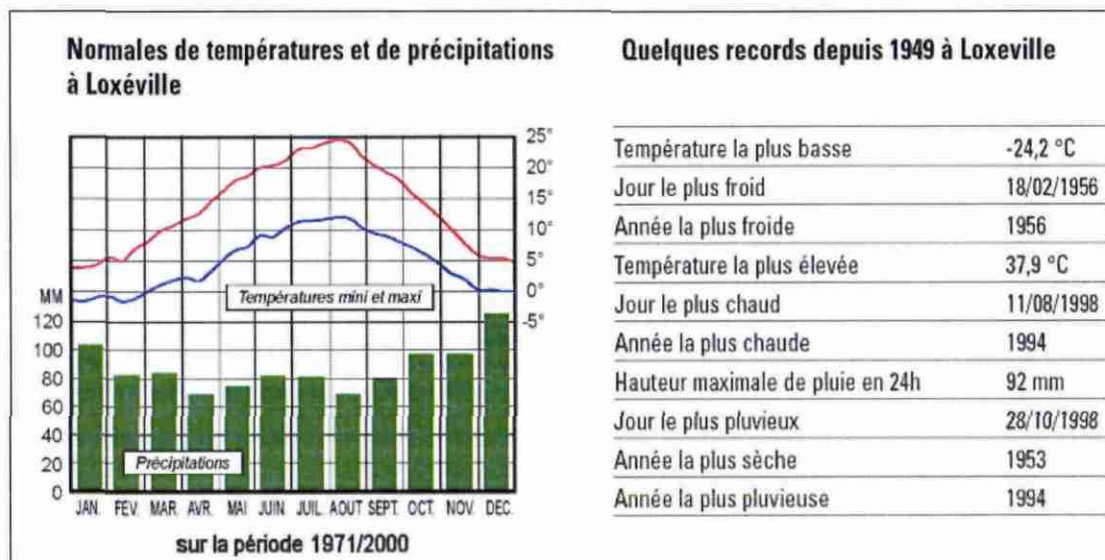


Illustration 6 – Climat de la Meuse sur la période 1971 à 2000 à la station Loxéville (source : Météo-France)

3.4. ENVIRONNEMENT

Ornois, Blois, Argonne, Pays de Montmédy, Woëvre, Barrois, Verdunois, Val de Meuse, Pays aux Bois,... : microrégions naturelles, ces petits « pays », inscrits dans l'espace meusien, traduisent en critères variés sa grande diversité de détail. Ils expliquent aussi la force d'unité qui, depuis 1790, rassemble ces éléments épars et souvent divergents au sein d'un département d'abord appelé « Barrois » puis finalement nommé du fleuve qui le fend de part en part, du Sud au Nord.

Cette riche palette de « pays » ne trouve pas de transcription paysagère aussi variée. Depuis trente ans, les paysages des « pays » sont en effet sous l'action des remembrements, des nouvelles pratiques agricoles ou des aménagements du bâti comme de la voirie, progressivement « lissés » et homogénéisés. Par ailleurs, les paysages de ce département à dominante agricole et forestière sont globalement déterminés par les grandes unités naturelles qui alternent, avec un rythme régulier et une trame massive, plateaux, « côtes » et plaines.

Les fronts linéaires de l'Argonne, de la Côte des Bars et de la Côte de Meuse sont soulignés par d'épais manteaux boisés. Débordant sur les plateaux des arrières côtes (Hauts de Meuse et Pays aux Bois, Barrois), ces forêts ont souvent été trouées par des défrichements agricoles.

À l'Est, la Woëvre s'impose comme une épaisse bande de plaine humide en avant de la Côte de Meuse. Jonchée d'étangs piscicoles anciennement aménagés par les moines et de vastes forêts, son paysage porte aujourd'hui le damier agricole de la grande culture.

Formant un duo de vallées parallèles, la large et douce gouttière de l'Aire et le profond sillon de la Meuse offrent des paysages ouverts et faiblement boisés. Les fonds de

vallée humides restent voués aux prairies, tandis que les bordures sont le domaine de la polyculture. Les vallées de la Meuse et de l'Ornain ont, en outre, fixé de modestes noyaux urbains et industriels.

Enfin, la Meuse conserve, dans le périmètre de ses champs de bataille 1914-1918, l'empreinte de « polémo-paysages », dévastés par les bombardements et les explosions de mines et devenus aujourd'hui des lieux de la mémoire collective européenne.

4. Identification et cartographie des formations géologiques à dominante 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 la Meuse, afin d'identifier les zones sensibles au retrait-gonflement.

La première étape a consisté à cartographier 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 de la carte départementale géologique harmonisée (Donsimoni, 2007) et des cartes géologiques du BRGM à l'échelle 1/50 000, ce qui constitue la partie prépondérante des données de base prises en compte pour la réalisation de cette synthèse cartographique. Les cartes géologiques à 1/50 000, réalisées pour la plupart entre les années 1958 à 1970, 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. La carte départementale géologique harmonisée intègre donc un regroupement de formations, une actualisation des légendes et notations, et une harmonisation des contours. Ces informations 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. Par ailleurs, l'analyse des publications scientifiques portant sur la zone d'étude a aussi permis d'améliorer la connaissance de la lithologie et de la minéralogie des formations. 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.

Le territoire couvert par le département de la Meuse est entièrement cartographié à l'échelle du 1/50 000 par 24 feuilles (Illustration 7 et Illustration 8), publiées entre 1958 (n° 110 et 136) et 2007 (n° 190), certaines coupures (telles les numéros 110, 137, 193, 229, 267 et 302) n'intéressant qu'une très faible superficie du territoire départemental. La référence de ces cartes géologiques à 1/50 000 est présentée en fin de bibliographie.

A partir de la carte départementale géologique harmonisée et des cartes géologiques 1/50 000, nous avons identifié les formations argileuses et marneuses ainsi que toute formation pouvant renfermer des intercalations ou des lentilles argileuses et marneuses.

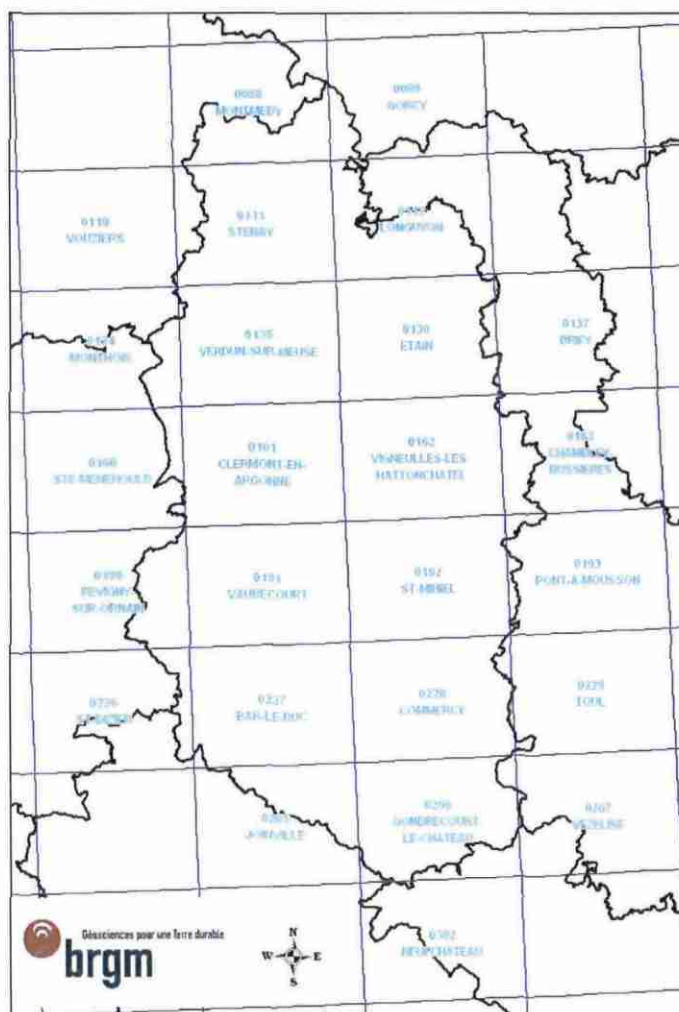


Illustration 7 – Assemblage des cartes géologiques 1/50 000 de la Meuse

N° de la carte	Carte géologique à 1/50 000	Date de publication
88	Francheval-Montmedy	1982
110	Vouziers	1958
111	Stenay	1976
89 - 112	Longuyon - Gorcy	1969
134	Monthois	1998
135	Verdun-sur-Meuse	1969
136	Etain	1958
137	Briey	1982 (2 ^e éd.)
160	Sainte-Ménéhould	1988
161	Clermont-en-Argonne	1975
162	Vigneulles-lès-Hattonchâtel	1969
163	Chambley	1964
190	Revigny-sur-Ornain	2007
191	Vaubecourt	1969
192	Saint-Mihiel	1962
193	Pont-à-Mousson	1987 (2 ^e éd.)
226	Saint-Dizier	1959
227	Bar-le-Duc	1962
228	Commercy	1965
229	Toul	1984 (3 ^e éd.)
265	Joinville	1962
266	Gondrecourt - Le Château	1970
267	Vezelise	1963
302	Neufchâteau	1974

Illustration 8 – Liste des cartes géologiques 1/50 000 de la Meuse

Une carte de ces différentes formations a été établie en homogénéisant et raccordant entre elles les 24 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. Mais, dans la majorité des cas, les formations géologiques argileuses ou marneuses du département de la Meuse 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 lits intercalaires 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 de considérer l'ensemble de ces formations comme argileuses.

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 la Meuse ici présentée constitue finalement une représentation interprétée des zones susceptibles au phénomène de retrait-gonflement, en fonction des données actuellement disponibles au travers de la représentation cartographique des formations superficielles du département.

24 formations sont finalement retenues sur cette carte, présentée en Illustration 48 et également en carte hors-texte à l'échelle 1/125 000.

4.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Une carte géologique très simplifiée de la Lorraine, tirée de la carte de France à l'échelle 1/1 000 000, résume cette présentation (Illustration 9). L'histoire géologique de la région lorraine (et par conséquent celle de la Meuse) correspond à celle de la bordure orientale du Bassin de Paris.

Les formations présentes à l'affleurement sur le territoire du département de la Meuse sont toutes d'origine sédimentaire et s'étagent depuis la base du Jurassique (Hettangien – Sinémurien) jusqu'à la période récente à actuelle (formations superficielles du Pléistocène et de l'Holocène).

Mordant sur la bordure orientale du Bassin Parisien, le département de la Meuse est assis sur un substratum sédimentaire mésozoïque essentiellement représenté par le Jurassique moyen et le Jurassique supérieur (Illustration 9 et Illustration 10), à l'exception de sa pointe nord (Lias marno-gréseux du Pays de Montmédy) et des confins champenois (Crétacé).

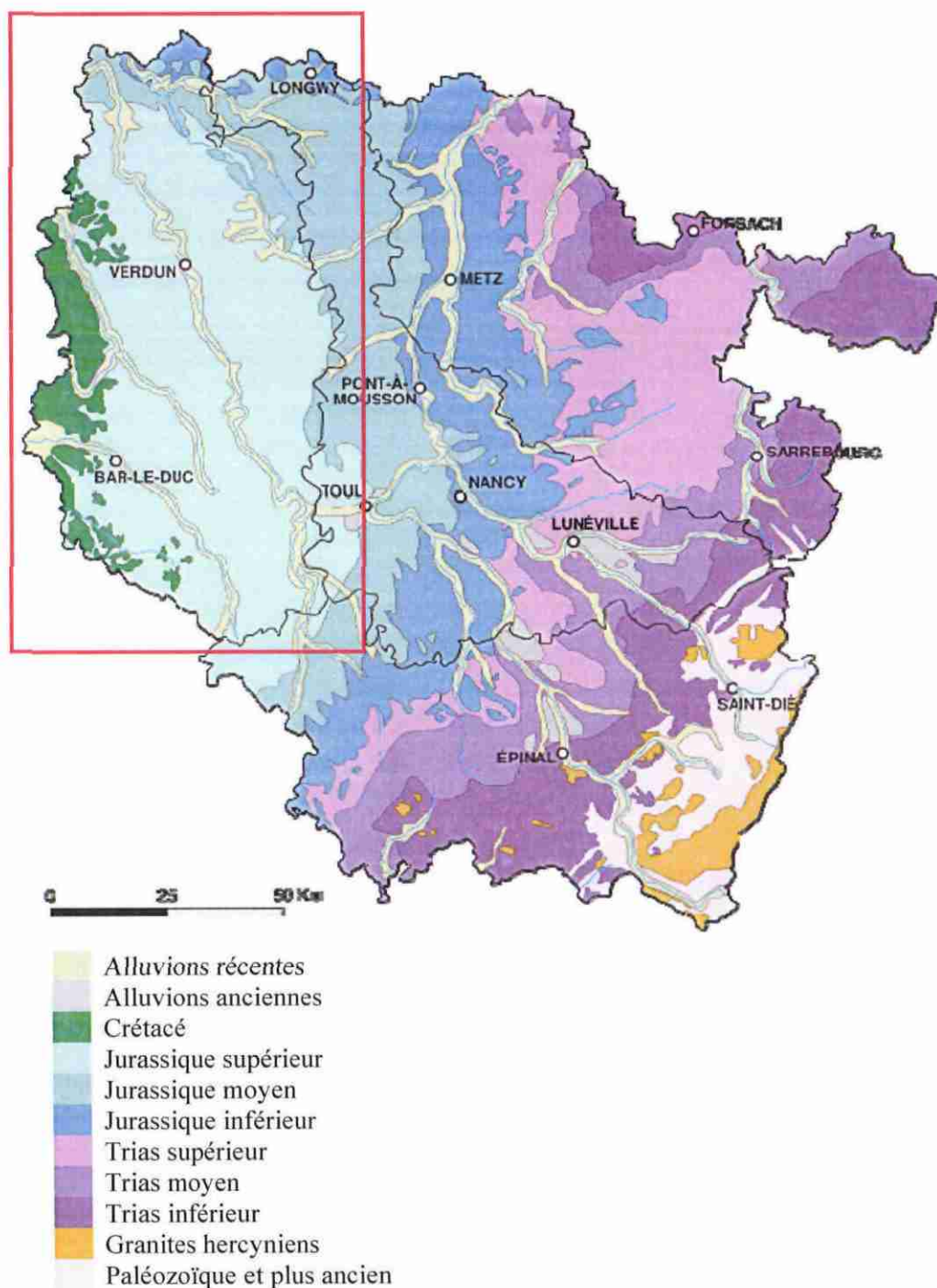


Illustration 9 – Carte géologique simplifiée de la Lorraine avec emprise du département de la Meuse (Extrait de la carte géologique de la France à 1/ 1 000 000)

Relevés vers l'Est dans le cadre d'une structure monoclinale, ces grands arcs de cercle (appartenant aux auréoles du bassin de Paris), chronologiquement empilés, des plus anciens au Nord-Est (Hettangien) aux plus récents à l'Ouest (Albien supérieur), se sont mis en place sur plus de 100 millions d'années.

L'apparente simplicité de la série lithostratigraphique, alternant des niveaux calcaires et des niveaux argileux ou marneux, doit cependant compter avec de fréquentes modulations d'épaisseurs et des variations verticales et latérales de faciès, induisant un véritable millefeuille lithologique.

Ce sous-sol varié a fait l'objet, au cours des siècles, d'une intense exploitation : argile de poterie et tuilerie, sables de verrerie et de fonderie, nodules phosphatés dans le Crétacé, pierre de taille et pierre à chaux dans les assises calcaires du Jurassique, minerai de fer à la base du Bajocien.

4.2.1. La dynamique géomorphologique du relief de côtes

Cette alternance répétée de roches dures (calcaires) et de roches tendres (argiles, marnes) détermine des contrastes de résistance étagés d'Ouest en Est. Un empilement géologique, visible sur la coupe de l'illustration 10, est soumis par ailleurs à un pendage relevé vers l'Est.

Dans ces conditions, le travail de l'érosion différentielle sur ces binômes lithologiques a dégagé des fronts de cuesta ou reliefs de côte. Armés par des assises dures qui se prolongent sur les plateaux de revers, ils dominent des plaines excavées dans les niveaux tendres. Les conditions géologiques et structurales d'ensemble ont ainsi déterminé l'organisation générale des reliefs, tandis que les formes de détail du modelé dépendent localement des faciès et de la structure.

Le réseau hydrographique a largement retouché ce dispositif, en incisant les plateaux et en ménageant à travers les cuestas de larges percées en entonnoir. Il se manifeste aussi de manière souterraine, dans le cadre de réseaux karstiques développés dans les calcaires du Tithonien (bordure de l'Argonne et Barrois) et du Bajocien – Bathonien.

4.2.2. Synthèse lithologique et stratigraphique des terrains affleurants

4.2.2.1. Les formations mésozoïques

- **Jurassique inférieur (Lias) : 230 à 445 m d'épaisseur (200 – 176 Ma)**

Les formations rapportées au Lias n'affleurent que très faiblement au Nord du département.

Elles débutent par des faciès à forte composante détritique : calcaires gréseux ou sableux (Hettangien – Sinémurien inférieur), sables et grès calcaires à intercalations de marnes sableuses (Lotharingien et Carixien), auxquels succède une épaisse série argilo-silteuse, surmontée par une formation carbonatée (Domérien), puis un ensemble composé d'argillites feuilletées, de marnes à nodules et de marnes sableuses (Toarcien). Le Lias se termine par une formation ferrifère lenticulaire, appelée « minette » (Toarcien supérieur – Aalénien).

Durant cette période, la récurrence des dépôts détritiques, la présence de nodules remaniés, la lacune fréquente du Toarcien basal et le développement de faciès ferrugineux, évoquent l'existence de terres émergées, de plus en plus évidente vers le sommet de l'étage. Le Toarcien à lui seul semble montrer une dérive générale négative traduisant une accentuation de la tendance à l'émersion.

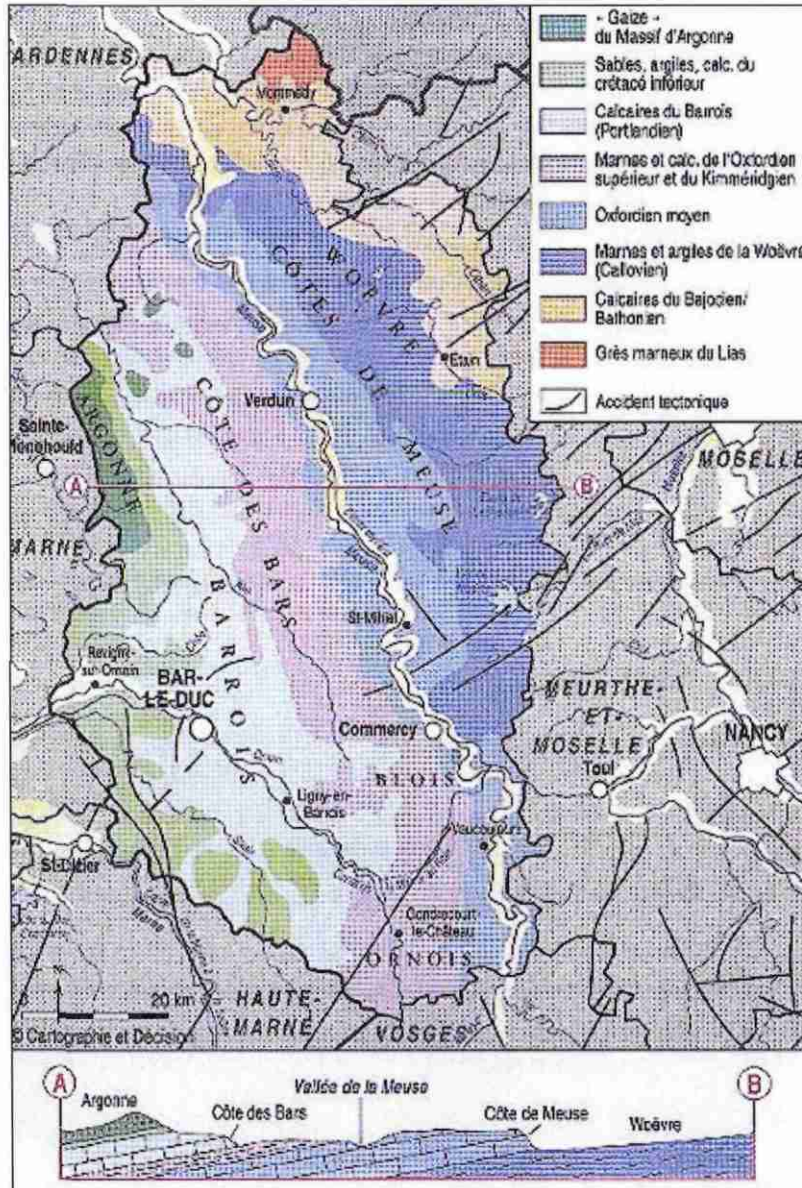


Illustration 10 – Géologie et géomorphologie simplifiées du département de la Meuse (Image extraite du site www.chez.com/ludo1/meuse/geo.htm)

• **Jurassique moyen (Dogger) : 153 à 336 m d'épaisseur (176 – 161 Ma)**

Au Nord-Est, le Bajocien et le Bathonien se composent de calcaires oolithiques et récifaux à polypiers, entrecoupés d'épais niveaux marneux dans le Bathonien (Marnes à rhyconelles). Ce dernier s'achève localement (Étain) par une dalle calcaire (« Dalle d'Étain »). L'arc de la Woëvre est appuyé sur les argiles et marnes du Callovien – Oxfordien inférieur, dans lesquelles s'intercalent de minces épisodes calcaires et gréseux.

- **Jurassique supérieur (Malm) : 387 à 457 m d'épaisseur (161 – 146 Ma)**

Les Argiles de la Woëvre jouxtent les épaisses assises calcaires de l'Oxfordien inférieur, moyen et supérieur, qui empilent des faciès vaseux ou à entroques et qui sont lardées par de puissantes lentilles de calcaires récifaux. Cette épine dorsale carbonatée vient mourir à l'Ouest en plongeant sous le « millefeuille » marno-calcaire du Kimméridgien.

Le Tithonien (anciennement Portlandien) achève la série Jurassique. Il disparaît vers le Nord à hauteur de Montfaucon. Finement stratifié au Nord de l'Aire, cet ensemble calcaire et marneux est porté au Sud par des assises de calcaires durs et compacts (Calcaire lithographique, Pierre chaline, Oolithe de Bure).

- **Crétacé inférieur : 245 à 300 m d'épaisseur (146 – 100 Ma)**

Plaqué sur la surface d'érosion qui tronque en biseau les calcaires tithoniens du Barrois, le Crétacé offre une dissymétrie stratigraphique et lithologique nord-sud. En Argonne, il empile des placages d'argiles (Argiles Tégulines et Argiles du Gault) et de sables verts de l'Albien inférieur à moyen. Ils sont surmontés par le grès siliceux de la Gaize, faciès épais de 90 m (Albien supérieur), qui s'efface au Sud de Seuil-d'Argonne. Au Sud-Ouest, la stratigraphie complète de la base du Crétacé inférieur (Valanginien à Albien inférieur) superpose un complexe de grès ferrugineux, de calcaires, d'argiles plastiques et de sables.

4.2.2.2. Les formations quaternaires

Les formations quaternaires sont assez peu représentées sur le territoire de la Meuse. Elles comprennent :

- les alluvions anciennes de haute, moyenne et basse terrasses (Elstérien à Eémien) et les alluvions récentes à actuelles (Holocène) ;
- les limons des plateaux, principalement cartographiés au Nord du département ;
- les colluvions de versants et de fond de vallons ;
- les éboulis de pente ;
- les grouines, grèzes ou graveluches, formations périglaciaires d'origine cryoclastique, recouvrant parfois les versants des vallées exposées à l'Est et au Nord.

4.2.3. Les conditions de formation des entités géologiques

4.2.3.1. Au Jurassique

Après les formations silico-détritiques et évaporitiques du Trias (non affleurantes dans le département de la Meuse), représentant des dépôts fluviaux ou de plaine d'inondation côtière plus ou moins proches du domaine marin, les argiles et marnes et les calcaires gréseux du Lias marquent l'installation d'une plate-forme mixte carbonatée-terrigène dans des conditions franchement marines. Les « Schistes cartons » du Toarcien, indicateurs d'un milieu confiné propice à la conservation de la matière organique (et qui constituent une des roches mères du pétrole du bassin de Paris), concrétisent le maximum de cette transgression. Après l'épisode régressif et la lacune de l'Aalénien, les faciès du Dogger indiquent une transgression et des milieux de mer ouverte peu profonde et agitée. Les argiles (de la Woëvre) plus ou moins carbonatées du Callovien et les formations alternantes marneuses et calcaires du Malm montrent à nouveau des conditions de mer ouverte plus profonde, en réponse à

la transgression la plus importante de tout le Jurassique. Les faciès indiquent des environnements de plate-forme carbonatée distale, où la sédimentation s'opère principalement par décantation. La transgression culmine avec les marnes bitumineuses du Kimméridgien supérieur, alors que les boues calcaires du Kimméridgien terminal et du Tithonien amorcent la grande régression fini-jurassique.

4.2.3.2. Au Crétacé inférieur

Les faciès margino-littoraux du Wealdien et leurs équivalents marins du Crétacé inférieur issus de la Téthys n'atteignent pas la région de Lorraine. Les Sables verts, d'épaisseur variable, indiquent un retour des conditions marines sur une paléotopographie au toit des calcaires du Malm. Ils correspondent à la reprise par la transgression albienne de produits d'érosion accumulés sur la plate-forme lors de l'émersion du Jurassique terminal – Crétacé inférieur, dans un milieu néritique. Les conditions marines deviennent plus franches avec les Argiles du Gault, qui se déposent dans un milieu ouvert propice aux ammonites, mais toutefois peu profond, comme l'attestent les lamellibranches et les gastéropodes. La Gaize d'Argonne, par ses structures sédimentaires, indique des milieux à fort hydrodynamisme (milieu néritique), qui caractérisent une régression par rapport aux Argiles du Gault. La richesse en phosphates des formations albiennes plaide en la faveur d'un taux de sédimentation faible, donnant lieu à des condensations.

4.2.3.3. Après le Crétacé

Suite à la régression marine fini-crétacée, le territoire de la Meuse est définitivement émergé. Durant le Tertiaire, les phases tectoniques compressives et distensives provoquent le rejeu des anciens accidents hercyniens. A partir du Pliocène et durant le Quaternaire, la morphologie actuelle se dessine. Les rivières déposent des terrasses alluviales et voient leurs cours modifiés par des phénomènes de capture.

4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES AU SENS LARGE

Ce chapitre dresse l'inventaire des formations géologiques argileuses *s.l.* du département de la Meuse retenues dans le cadre de cette étude. Une brève description en est présentée, basée principalement sur les notices des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000, ainsi que sur la Synthèse géologique du Bassin de Paris (Mégny, 1980). Les 24 formations sont décrites depuis les plus récentes jusqu'aux plus anciennes.

4.3.1. Formations superficielles du Quaternaire

Ces formations quaternaires se présentent en général sous forme de lambeaux localisés ou d'une véritable couverture dont l'épaisseur peut varier de quelques décimètres à plusieurs mètres. Elles peuvent ainsi ne pas être représentées sur les cartes géologiques. En effet, une carte géologique est une représentation interprétative correspondant à des critères de sélection du ou des auteurs en fonction des attentes de la communauté scientifique à l'époque de la réalisation de la carte.

De plus, l'échelle du 1/50 000 est souvent mal adaptée à la représentation de plaquages superficiels de faible extension, constitués d'argiles d'altération qui peuvent

s'exprimer sous différentes formes : poche d'argile, karst, zone fracturée, lentille de colluvions, etc.

4.3.1.1. Formations de versant et Grouines, Holocène [E/GP] (formations regroupées : C, E, E-GP, GP, SC)

Présentes sur tout le département, bien que non cartographiées sur certaines feuilles, ces formations (Illustration 11) sont d'épaisseur variable, essentiellement constituées de blocs ou de fragments calcaires anguleux enrobés dans une matrice argilo-limoneuse provenant de l'altération des calcaires.

Les éboulis accumulés sur les pentes, résultent du démantèlement des formations présentes et composés, selon le contexte géologique, de blocs de calcaires, de grès, de sables, d'argiles (dont argile de décalcification) et de silex.

Ces formations sont des colluvions et des éboulis désordonnés (mis en place par gravité) ou ordonnés (éléments plus fins, à litage sensiblement parallèle à la pente), ces derniers étant localement dénommés « grouines ».

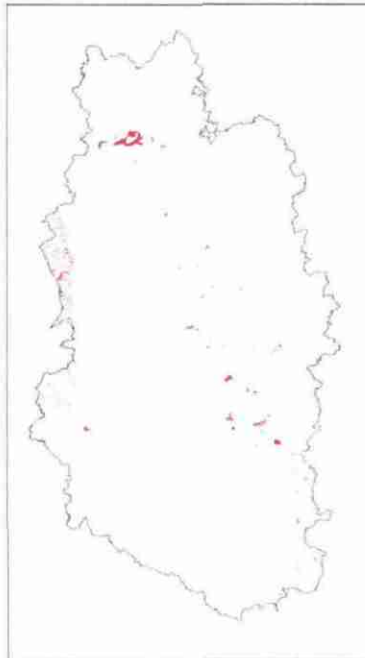


Illustration 11 – Répartition départementale de la formation « E/GP – Formations de versant et Grouines »

4.3.1.2. Alluvions récentes, Holocène [Fz]

D'épaisseur souvent plurimétrique, ces alluvions (Illustration 12) constituent une couverture de matériaux généralement fins et présentent des éléments issus des différents termes des formations mères qui sont des calcaires jurassiques essentiellement. La tendance argileuse, toujours présente, peut parfois être prédominante. Localement, de la tourbe peut exister. Les alluvions récentes se rencontrent dans les vallées alluviales des principaux cours d'eau qui traversent le département.

Ces alluvions occupent le fond de la vallée de la Meuse, de l'Aire, et de quelques affluents secondaires. Elles sont généralement formées d'une couche de matériaux fins, limoneux, recouverts par de terre végétale. Les limons sont parfois très argileux, renfermant parfois des lentilles tourbeuses, reposant sur une nappe de graviers et de galets calcaires aplatis, de granulométrie variable de 1 à 50 quelquefois 100 mm de diamètre. Ces matériaux proviennent essentiellement de calcaires durs récifaux de l'Argovo-rauracien et du Séquanien. Dans la partie inférieure (alluvions récentes de la Meuse) on peut avoir quelques galets siliceux et de quartzite des dépôts antérieurs remaniés, la matrice argileuse étant plus ou moins importante. A Verdun, la matrice argileuse, abondante dans la partie supérieure de ces alluvions, envahit parfois l'ensemble.

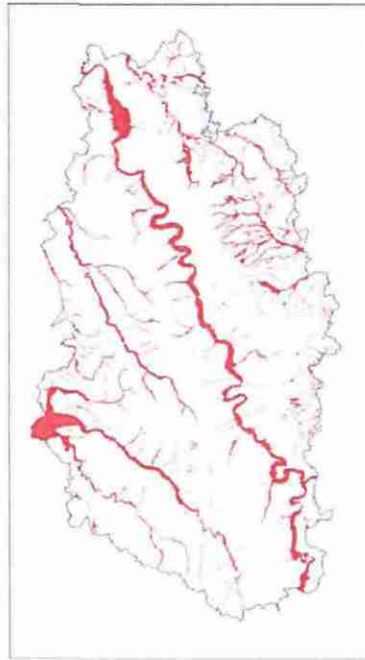


Illustration 12 – Répartition départementale de la formation « Fz – Alluvions récentes »

4.3.1.3. Alluvions anciennes, Pléistocène [Fy] (formations regroupées : Fy, Fx, Fw, F)

La partie supérieure de cette formation (Illustration 13) est formée de limons sablo-argileux dont l'épaisseur est souvent plurimétrique ; la partie inférieure est composée de sables et graviers.

Ce sont des alluvions graveleuses à graviers calcaires grossiers et durs (galets, graviers, siliceux ou calcaires) à matrice sableuse ou argileuse, fréquemment masquées par des limons.

4.3.1.4. Limons des plateaux, Pléistocène à Holocène [LP] (formations regroupées : LP, Rn7a, Rn7-c1)

les *Limons des plateaux* (Illustration 14) sont souvent appelés « complexes loessiques » en raison de l'importance des limons éoliens déposés au Quaternaire. Les placages loessiques sont des sédiments éoliens, brun à beige clair, très

homogènes et moins argileux que les limons d'altération. Leur épaisseur ne dépasse guère quelques mètres et est souvent inférieure à 2 m.

Les limons d'altération sont une formation argilo-limoneuse, jaune à rousse, à matrice très finement sableuse, parfois micacée, à concrétions ferrugineuses ("fer fort"), résultant essentiellement de la décalcification-argilisation sur place des calcaires. Leur composition dépend étroitement de la nature du substrat. Notamment, les formations Rn7a et Rn7-c1 comprennent des sables verts albiens et des gaizes remaniés.

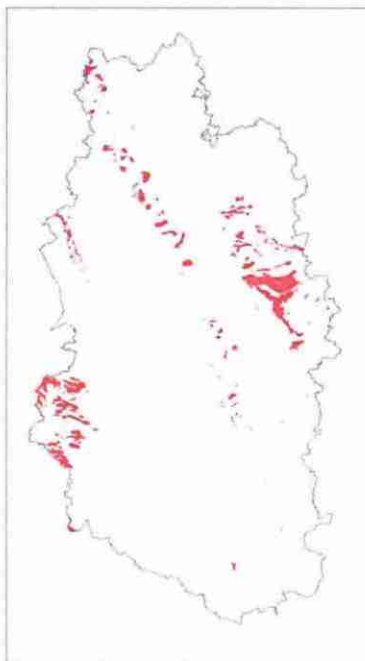


Illustration 13 – Répartition départementale de la formation « Fy – Alluvions anciennes »

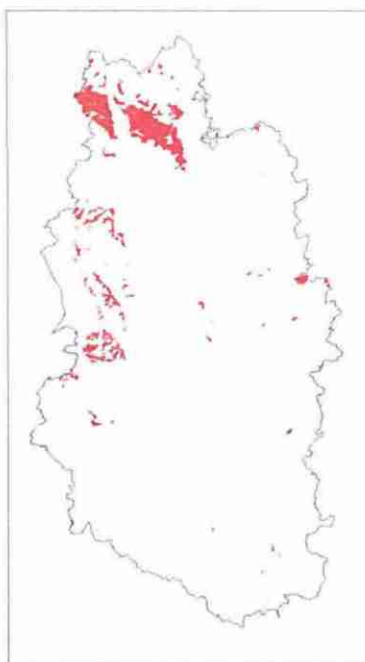


Illustration 14 – Répartition départementale de la formation « LP – Limons des plateaux »

4.3.2. Formations du Crétacé inférieur

4.3.2.1. Gaize d'Argonne, Albien supérieur [n6cA]

La *Gaize d'Argonne* (Illustration 15) est globalement une roche siliceuse (60 à 85 %) peu argileuse (7 %), mais dont les smectites sont prédominantes à 85 % dans la fraction fine. La muscovite complète la fraction minérale. L'épaisseur de la formation diminue du Sud (90 m) au Nord (65 m).

La gaize (terme d'origine locale) est une roche légère, poreuse perméable, rugueuse au toucher, de couleur beige claire à gris clair quand elle est sèche et grisâtre à verdâtre lorsqu'elle est humide. La gaize, dans le détail, montre plusieurs faciès successifs : noduleuse, argileuse, à blocs, lenticulaire...

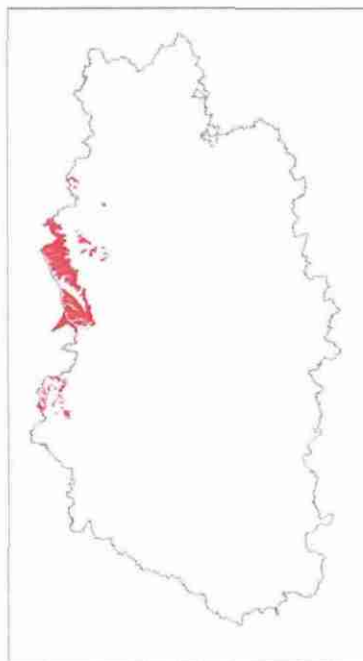


Illustration 15 – Répartition départementale de la formation « n6cA – Gaize d'Argonne »

4.3.2.2. Argiles du Gault, Albien inférieur à moyen [n6a-bG]

Les *Argiles du Gault* (Illustration 16) sont de couleur gris-noir, gris verdâtre, gris-jaune ou bariolée, silteuses, plus ou moins sableuses et micacées, à passées de marnes gris bleuâtre micacées, de marnes sableuses et de sable marneux. Quelques passages plus carbonatés sont identifiés. Gypse, séricite, biotite altérée, glauconie se rencontrent localement dans la formation.

Ces argiles sont parfois difficiles à observer du fait de leur altération et des éboulis de gaize qui masquent très souvent leur partie supérieure. Le passage des sables verts aux argiles n'est pas net, les argiles sableuses de base se confondant avec les sables altérés et remaniés en surface.

Ce sont des argiles compactes en profondeur, plastiques à l'affleurement. Elles ont une épaisseur variable (pouvant atteindre 100 mètres), parfois réduite du fait de l'érosion actuelle.

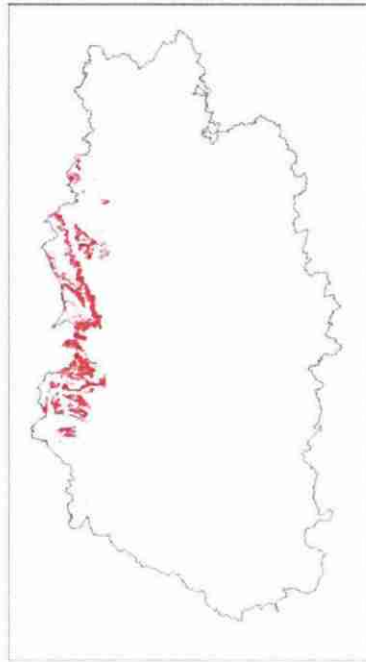


Illustration 16 – Répartition départementale de la formation « n6a-bG – Argiles du Gault »

**4.3.2.3. Sables verts et Sables blancs, Aptien à Albien [n5b-6a]
(formations regroupées : n6a, n5b-6a, n5b)**

Les *Sables verts* (Illustration 17) sont constitués de sables extra-fins, verdâtres à noirâtres, plus ou moins argileux au sommet, et compacts, micacés, à lentilles de glauconie et passages de grès fins très glauconieux verts, plus ou moins marneux.

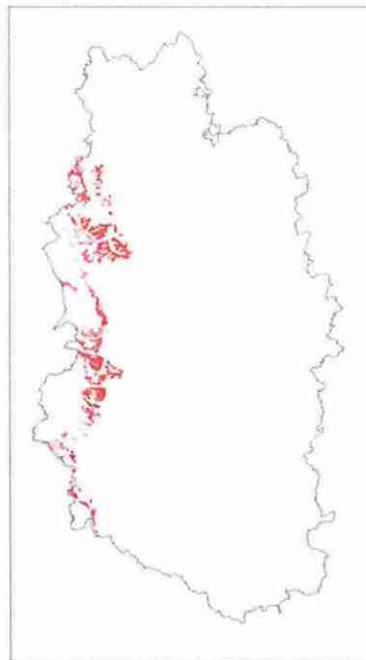


Illustration 17 – Répartition départementale de la formation « n5b-6a – Sables verts et Sables blancs »

Ces sables siliceux, fins, de teinte jaunâtre à verdâtre voire vert foncé selon le pourcentage de glauconie qu'ils renferment, sont souvent un peu argileux, parfois manganésifères. Ils renferment des débris fossiles phosphatés très nombreux, formant des lignes de nodules (coquins). On y observe aussi des grains de quartz grossiers et des phosphates, avec même des graviers siliceux, de couleur jaune verdâtre. Leur épaisseur est de 5 à 10 mètres en moyenne.

Les *Sables blancs* (Illustration 17) sont blancs ou jaunâtres, grossiers, parfois très purs, quartzeux, et argileux à la base. Ils peuvent être glauconieux noirs lorsque la glauconie n'est pas altérée (c'est-à-dire en profondeur). Ils atteignent une épaisseur de 5 à 20 m.

4.3.2.4. Argiles à Plicatules, Aptien inférieur [n5a]

Les affleurements (Illustration 18) sont visibles dans la zone de la double faille de la Marne. Les *Argiles à Plicatules*, d'épaisseur environ 5 m, sont constituées d'argiles compactes noires, grises à gris-bleu ou bleu-clair, plastiques, partiellement sableuses, légèrement calcaires dans la partie basale, avec des oolites ferrugineuses à la base et de fins cristaux de gypse.

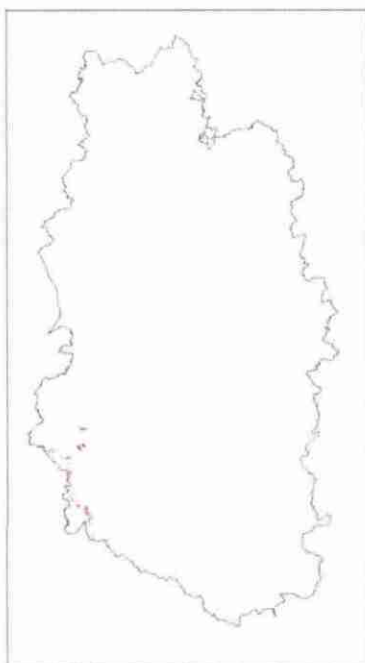


Illustration 18 – Répartition départementale de la formation « n5a – Argiles à Plicatules »

4.3.2.5. Argiles, sables et grès, Barrémien [n4b-a] (formations regroupées : n4b-a, n4b)

L'épaisseur de ce complexe (Illustration 19) est très variable (de 3 à 13 m).

Le sommet est partout formé par une mince couche de calcaire argileux rose à fossiles marins (« *Couche rouge de Wassy* »), et à oolites ferrugineuses remaniées ; la couche de minéral de fer oolithique d'eau douce sous-jacente est sporadique avec une épaisseur inférieure à 1 m ; au-dessous se trouve une couche d'argile réfractaire d'eau douce (« argile rose marbrée ») de couleur blanche et rose, ou rouge brique (épaisseur

variable, 4 m au maximum) ; enfin, le niveau inférieur se compose d'un complexe de brèches, de sables et grès versicolores (du jaune au rouge) plus ou moins ferrugineux, et d'argilites grises (« *Grès et sables piquetés* »).

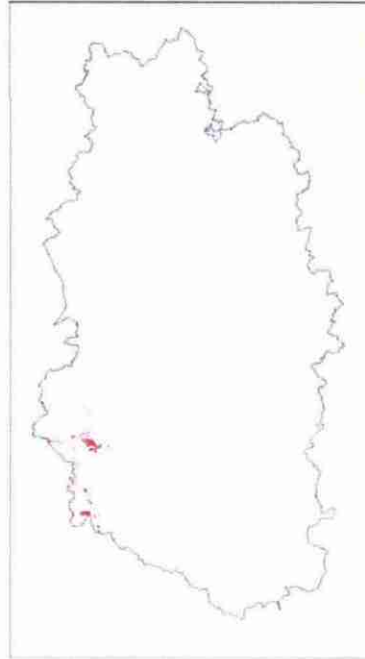


Illustration 19 – Répartition départementale de la formation « n4b-a – Argiles, sables et grès »

4.3.2.6. Argile ostréenne, Barrémien inférieur [n4a]

Les *Argiles ostréennes* (Illustration 20) sont constituées d'argiles plastiques, noires, grises, compactes, grasses, gypsifères, riches en *Ostrea*, avec parfois des oolithes ferrugineuses disséminées et des bancs de calcaire marneux, gris foncé ou kaki à la base, très fossilifères à lumachelliques, avec des cristaux de gypse.

L'épaisseur de cette assise varie de 5 à 15 mètres. Cette argile peut servir à la fabrication de briques et de tuiles.

4.3.2.7. Argiles, sables et calcaires, Valanginien au Barrémien [n2-4] (formations regroupées : n2S, n3S, n3-4)

Sous cette terminologie, sont regroupées plusieurs formations (Illustration 21) :

- Les sables et grès du Valanginien : cet étage se compose de terrains argilo-sableux et gréseux brun jaunâtre, plus ou moins ferrugineux, avec du minéral de fer géodique. L'épaisseur est très variable : elle ne dépasse pas 10 m et se réduit parfois à zéro, même dans la région de Saint-Dizier. Cet étage disparaît vers le Nord ;
- Les calcaires à spatanges de l'Hautérvien : il s'agit de calcaires grossiers hétérogènes, jaunâtres ou grisâtres, à grains de glauconie noire, durs en bas, gréseux et assez friables au sommet. La base de cet étage présente des faciès variés : plus ou moins marneux (« marne calcaire bleue »), ou conglomératiques (calcaire à galets ferrugineux valanginiens). L'épaisseur de

l'ensemble est d'environ 10 m au Sud (dont 1-2 m pour la base) et diminue en allant vers le Nord jusqu'à 1-2 m

- Le Barrémien et Hautérivien indifférenciés : il s'agit d'un horizon argilo-sableux (faciès littoral des Calcaires à spatangues) et d'un complexe d'argiles noires plastiques et de sables avec quelques intercalations de marnes.

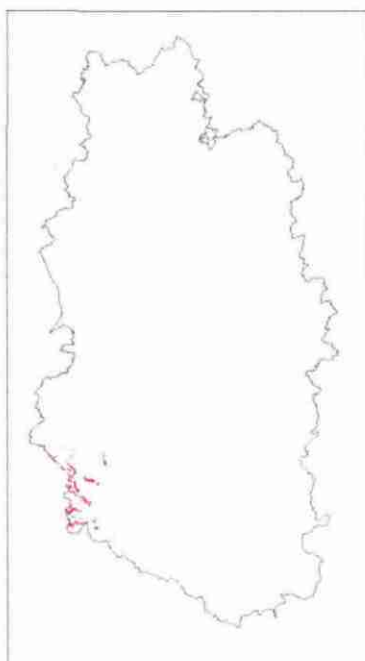


Illustration 20 – Répartition départementale de la formation « n4a – Argile ostréenne »

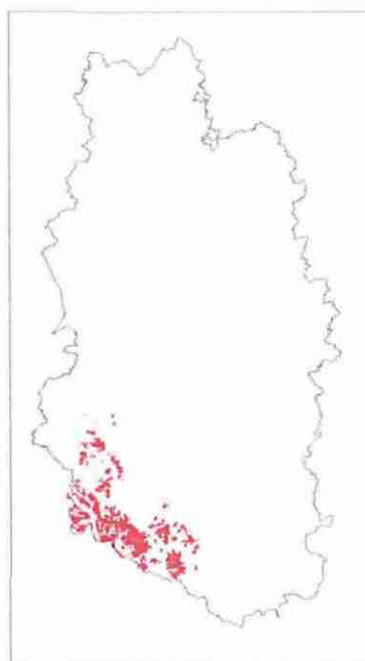


Illustration 21 – Répartition départementale de la formation « n2-4 – Argiles, sables et calcaires »

4.3.3. Formations du Jurassique

4.3.3.1. *Calcaires et calcaires argileux, Tithonien inférieur [j7a-c]* (formations regroupées : j7a, j7c)

Sont regroupées les formations suivantes (Illustration 22) :

- Les calcaires argileux à débris : il s'agit d'un ensemble de calcaires argileux, blanchâtres ou grisâtres, de calcaires bioclastiques, de calcaires fossilifères ou à débris, mêlés de passées argileuses. Le tout présente une épaisseur de 15 à 40 m.
- Les calcaires lithographiques : la base contient de fréquentes intercalations de lumachelles ou de calcarénites. Dans leur partie supérieure, ces calcaires sont caractérisés par un ensemble de calcaires argileux (10-15 m) souvent fossilifères terminés par une dalle taraudée, dans laquelle s'intercalent des argiles ou des calcarénites.

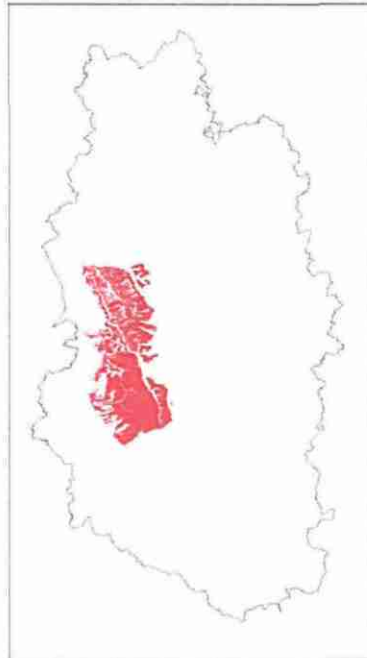


Illustration 22 – Répartition départementale de la formation « j7a-c – Calcaires et calcaires argileux »

4.3.3.2. *Marnes à Hemicidaris, Tithonien inférieur [j7b]*

Les *Marnes à Hemicidaris* (Illustration 23), ou « Pierre Châline », est une formation marneuse, argileuse, grise ou noire, lumachellique, calcarénitique, à faciès assez variés, mais toujours nettement plus argileux que l'ensemble des calcaires lithographiques sous-jacents. La base peut être conglomératique. L'épaisseur de cette formation varie de 5 à 10 mètres.



Illustration 23 – Répartition départementale de la formation « j7b – Marnes à Hemicidaris »

4.3.3.3. **Marnes à Exogyres, Kimméridgien [j6a-f]** (formations regroupées : j6a-f, j6b-f, j6e-f1-2, j6e-f2, j6e-f1, j6f, j6d, j6b-c, j6b)

Dans son ensemble, le Kimméridgien régional se compose de calcaire marneux grisâtre, de marnes grises, de marno-calcaires fissiles, d'argiles bitumineuses avec des rares intercalations de calcaires lithographiques et de calcaire argileux. Certains niveaux calcaires sont très durs, beiges, avec des bancs lumachelliques. Le fossile le plus répandu est *Exogyra virgula* de grande taille.

Sous ce terme ont été ici regroupées plusieurs formations, du fait de la ressemblance des faciès : il s'agit des formations suivantes (du sommet vers la base) :

- **Marnes à Exogyres supérieures** (45 mètres d'épaisseur environ) : elles sont constituées de marnes, parfois d'argiles, grises à beiges. Des bancs de calcaire marneux sont intercalés de manière plus ou moins régulière et il est parfois difficile de les distinguer des calcaires blancs supérieurs décrits ci-après car il y a passage continu par variation de la teneur en carbonates.
- **Marnes et marno-calcaires supérieures** (45 mètres d'épaisseur) : ils sont constitués dans leur partie inférieure (20 m) par des marnes grises à passées de calcaires lumachelliques à exogyres. Ces marnes présentent parfois des faciès bitumineux. La partie supérieure (5 m) est faite de calcaires sub-oolithiques compacts à exogyres et brachiopodes, séparés par des inter-bancs marneux.
- **Marnes à Exogyres moyennes** : ce sont des marnes gris foncé à noirâtres, à nombreuses exogyres de grande taille, avec à la base, sur quelques mètres, un niveau de lumachelles marneuses à très nombreuses ammonites. Elles sont identiques aux Marnes inférieures. Leur épaisseur est peu variable (12 à

15 mètres). Elles sont très fossilifères à leur base, le plus souvent en liaison avec les intercalations calcaires.

- **Marnes à Exogyres inférieures** : elles sont formées de 12 à 15 m d'argiles et de marnes à exogyres mêlées de quelques bancs calcaires. Ce sont des marnes gris foncé à noirâtres, à *Exogyra virgula* de petite taille, avec des passées de lumachelles marneuses, plus ou moins consolidées, très fossilifères à la base.

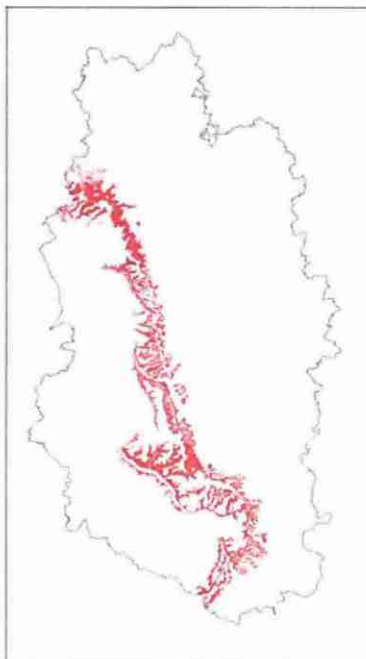


Illustration 24 – Répartition départementale de la formation « j6a-f – Marnes à Exogyres »

4.3.3.4. Argiles et calcaires argileux à lumachelles, Oxfordien supérieur [j5c3]

L'extrême base est marquée sur quelques mètres d'épaisseur par des argiles noirâtres, plastiques. Ces niveaux passent à un calcaire détritique à oolithes, débris coquillers et granules roulés avec joints argileux, sur une douzaine de mètres d'épaisseur. On observe ensuite des argiles gris noirâtres avec de fines intercalations de calcaires argileux, gris foncé, de calcaire cristallin brunâtre très dur et de calcaire lumachellique à fins débris de coquilles. Parfois des intercalations de calcaire fin à nombreuses astartes, épaisses de plusieurs mètres, ont été rencontrées à 12 mètres de la base et à 5 mètres du toit de cet horizon de l'Oxfordien supérieur dont la puissance atteint globalement 40 mètres (Illustration 25).

4.3.3.5. Argiles à Ostrea, Oxfordien supérieur [j5c1-2] (formations regroupées : j5c1-2, j5c1)

Les *Argiles à Ostrea* (Illustration 26) sont des argiles plastiques noirâtres, peu fossilifères renfermant parfois des calcaires gréseux, souvent pyriteux, avec à la base toujours présente une lumachelle argileuse à *Ostrea deltoidea*. L'épaisseur maximum est 9 mètres.

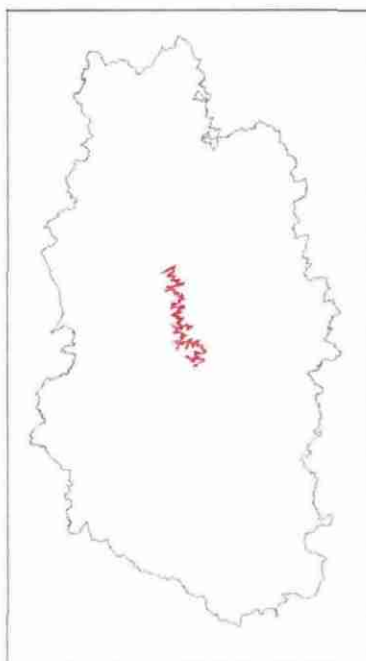


Illustration 25 – Répartition départementale de la formation « j5c3 – Argiles et calcaires argileux à lumachelles »

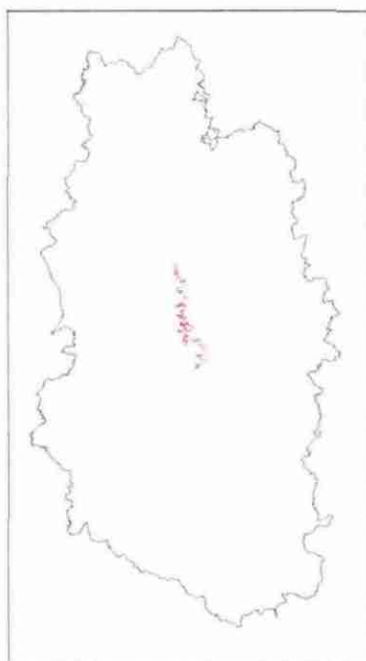


Illustration 26 – Répartition départementale de la formation « j5c1-2 – Argiles à Ostrea »

4.3.3.6. **Marne blanche des Eparges, Oxfordien moyen [j5aMBE]**

Les *Marnes Blanches des Eparges* (Illustration 27) sont composées de marnes et argiles riches en huître cupuliformes (*Lyogryphaea dilatata*), à passées de calcaires marneux, constitués tantôt d'un calcaire presque blanc, beige, jaunâtre, très finement oolithique, tantôt d'un calcaire plus spathique ou à points jaune terreux. L'épaisseur de cette assise varie de 0 à plus de 15 mètres.

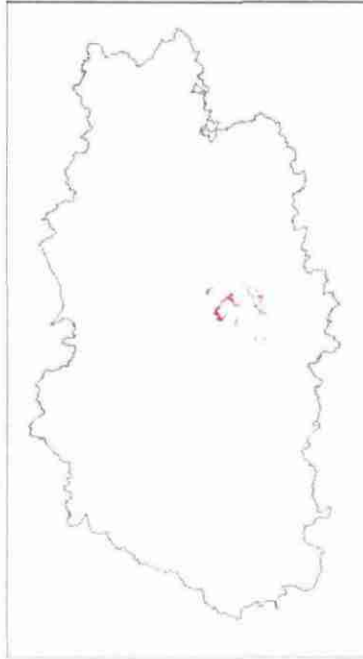


Illustration 27 – Répartition départementale de la formation « j5aMBE – Marne blanche des Eparges »

**4.3.3.7. Argiles de la Woëvre, Callovien à Oxfordien moyen [j4-5W]
(formations regroupées : j4-5Fe, j4-5W)**

Les *Argiles de la Woëvre* constituent une épaisse série de marnes et d'argiles (Illustration 28), de couleur gris-bleuté à noir, à rares nodules ou bancs calcaires et d'environ 140 mètres de puissance.

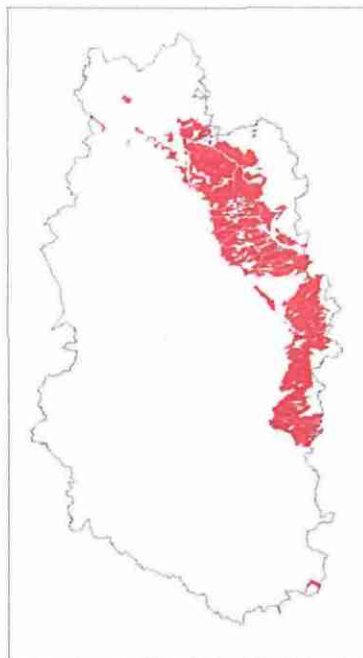


Illustration 28 – Répartition départementale de la formation « j4-5W – Argiles de la Woëvre »

Elles doivent leur nom à la vaste plaine qu'elles déterminent entre la côte de Meuse et la côte de Moselle. Ces dépôts argileux marquent l'enneigement généralisé des plates-formes carbonatées développées au cours du Dogger.

4.3.3.8. Marnes et caillasses à Rhynchonelles, Bathonien moyen à supérieur [j3b]

Les *Marnes à Rhynchonelles* (Illustration 29) constituent une épaisse formation d'environ 60 mètres d'épaisseur, essentiellement marno-argileuse, caractérisée par l'abondance des brachiopodes (rhynchonelles). Elles sont couronnées par les *Caillasses*, complexe de moins 10 mètres d'épaisseur de calcaires et marno-calcaires. D'âge bathonien, elles sont localisées en bordure orientale du département, principalement dans la région d'Etain.

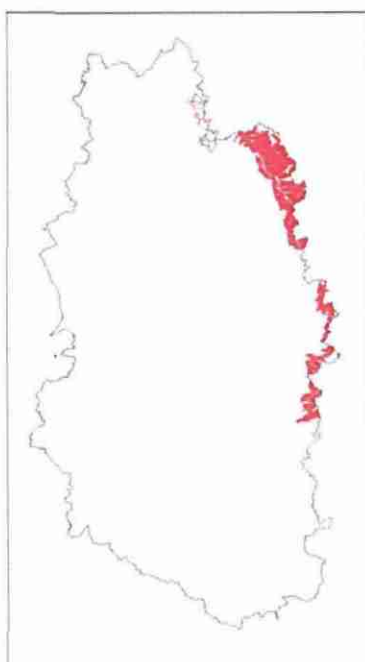


Illustration 29 – Répartition départementale de la formation « j3b – Marnes et caillasses à Rhynchonelles »

4.3.3.9. Oolithe de Doncourt, Bajocien supérieur [j2c-N]

La formation j2c est essentiellement calcaire au sein du département de la Meuse, au contraire du département de la Meurthe-et-Moselle où, à la faveur d'un changement latéral de faciès, elle devient marneuse et argileuse en s'épaississant (notée *Marnes du Jarnisy*, *Marnes de Gravelotte*, *Calcaire de Vernéville* [j2b2-N]).

Cette formation (Illustration 30) est néanmoins considérée comme argileuse au Nord du département, à la frontière avec la Meurthe-et-Moselle.

4.3.3.10. Calcaires à Polypiers supérieurs, Bajocien [j2a-N]

La formation j2a est essentiellement calcaire au sein du département de la Meuse, au contraire du département de la Meurthe-et-Moselle où, à la faveur d'un changement

latéral de faciès, elle devient marneuse et argileuse (notée *Marnes de Charenes* [j2a-b-N]).

Cette formation (Illustration 31) est néanmoins considérée comme argileuse au Nord du département, à la frontière avec la Meurthe-et-Moselle.

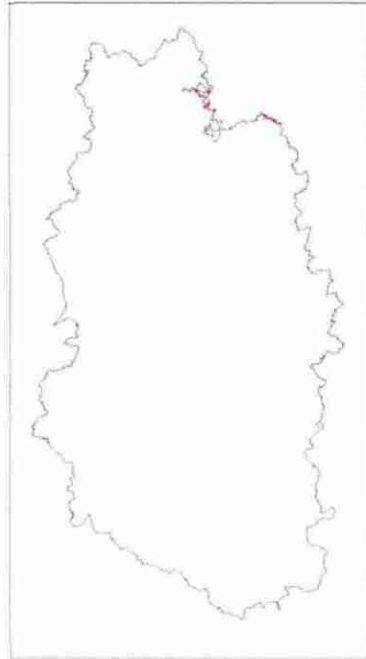


Illustration 30 – Répartition départementale de la formation « j2c-N – Oolithe de Doncourt »

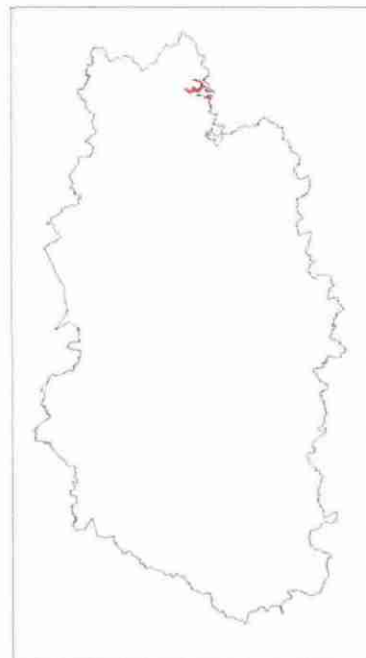


Illustration 31 – Répartition départementale de la formation « j2a-N – Calcaires à Polypiers supérieurs »

4.3.3.11. Schistes cartons, Marnes à *Septaria* et Grès supraliasiques, Toarcien [I4]

Les *Schistes cartons* (Illustration 32) sont des argiles litées, très finement feuilletés, gris-noirâtre, pyriteuses et bitumineuses ; la matrice noire est constituée d'argiles et de matière organique.

Leur capacité à gonfler, due en grande partie à leur état d'altération, pose de grands problèmes aux constructeurs car ils sont à l'origine de très nombreux dégâts sur les constructions existantes. A l'état sain, ils sont très compacts. A l'état altéré, ils deviennent très friables et se transforment rapidement en argile plastique où subsistent quelques nodules résiduels.

Les *Marnes à septaria* sont des argilites sableuses micacées à nodules calcaires de type *septaria*.

Enfin, les *Grès supraliasiques* sont composés soit de grès argilo-micacés, soit de calcaire sableux, soit de marnes gréseuses micacées (psammitiques parfois).

L'épaisseur de l'ensemble est globalement de 30 à 35 mètres.

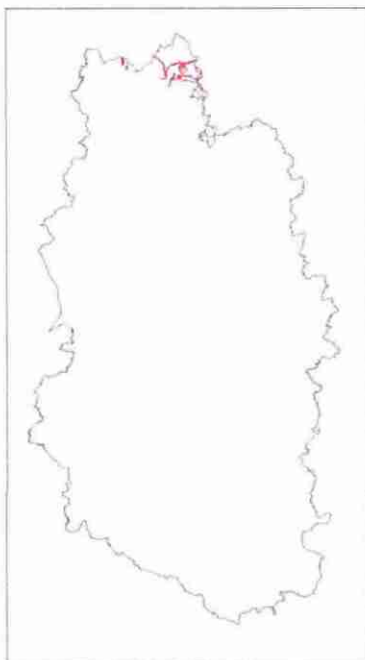


Illustration 32 – Répartition départementale de la formation « I4 – Schistes cartons, Marnes à *Septaria* et Grès supraliasiques »

4.3.3.12. Grès médioliasiques, Domérien supérieur [I3b]

En Meuse, et plus généralement en Lorraine centrale, les *Grès médioliasiques* (Illustration 33) sont constitués de siltites argileuses calcaires spathiques, de couleur brun-rouge, lie-de-vin, à points limonitiques, passant à du calcaire et grésocalcaire brun, à peine ferrugineux. Vers la base, des intercalations marneuses importantes se manifestent.

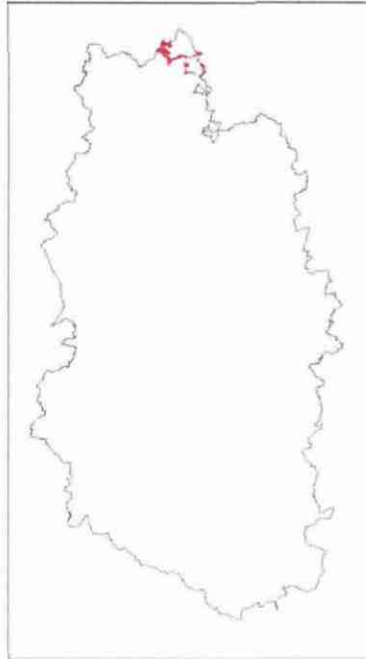


Illustration 33 – Répartition départementale de la formation « I3b – Grès médioliasiques »

Ces *Grès médioliasiques* ou calcaires ferrugineux ont été exploités au Montlibert comme minerais de fer pauvres. L'épaisseur de cette formation est très variable de 15 à 50 m.

4.3.3.13. **Argiles à *Amaltheus margaritatus*, Domérien [I3a]**

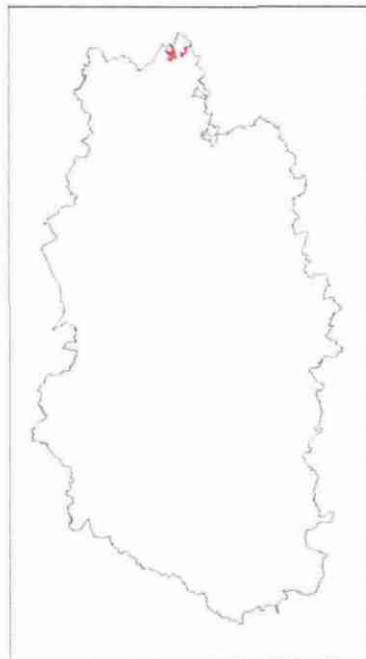


Illustration 34 – Répartition départementale de la formation « I3a – Argiles à *Amaltheus margaritatus* »

La puissante série des *Argiles à Amalthées* (Illustration 34) du Domérien inférieur surmonte le banc calcaire du Carixien.

Elles sont constituées d'argilites silteuses plus ou moins micacées et légèrement carbonatées, relativement dures et de couleur gris-bleuâtre, riches en fossiles, à ammonites pyriteuses, dont l'épaisseur fluctue très sensiblement. Il y a une sédimentation continue, avec interpénétration alternante de sédiments marneux et gréseux. Un conglomérat à gros galets oxydés de calcaire gréseux, et en partie phosphaté, a été reconnu, il existe aussi des passées à oolithes ferrugineuses et une lumachelle conglomératique à bélemnites. En moyenne la puissance de cette série n'excède pas 35 mètres.

4.4. REMARQUES SUR LES FORMATIONS ARGILEUSES

Il est à noter que quelques modifications de tracés ont été nécessaires pour plusieurs formations sélectionnées.

En effet, des modifications mineures ont été réalisées pour les formations notées Fz, F, n2S, j6f, j6b et j3b sur les feuilles 265, 266 et 137 notamment afin d'assurer une harmonisation géologique entre les cartes des départements limitrophes de la Haute-Marne, de la Meurthe-et-Moselle et de la Meuse.

Par ailleurs, le tracé de la formation notée j4-5W a été modifié en quelques endroits pour intégrer des informations ponctuelles acquises postérieurement au lever des cartes géologiques. Ainsi la limite supérieure de la formation a été modifiée sur les communes de Loupmont et Herbeurville, où respectivement 6 et 4 sinistres ont été déclarés par les communes. Ces sinistres se situaient initialement sur la formation j5aCH (Terrains à Chailles) considérée comme non argileuse. La transition entre ces deux formations est progressive, si bien que la limite est difficile à préciser (notice feuille 162, description j4b). Par ailleurs, la limite inférieure de la formation a été modifiée à Etain (commune reconnue en état de catastrophe naturelle), où 9 sinistres étaient initialement situés sur la formation j3b-c (Dalle d'Etain) considérée comme non argileuse. Une étude Antea (réf A 37819) démontre effectivement la présence des argiles sur une épaisseur de 60 cm à 1,5 m avant le calcaire sain, épaisseur suffisante pour induire des sinistres.

4.5. REMARQUES SUR LES FORMATIONS NON ARGILEUSES

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

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 à l'aléa retrait-gonflement, 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 24 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 de méthylène, 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 24 formations sont successivement présentées dans les paragraphes suivants.

Les sources des données ici présentées proviennent principalement de dossiers du LRPC-CETE à Nancy et du BRGM, ainsi que de résultats issus de rapports de bureaux d'études comme Fondasol et Antea qui nous ont donné accès à leurs archives ou comme CEBTP-Solen, Soler, SORES et Géopratique fournis, pour partie, par les communes en retour de courrier d'enquête.

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.

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 35 – Barème du critère lithologique

Il faut noter que cette caractérisation lithologique des formations est établie sur la base de l'expertise du géologue régional et qu'elle 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 utilisé pour distinguer les différentes classes lithologiques est donné dans l'illustration 35.

5.2.2. Caractérisation lithologique

Sur la base de ces critères, le tableau de l'illustration 36 permet de synthétiser les différentes notes lithologiques attribuées aux 24 formations potentiellement sujettes au retrait-gonflement, à partir des descriptions établies dans les notices des cartes géologiques au 1/50 000.

Notation et intitulé des formations retenues	Regroupement	Note lithologique
E/GP - Formations de versant et Grouines	C, E, E-GP, GP, SC	1
Fz - Alluvions récentes	Fz	2
Fy - Alluvions anciennes	Fy, Fx, Fw, F	1
LP - Limons des plateaux	LP, Rn7a, Rn7-c1	1
n6cA - Gaize d'Argonne	n6cA	1
n6a-bG - Argiles du Gault	n6a-bG	4
n5b-6a - Sables verts et Sables blancs	n6a, n5b-6a, n5b	1
n5a - Argiles à Plicatules	n5a	3
n4b-a - Argiles, sables et grès	n4b-a, n4b	2
n4a - Argile ostréenne	n4a	4
n2-4 - Argiles, sables et calcaires	n2S, n3S, n3-4	2
j7a-c - Calcaires et calcaires argileux	j7a, j7c	1
j7b - Marnes à Hemicidaris	j7b	2
j6a-f - Marnes à Exogyres	j6a-f, j6b-f, j6e-f1-2, j6e-f2, j6e-f1, j6f, j6d, j6b-c, j6b	3
j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles	j5c3	2
j5c1-2 - Argiles à Ostrea	j5c1-2, j5c1	4
j5aMBE - Marne blanche des Eparges	j5aMBE	2
j4-5W - Argiles de la Woëvre	j4-5W, j4-5Fe	4
j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles	j3b	3
j2c-N - Oolithe de Doncourt	j2c	1
j2a-N - Calcaires à Polypiers supérieurs	j2a	1
l4 - Schistes cartons, Marnes à Septaria et Grès supraliasiques	l4	4
l3b - Grès médioliasiques	l3b	1
l3a - Argiles à Amaltheus margaritatus	l3a	4

Illustration 36 – 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) 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 % (Illustration 37).

% 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 37 – Barème du critère minéralogique

5.3.2. Caractérisation minéralogique

D'une façon générale, les données minéralogiques, issues de la diffractométrie aux rayons X, sont rares dans le département de la Meuse. Les dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle et les rapports issus de bureaux d'études ne présentent que quelques caractérisations des minéraux argileux.

A l'initiative de l'ANDRA, et dans le cadre des études entreprises pour le laboratoire souterrain de Bure, en limite de la Meuse et de la Haute-Marne, de nombreuses analyses minéralogiques ont été réalisées sur les argilites du Callovo-Oxfordien dénommées *Argiles de la Woëvre*. Ces échantillons ont été prélevés en profondeur par carottage. Ils sont donc largement épargnés par les phénomènes d'altération superficielle et ne correspondent pas entièrement aux objectifs de la présente étude. Par ailleurs, nombre de ces résultats, jugés confidentiels, n'ont pas été publiés à ce jour. Néanmoins, quelques données utiles ont pu être extraites de différentes publications scientifiques (Pellenard *et al.*, 1999 et 2006) et du *Dossier 2005 Argile* diffusé par l'ANDRA.

Pour pallier ce déficit de données, 30 échantillons ont été prélevés lors de plusieurs sorties de terrain dans le département de la Meuse ou en bordure immédiate (Haute-Marne, Marne) suivant la qualité des affleurements et ont fait l'objet d'analyses diffractométriques (rayons X) spécifiques dans le cadre de la présente étude. Ceci concerne 20 des 24 formations retenues comme argileuses ou marneuses. Les résultats détaillés de ces analyses sont précisés en Annexe 4, ces échantillons ayant également fait l'objet d'une mesure de la valeur au bleu de méthylène.

Cet échantillonnage, bien que très limité pour caractériser l'hétérogénéité des formations argileuses ou marneuses identifiées, donne tout de même des indices fiables et réels sur la composition minéralogique des formations. Les résultats de ces analyses, ainsi que les autres données existantes sont résumés ci-après. Rappelons cependant que les formations géologiques, et particulièrement les plus superficielles d'entre elles, sont par nature très hétérogènes et que leur composition dépend beaucoup de la formation sous-jacente, dont elles sont issues. Il faudrait donc, 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.

En définitive, les données minéralogiques utilisées ici sont pour l'essentiel issues des notices des cartes géologiques du département, des analyses spécifiques réalisées dans le cadre de la présente étude (Annexe 4) et des données utilisées pour les études de retrait-gonflement dans d'autres départements proches (Côte d'Or, Haute-Marne, Meurthe-et-Moselle, Yonne), provenant notamment de l'étude Mossman *et al.* (2001, BRGM) et des différentes publications de Pellenard *et al.* (1999 et 2006).

Form argil	Note minér	Département de la Meuse			Description qualitative ou quantitative dans les notices des cartes géologiques	Données relatives aux études d'autres départements (Côte d'Or, Haute-Marne, Meurthe-et-Moselle, Yonne)
		% nb val	Sm + V + Interstrat moy	min		
E/GP	2	2	53	35	71	dépt 54 (E/GP) : Nombre de résultats : 2 ; Échantillon CETE n°1 : fraction argileuse : 20% (Sm/I = 10% ; I = 50% ; K = 25% ; C = 15%) ; Échantillon CETE n°2 : fraction argileuse : 27% (Sm = 10% ; I = 40 à 50% ; K = 25 à 35% ; C = 15% ; C/I = 10%).
Fz	2	1	45	45	45	dépt 52 (Fz) : Nombre de résultats : 1 (Sm + V + Sm/I + V/I = 45%)
Fy	3	2	65	55	75	dépt 52 (Fy) : Nombre de résultats : 1 (Sm + V + Sm/I + V/I = 55%)
LP	2	1	49	49	49	dépt 21 (LP) : feuille 404 : la fraction argileuse comporte en général 60 % de Sm, 20 % d'illite et 20 % de K. dépt 21 (LP) : feuille 470 : présence d'illites très altérées dépt 21 (LP) : feuille 500 : présence dans la fraction argileuse de V et d'interstratifiés 10-14 Å dépt 21 (LP) : feuille 525 : minéraux argileux riches en V et Sm et pauvres en illite dépt 52 (LP) : Nombre de résultats : 1 (Sm + V + Sm/I + V/I = 35%) dépt 54 (LP/LP-Fe) : Nombre de résultats : 1 ; Échantillon CETE : Sm = 31% ; Sm/I = 27% ; I = 16% ; K = 26% dépt 89 (LP) : feuille 295 : partie inférieure : fraction argileuse de 10 à 30% ; partie supérieure : fraction de 2 à 5µm de l'ordre de 80%, contient 30 à 40 % de K, 30 à 40 % de Sm et 40 à 20 % de minéraux micacés. dépt 89 (LP) : feuille 296 : fraction argileuse : composée d'une quantité égale de Sm, de K et de minéraux argileux micacés. dépt 89 (LP) : feuille 330 : partie inférieure : l'essentiel de la formation est compris entre 20 et 50µm, le % d'argile est égal ou inférieur à 20% ; K, I et Sm existent en quantités sensiblement équivalentes ; partie intermédiaire : idem que feuille 295. dépt 89 (LP) : feuille 331 : fraction argileuse 50 à 70 % de K et de 50 à 30 % de minéraux interstratifiés, I/Sm ou V/Sm. dépt 89 (LP) : feuille 367 : partie inférieure : forte prédominance de la fraction 2 - 50µm (70 à 90%), la part des argiles est faible, souvent comprise entre 5 et 20% ; K (50 à 70 %), Sm (20 à 30 %), minéraux argileux micacés (20 à 30 %) ; partie supérieure : fraction argileuse varie entre 5 à 30%, la fraction < 5µm est constituée de K (20 à 40 %), Sm (40 à 50 %), minéraux micacés (10 à 30 %), minéraux argileux interstratifiés (30 à 40 %) ; couverture sableuse et argileuse : 25 à 55% de sables auxquels s'ajoutent les argiles des formations albiennes. Échantillon Beaumont, les Champs de la Coudre : la fraction fine se compose de 40% de K, 30% de Sm et de 30% de minéraux micacés.
n6cA	3	3	73,3	45	90	Feuille 160 (n7c) : La phase argileuse, jamais très abondante, contient 90% de smectites et 10% d'illites (y compris la glauconie). Feuille 190 (n6cG) : Le cortège minéral argileux est constitué de smectites (80 à 90%) associée à l'illite (<10 à 20%), la glauconie étant parfois signalée. La kaolinite est à l'état de traces. Feuille 134 (n6Gz) : smectite prédominante dans la fraction fine
n6a-bG	3	7	38	#0	84	Feuille 160 (n7b) : L'analyse diffractométrique de plusieurs échantillons montre une assez bonne homogénéité de la composition du cortège argileux : illite 55%, chlorite 20%, kaolinite 20%, smectite 5%. Feuille 190 (n6b-cG) : L'étude diffractométrique des argiles montre une proportion constante d'illite (de l'ordre de 50%), accompagnée de 25% de chlorite et de 20-25% de kaolinite. Les smectites (en fait probablement des édifices interstratifiés illite-smectite) sont concentrées uniquement dans la fraction ultrafine < 0,5µm. La glauconie est présente dans la fraction 2 - 50µm. dépt 52 (n6AGB) : feuille 263 (n6B) : fines paillettes de muscovite dont l'abondance décroît vers le haut de la formation. dépt 52 (n6AGB) : feuille 263 (n6a-bG) : Qz, accompagné de fines paillettes de micas, micas blancs (muscovite ou séricite) et micas noirs (biotite) altérés. dépt 52 (n6AGB) : Nombre de résultats : 2 (Sm + V + Sm/I + V/I = 60 à 64%) dépt 89 (c1-2) : feuille 367 : composées surtout de Sm et I, et un peu de K dépt 89 (c1-2) : feuille 434 : K = 40%, I = 10%, Sm = 50% ; K = 50%, Sm = 50% dépt 89 (c1-2) : feuille 332 : Sm = 60 à 90%, K = 5 à 30% et I = 5 à 10% dépt 89 (c1-2) : feuille 333 : partie inférieure : K = 30%, Sm = 40% et I = 30% ; partie supérieure : K = 30 à 40%, Sm = 10 à 40% et I = 30 à 50% ; Sm = 90%, I = 10%
n5b-6a	2	5	33,8	14	55	Feuille 160 (n7a) : La minéralogie de la fraction inférieure à 2µm (qui représente environ 15% de la roche) est relativement constante : les illites et les smectites sont toujours présentes. A l'illite s'ajoute la glauconie, tandis que les smectites sont bien individualisées, jamais interstratifiées, et assez bien cristallisées. (P.J. Fauvel & G. Petit, 1984). Les pourcentages de minéraux argileux varient en fonction de la granulométrie : entre 2 et 0,5µm l'illite domine avec 70%, les smectites 14%, et la kaolinite 1%, le reliquat étant le fait du quartz. A l'opposé, dans la fraction inférieure à 0,1µm, les smectites dominent avec 55%, les illites sont à 45%. (G. Petit, 1985). Feuille 190 (n5b-n6aS) : Dans le cortège minéralogique de la fraction inférieure à 2µm, l'illite (plus de 60%) et les smectites (subordonnées) sont toujours présentes. Les smectites sont bien cristallisées, non interstratifiées ; proportion de kaolinite, très faible voire nulle. Feuille 190 (n5aP - ann 4A) : kaolinite (20-50%), smectites (0-40%), illite (0-60%), interstratifiés (0-50%) dépt 52 (n6S) : Nombre de résultats : 1 (Sm + V + Sm/I + V/I = 80%) dépt 52 (n5S) : Nombre de résultats : 1 (Sm + V + Sm/I + V/I = 68%)
n5a	1	1	10	10	10	dépt 89 (n5) : feuille 434 : K (30 %), I (50 %), interstratifiés I/Sm à prédominance d'illite (20 %) dépt 89 (n5) : feuille 333 : K = 20 à 50%, Sm = 0 à 40%, I = 0 à 60% et interstratifiés I/Sm = 0 à 50% dépt 89 (n5) : feuille 299 : K et I assez abondante (30 à 50%) et la Sm varie de 20 à 50% ; I = 70%, K + Sm + interstratifiés = 10% ; K = traces à 20%, I = 30 à 60%, Sm = 10 à 50% et interstratifiés = 10 à 30% ; K = 10 à 20%, I = 20 à 30%, Sm = 40 à 60% et interstratifiés = 0 à 10%
n4b-a	2	2	36,5	25	48	Feuille 190 (n4bG) : Dans le cortège minéral argileux, l'illite domine la kaolinite (2/3-1/3), la muscovite peut être présente. dépt 52 (n4b) : Nombre de résultats : 1 (Sm + V + Sm/I + V/I = 10%) dépt 89 (n4b) : feuille 434 : K = 30 à 40%, I = 40 à 50% et interstratifiés I/Sm = 20% dépt 89 (n4b) : feuille 299 : K = 40 à 80%, I + Sm + interstratifiés = 10 à 30% dépt 89 (n4b) : feuille 333 : argiles composées essentiellement de K
n4a	1	3	17,3	13	21	Feuille 190 (n4aO - ann 4A) : minéraux argileux par ordre d'importance décroissante, illite, kaolinite, chlorite, interstratifiés dépt 89 (n4a) : feuille 299 : K = 50%, I = 50% dépt 89 (n4a) : feuille 333 : K = 30%, Sm = 30%, I = 40% dépt 89 (n4a) : feuille 403 : fraction argileuse composée de K et I dépt 89 (n4a) : feuille 434 : marnes composées de K = 40%, I = 40% et interstratifiés I/Sm = 20%
n2-4	2	3	48,7	25	76	Feuille 190 (n2) : minéraux argileux par ordre d'importance décroissante, la kaolinite, l'illite, la chlorite et les interstratifiés irréguliers illite-smectite. Feuille 190(n3S - ann 4A) : kaolinite (30-50%), illite (30-40%), smectites (20-30%) dépt 89 (n3) : feuille 434 : K (50 %), Sm (20 %), I (30 %) dépt 89 (n3) : feuille 333 : partie marseuse composée de K = 30 %, Sm = 30 % et I = 40 %
j7a-c	2	2	37	33	41	
j7b	2	2	30,5	30	31	
j6a-f	2	2	20	19	21	dépt 21 (j6) : feuille 470 : I et K dans les niveaux marnés ou calcaréo-argileux dépt 52 (j6M) : feuille 439 : K, I, interstratifiés. dépt 52 (j6M) : Nombre de résultats : 1 (Sm + V + Sm/I + V/I = 49%) dépt 89 (j6) : feuille 434 : K (20 à 40 %), I (30 à 60 %) et interstratifiés I/Sm (20 à 30 %)
j5c3	2	2	35,5	30	41	
j5c1-2	2	2	41	33	49	
j5aMBE	3	2	66	44	88	
j4-5W	2	4	27,5	24	36	dépt 52 (j4-5W) : Nombre de résultats : 3 (Sm + V + Sm/I + V/I = 15 à 63%) dépt 54 (j4-5) : Nombre de résultats : 60 à 80 ; Échantillons 2001 : Sm/I = 15 %, I = 30 %, K = 45 %, V = 10 % ; Échantillons 2002 : fraction argileuse : 50 % (Sm/I = 15 %, I = 45 %, K = 30 %, C = 10 %) dépt 54 (j3b) : Nombre de résultats : 1 ; Échantillon BRGM : Sm = 45% ; I = 30% ; K = 20% ; C = 5%
j3b	2	5	36,2	21,5	49	dépt 54 (j2b2N) : Nombre de résultats : 2 ; Échantillon BRGM : Sm = 65% ; I = 20% ; K = 15% ; et Échantillon BRGM : Sm = 65% ; I = 15% ; K = 20% ;
j2c-N	3					dépt 54 (j2a-bN) : Nombre de résultats : 2 ; Échantillon BRGM : Sm/I = 20% ; I = 35% ; K = 30% ; C = 15% ; et Échantillon BRGM : Sm = 25% ; Sm/I = 25% ; I = 35% ; K = 15% ;
j2a-N	2					dépt 21 (j4) : feuille 469 : K et I nettement dominantes, Qz, muscovite, C et plus rarement biotite. dépt 52 (j4a-b) : feuille 438 : La composition minéralogique semble constante : I et K, muscovite très abondante, biotite et C fréquentes, grains de Qz. dépt 52 (j4a-b) : Nombre de résultats : 2 (Sm + V + Sm/I + V/I = 20 à 25%) dépt 54 (j4) : Nombre de résultats : plusieurs mais non indiqué ; Échantillons 2001 : Sm/I = 15 %, I = 20 %, K = 55 %, V = 10 % ; Échantillons 1977 : Sm = 20 à 41 %, Sm/I = 15 %, K = 40 %, C = 19 à 29 % ; Échantillons CETE : Sm/I = 16 à 18 %, I = 19 à 21 %, K = 60 à 63 % dépt 89 (j5-6) : 1 échantillon : K = 72%, I = 19 à 21% et V = 7 à 9%
I3b	2	1	27	27	27	
I3a	1	1	15	15	15	dépt 52 (I3a) : Nombre de résultats : 2 (Sm + V + Sm/I + V/I = 5 à 30%) dépt 54 (I3a) : Nombre de résultats : plusieurs mais non indiqué. Fraction argileuse : environ 50 % ; Échantillons 2001 : Sm/I = 5 %, I = 15 %, K = 55 %, V = 25 % ; Échantillons 1977 : Sm = 15 %, I = 30 %, K = 40 %, C = 15 % ; Échantillons CETE : Sm = 5 %, I = 30 à 39 %, K = 42 à 43 %, C = 12 à 18 %

Illustration 38 – Note minéralogique des formations argileuses retenues

Nous utiliserons les abréviations suivantes : K (kaolinite), Sm (smectite ou montmorillonite), I (illite), C (chlorite), V (vermiculite), Qz (quartz). Ces abréviations sont aussi utilisées dans le cas des interstratifiés (ex : Sm/I pour interstratifiés smectite/illite, V/I pour interstratifiés vermiculite/illite).

La synthèse des données disponibles (Illustration 38) aboutit à l'attribution des notes minéralogiques pour l'ensemble des 24 formations à composante argileuse.

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 (Chassagneux *et al.*, 1995) que la susceptibilité d'une argile au retrait-gonflement varie en fonction de l'indice de plasticité I_p de la manière suivante (Illustration 39) :

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 39 – Barème du critère géotechnique suivant l'indice de plasticité

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.*, 1995) que la sensibilité d'un matériau argileux varie de la manière suivante en fonction de la valeur de bleu (Illustration 40). Ce paramètre permet, avec le concours avantageux des limites d'Atterberg, une analyse statistique du comportement au retrait-gonflement.

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 40 – Barème du critère géotechnique suivant la valeur de bleu

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 (Illustration 41).

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 41 – Barème du critère géotechnique suivant le retrait linéaire

5.4.6. Caractérisation géotechnique

Les sources des données ici présentées proviennent principalement de dossiers concernant le tracé de la LGV (mis à disposition par Réseau Ferré de France à Pagny-sur-Moselle), de dossiers transmis par le LRPC-CETE à Nancy, ainsi que de résultats issus de rapports de bureaux d'études comme Fondasol et Antea qui nous ont donné accès à leurs archives ou comme CEBTP-Solen, Soler, SORES et Géopratique fournis, pour partie, par les communes en retour de courrier d'enquête.

Par ailleurs, 30 échantillons, prélevés lors de plusieurs sorties sur le terrain dans le département de la Meuse, ou en bordure immédiate (Haute-Marne, Marne), dans la quasi-totalité des formations retenues comme argileuses ou marneuses (20 formations sur 24), ont fait l'objet d'une caractérisation géotechnique (valeur au bleu de méthylène). Les résultats détaillés sont précisés en Annexe 4.

Ces données sont synthétisées dans le tableau de l'illustration 42 :

- Pour l'indice de plasticité, 234 données ont été recueillies, provenant du traitement de dossiers du tracé de la LGV (92), de plusieurs bureaux d'études (69), du LRPC-CETE (63) et du BRGM (10).
- Pour la valeur de bleu, 817 données ont été recueillies, provenant du traitement de dossiers du tracé de la LGV (671), des bureaux d'études (114), du LRPC-CETE (2) et d'analyses spécifiques (30).

Par ailleurs, les données géotechniques recueillies lors de la réalisation de l'étude de l'aléa retrait-gonflement dans les départements proches (Côte d'Or, Haute-Marne, Meurthe-et-Moselle, Yonne) ont été utilisées dans la mesure du possible pour caractériser certaines formations géologiques d'extension régionale.

En définitive, les données dont nous avons pu disposer permettent de caractériser la totalité des formations.

Formations argileuses	Note géotec	Données du département								Données relatives aux études d'autres départements (Côte d'Or, Haute-Marne, Meurthe-et-Moselle, Yonne)							
		Valeurs de bleu				Indice de plasticité				Valeurs de bleu				Indice de plasticité			
		nb val	moy	min	max	nb val	moy	min	max	nb val	moy	min	max	nb val	moy	min	max
E/GP	2	41	0,74	0,02	3,63	5	17	3	42	8	3,8	1,4	5,1	261	28,2	11	53
Fz	2	105	3,92	0,05	11,90	77	35	7	144	22	4,56	2,41	11	161	23,2	5	55
Fy	2	11	3,08	0,11	6,70	9	30	18	48	38	1	0,1	4,1	159	25,3	5	57
LP	2	150	4,01	0,70	8,77	5	22	16	28	17	3,17	0,23	5,1	149	24	4	58
n6cA	2	1	3,87	3,87	3,87	0											
n6a-bG	3	75	5,20	1,95	8,60	3	27	26	28	4	5,1	4,2	6,2	25	28	15	46
n5b-6a	2	87	3,66	1,80	7,10	5	26	22	29,5	2	2,9	1,6	4,2	8	32	18	50
n5a	2	1	5,12	5,12	5,12	0				1	4,2	4,2	4,2	3	19,7	12,5	30,5
n4b-a	2	2	4,20	3,30	5,09	0				2	2,7	1,5	4	3	19,3	12,5	30,5
n4a	2	1	4,22	4,22	4,22	0								6	30,1	18	41
n2-4	1	5	2,29	1,16	3,85	7	24	10	48					1	14	14	14
j7a-c	1	144	2,31	0,29	9,84	4	14	13	16								
j7b	1	2	1,59	0,50	2,68	0											
j6a-f	1	81	2,36	0,10	9,99	4	21	13	31	1	2,4	2,4	2,4	9	25,9	17	39
j5c3	1	24	0,40	0,07	2,17	0											
j5c1-2	1	5	1,83	0,34	4,24	0											
j5aMBE	1	2	2,47	1,41	3,52	0											
j4-5W	3	57	5,21	1,60	8,50	79	30	11	59	3	5,07	2,2	6,7	17	30,5	18	69
j3b	2	17	4,64	1,40	12,13	9	33	23	45	2	7,15	3,47	10,8	7	27,1	12	35
j2c-N	3	3	1,52	0,83	2,69	3	19	11	25	2	11,6	10,9	12,4	2	25	22	27
j2a-N	3	0				0				2	6,12	6,45	5,79	11	28,5	15	59
l4	3	1	3,07	3,07	3,07	15	30	19	45	21	1,89	0,1	4,8	388	26	12	48
l3b	2	1	1,98	1,98	1,98	9	28	17	47	2	2,3	2,23	2,3	52	16,4	7	41
l3a	2	1	1,97	1,97	1,97	0				5	3,98	1,9	5,4	298	26,4	4	57

Illustration 42 – Synthèse des données géotechniques

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.

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, conformément à la méthodologie retenue au niveau national :

Note moyenne	Degré de susceptibilité
valeur ≤ 2	Faible (niveau 1)
$2 < \text{valeur} \leq 3$	Moyen (niveau 2)
valeur > 3	Fort (niveau 3)

Moyennant ce traitement, les notes de susceptibilité attribuées aux 24 formations retenues comme argileuses sont les suivantes (Illustration 43) :

Formations argileuses	Lithologique	Minéralogique	Géotechnique	Susceptibilité
E/GP	1	2	2	1,67
Fz	2	2	2	2,00
Fy	1	3	2	2,00
LP	1	2	2	1,67
n6cA	1	3	2	2,00
n6a-bG	4	3	3	3,33
n5b-6a	1	2	2	1,67
n5a	3	1	2	2,00
n4b-a	2	2	2	2,00
n4a	4	1	2	2,33
n2-4	2	2	1	1,67
j7a-c	1	2	1	1,33
j7b	2	2	1	1,67
j6a-f	3	2	1	2,00
j5c3	2	2	1	1,67
j5c1-2	4	2	1	2,33
j5aMBE	2	3	1	2,00
j4-5W	4	2	3	3,00
j3b	3	2	2	2,33
j2c-N	1	3	3	2,33
j2a-N	1	2	3	2,00
l4	4	2	3	3,00
l3b	1	2	2	1,67
l3a	4	1	2	2,33

Illustration 43 – Susceptibilité des formations argileuses retenues

6.2. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ

L'illustration 44 représente la carte départementale de susceptibilité des formations géologiques au phénomène de retrait-gonflement, réalisée d'après les résultats présentés dans le tableau de l'illustration 43.

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 1/125 000. Les formations sont représentées par couleurs (jaune, orange et rouge) 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.

6.3. SYNTHÈSE

Les formations faiblement susceptibles couvrent 34,72 % de la superficie du département. Les seize formations suivantes ont été rattachées à cette catégorie :

- E/GP - Formations de versant et Grouines (37,24 km² soit 0,60 % de la superficie du département)
- Fz - Alluvions récentes (533,39 km² soit 8,54 %)
- Fy - Alluvions anciennes (193,79 km² soit 3,10 %)
- LP - Limons des plateaux (214,02 km² soit 3,43 %)
- n6a - Gaize d'Argonne (104,68 km² soit 1,68 %)
- n5b-6a - Sables verts et Sables blancs (131,01 km² soit 2,10 %)
- n5a - Argiles à Plicatules (5,86 km² soit 0,09 %)
- n4b-a - Argiles, sables et grès (12,64 km² soit 0,20 %)
- n2-4 - Argiles, sables et calcaires (148,96 km² soit 2,39 %)
- j7a-c - Calcaires et calcaires argileux (344,43 km² soit 5,52 %)
- j7b - Marnes à Hemicidaridaris (27,18 km² soit 0,44 %)
- j6a-f - Marnes à Exogyres (352,16 km² soit 5,64 %)
- j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles (35,00 km² soit 0,56 %)
- j5aMBE - Marne blanche des Eparges (8,04 km² soit 0,13 %)
- j2a-N - Calcaires à Polypiers supérieurs (5,28 km² soit 0,08 %)
- l3b - Grès médioliasiques (13,50 km² soit 0,22 %)

Les formations moyennement susceptibles couvrent 14,03 % de la superficie du département. Les sept formations suivantes ont été rattachées à cette catégorie :

- n4a - Argile ostréenne (15,19 km² soit 0,24 %)
- j5c1-2 - Argiles à Ostrea (10,85 km² soit 0,17 %)
- j4-5W - Argiles de la Woèvre (637,02 km² soit 10,20 %)
- j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles (187,60 km² soit 3,00 %)
- j2c-N - Oolithe de Doncourt (5,51 km² soit 0,09 %)
- l4 - Schistes cartons, Marnes à Septaria et Grès supraliasiques (14,61 km² soit 0,23 %)
- l3a - Argiles à Amaltheus margaritatus (6,47 km² soit 0,10 %)

Une seule formation a été rattachée à la catégorie des formations fortement susceptibles : n6a-bG - Argiles du Gault (136,89 km² soit 2,19 %)

Il est à noter que les formations *a priori* non argileuses occupent près de la moitié de la surface du département, soit 49 %.

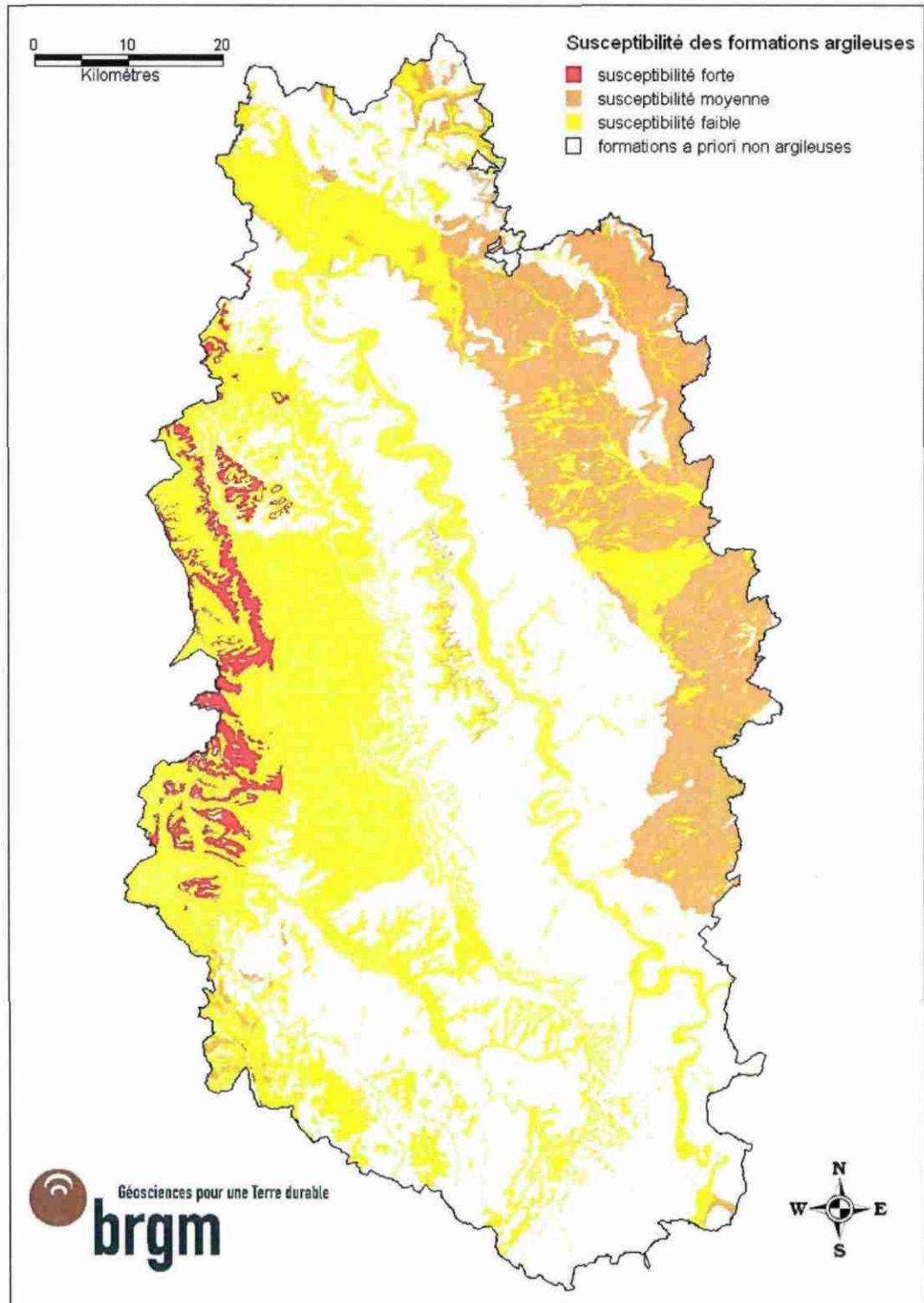


Illustration 44 – Carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement des sols argileux

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 92 stations de référence au moyen d'un modèle à double réservoir, sur la base d'une réserve utile de 200 mm, dont on suit le niveau de remplissage au pas de temps décennal. 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.

En outre, ces études préalables sont généralement succinctes. Une visite de terrain permet notamment de réaliser un descriptif des sinistres, de noter les dates d'apparition des premiers désordres, d'observer la nature des terrains. L'examen de la carte géologique du BRGM à l'échelle du 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 constituent donc simplement une première approche 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

7.2.1.1. Communes reconnues en état de catastrophe naturelle

Dans le département de la Meuse, à la date du 4 avril 2008, 7 communes ont été reconnues (une seule fois chacune) en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols, pour des périodes comprises entre janvier 1996 et septembre 2003. Elles représentent 1,4 % des 500 communes du département et couvrent 151 km², soit 2,4 % de sa superficie totale.

Au total, 5 arrêtés interministériels successifs reconnaissant l'état de catastrophe naturelle sécheresse ont été pris à ce jour dans le département de la Meuse, dont les dates s'échelonnent entre le 17 décembre 1997 et le 30 mars 2006. La liste des communes concernées est présentée en Annexe 2, ainsi que les périodes de reconnaissance, les dates des arrêtés interministériels et les dates de leur publication au Journal Officiel. L'illustration 45 présente le nombre de communes concernées par les différents arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse au cours de cette période.

D'après les données disponibles sur le site internet « prim.net » du MEEDDAT, ce nombre d'occurrences reconnues (7 au total puisque chaque commune concernée n'a été reconnue qu'une seule fois à ce jour) placerait le département à la 73^e position des départements français les plus touchés, loin derrière certains du Sud-Ouest (1 353 occurrences reconnues en Haute-Garonne, 1 205 dans le Gers, 824 en Dordogne, par exemple). Si l'on se réfère au classement des départements français en terme de coût

d'indemnisation, la Meuse occupait la 65^e place en novembre 2006, avec un cumul indemnisé, dans le seul cadre du régime des catastrophes naturelles, estimé par la CCR à 1,1 millions d'euros

Arrêtés interministériels	Nombre de communes
17/12/1997	1
25/08/2004	1
27/05/2005	1
22/11/2005	3
30/03/2006	1

Illustration 45 – Arrêtés interministériels et occurrences

7.2.1.2. Communes ayant bénéficié de l'aide exceptionnelle pour la sécheresse de 2003

En 2006 a été mise en place une procédure exceptionnelle d'aide financière aux propriétaires des habitations gravement endommagées à la suite de la sécheresse de 2003 et dont les dommages n'ont pu être pris en charge au titre du régime des catastrophe naturelle car le critère météorologique élaboré par la Commission ne s'appliquait pas pour cette période.

Dans le cadre de cette procédure spécifique, les propriétaires de maisons endommagées au cours de l'été 2003 dans des communes non reconnues étaient invités à déposer en Préfecture (avant le 6 avril 2006) un dossier accompagné de devis de réparation afin de bénéficier d'une aide exceptionnelle prévue au titre de l'article 110 de la loi de finances 2006. Les propriétaires concernés étaient ceux disposant d'une habitation principale située dans les communes qui ont demandé avant le 1^{er} juin 2005 une reconnaissance d'état de catastrophe naturelle et qui ne l'avaient pas obtenue. 3 300 communes étaient concernées par cette aide exceptionnelle sur l'ensemble du territoire national. Limitée à une somme totale de 180 millions d'euros, ultérieurement portée à 215 M€, l'aide apportée concerne exclusivement les mesures de confortement nécessaires au rétablissement de l'intégrité de la structure des habitats, du clos et du couvert.

D'après la Préfecture de la Meuse et le Rapport du Gouvernement au Parlement sur l'indemnisation des dommages aux bâtiments causés par la sécheresse survenue durant l'été 2003, ce sont finalement 15 dossiers, répartis sur 10 communes (Annexe 2), qui ont été retenus comme éligibles dans la Meuse (sur 54 dossiers déposés sur 20 communes) pour un montant total subventionné de 230 k€. Ces 10 communes représentent 2 % des 500 communes du département et couvrent 227 km², soit 3,6 % de sa superficie totale.

7.2.1.3. Répartition géographique

La carte de l'illustration 46 permet de localiser les 7 communes qui ont fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance à ce jour, ainsi que les 18 communes dans lesquelles des propriétaires de maisons sinistrées en 2003 ont déposé un dossier au titre de la procédure exceptionnelle d'indemnisation. La carte indique également le nombre de sinistres par commune recensés, localisés dans le cadre de la présente étude.

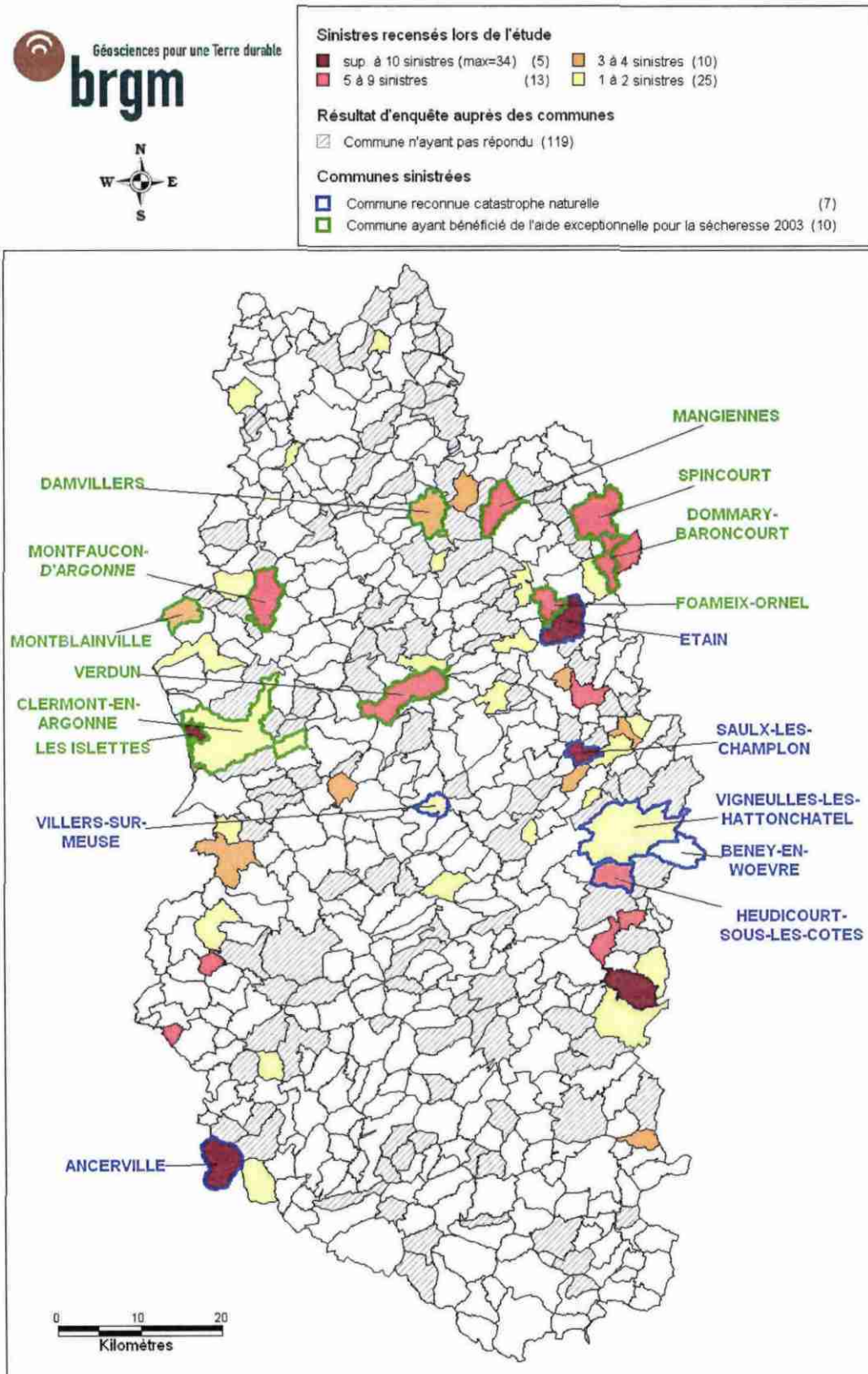


Illustration 46 – Communes concernées par des reconnaissances de l'état de catastrophe naturelle sécheresse ou par la procédure exceptionnelle 2003 et nombre de sinistres par commune

Cette carte illustre le caractère diffus du phénomène dans le département. Les communes concernées se situent principalement les limites ouest et est du département. Un tiers du centre-sud du département n'est pas concerné. 5 communes se démarquent par le nombre de sinistres recensés et localisés :

Etain :	34
Ancerville :	18
Broussey-Raulecourt :	18
Les Islettes :	10
Saulx-les-Champlon :	10

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

Seule, la commune d'Ancerville a fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle en 1996-1997, avant la sécheresse de 2003. Cette commune n'a pas été reconnue en état de catastrophe naturelle pour la sécheresse de 2003. Quant aux 6 autres communes reconnues en état de catastrophe naturelle, elles ne sont concernées par le phénomène qu'à compter de la sécheresse de 2003 et ont donc bénéficié d'un seul arrêté.

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).

Ainsi, la période « sèche » majeure dans le département correspond à l'année 2003, pour laquelle 6 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse, toutes pour la première fois (Annexe 2), auxquelles nous pouvons ajouter les 18 communes ayant bénéficié de l'aide exceptionnelle.

7.3. RECENSEMENT DES SINISTRES

7.3.1. Collecte des données

Le recensement des sinistres a été réalisé à partir de sources d'informations complémentaires, à savoir la consultation des dossiers de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle archivés à la Caisse Centrale de Réassurance (CCR), des dossiers de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle et des dossiers concernant la procédure d'aide exceptionnelle archivés au Service Départemental de Défense et de Protection Civile (Préfecture de Bar-le-Duc), ainsi que d'une enquête auprès des 500 communes du département.

L'enquête effectuée auprès des communes s'est faite par envoi d'un courrier, accompagné d'une lettre circulaire de M. le Préfet de la Meuse, aux 500 maires. Les courriers ont été envoyés par le BRGM le 20 août 2007. De nombreuses relances ont été effectuées par téléphone, télécopie et par voie postale. Le taux de réponse final

atteint 76,20 %, avec 53 communes signalant des sinistres et 328 réponses de communes se déclarant non concernées.

7.3.2. Bilan

Finalement, 239 sinistres ont été recensés et localisés avec précision. 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, ainsi que par la consultation des sites internet www.maporama.fr, www.viamichelin.fr et www.cadastre.gouv.fr.

Il est à noter que 158 des 226 sinistres datés (13 sont non renseignés) se sont produits au cours de l'année 2003, ce qui représente deux-tiers des sinistres recensés, 18 étant postérieurs à 2003.

Le nombre de sinistres par commune est très variable : 39 (soit 74 %) des 53 communes sinistrées comptent seulement 1 à 5 sinistres ; seule la commune d'Etain en totalise plus de 20 (avec 34 sinistres recensés). 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.

D'un point de vue géographique, les communes les plus sinistrées sont majoritairement présentes sur la bordure orientale du département, et secondairement sur sa façade ouest. Ces données confirment 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 (Illustration 48). L'examen des études réalisées après sinistres indique ainsi que 97,5 % des sinistres localisés (233 sur 239) sont répartis sur les formations retenues comme étant sujettes au phénomène de retrait-gonflement car à composante argilo-marneuse, ces dernières occupant 3 181 km², soit 51 % de la surface du département.

6 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), ou bien encore à d'autres causes que le phénomène de retrait-gonflement. Ceci illustre également 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, 7 présentent chacune plus de 10 sinistres. Il faut cependant noter que plusieurs de ces formations affleurent

largement sur le département, ce qui traduit en réalité une (très) faible densité de sinistres de ces formations. Il s'agit des formations suivantes :

- Fz - Alluvions récentes : 15 sinistres
- Fy - Alluvions anciennes : 36 sinistres
- n6a-bG - Argiles du Gault : 11 sinistres
- n5b-6a - Sables verts et Sables blancs : 16 sinistres
- n4a - Argile ostréenne : 12 sinistres
- j4-5W - Argiles de la Woëvre : 92 sinistres (dont 31 à Etain et 17 à Broussey-Raulecourt)
- j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles : 26 sinistres

Parmi les formations argilo-marneuses, 9 ne comptent aucun sinistre recensé à ce jour. Il s'agit des formations E/GP, n5a, j7b, j5c3, j5aMBE, j2c-N, j2a-N, l3b et l3a. Il faut cependant noter que ces formations affleurent peu dans le département.

7.3.3. Cas particulier des communes reconnues en état de catastrophe naturelle

L'illustration 46 démontre que les 7 communes reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle sécheresse sont inégalement concernée par le phénomène. Seule la commune d'Etain a signalé un nombre important de sinistres (34) alors que d'autres communes ne déclarent qu'un seul sinistre, voire aucun sinistre pour la commune de Beney-en-Woëvre qui a pourtant fait l'objet d'une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour ce phénomène. Parfois en effet, il arrive qu'un seul sinistre permette de classer l'ensemble de la commune en état de catastrophe naturelle mais que la mairie n'en garde pas la mémoire.

Les dossiers retrouvés à la CCR comportent quelques différences (Illustration 47) avec les réponses des communes reconnues catastrophe naturelle. Ils reflètent en effet les déclarations préliminaires des sinistrés, mais certains de ces derniers abandonnent leurs démarches en cours ou n'en tiennent pas informée la mairie. Inversement, une fois la commune reconnue en état de catastrophe naturelle, il arrive que de nouveaux propriétaires déclarent un sinistre à leur assurance, sans nécessairement en avertir la mairie qui n'est alors plus concernée par la procédure.

Commune	Information CCR	Réponse mairie
Ancerville	18 maisons localisées (Antea A08778)	18 maisons localisées
Beney-en-Woëvre	dommage sur bâtiment(s) public(s)	sans sinistre
Etain	33 maisons non localisées	34 maisons localisées
Heudicourt-sous-les-Côtes	dossier vide	7 maisons localisées
Saulx-les-Champlon	dossier vide	10 maisons localisées
Vigneulles-les-Hattonchatel	1 maison localisée (Fondasol M03052)	1 maison localisée
Villers-sur-Meuse	1 maison non localisée	1 maison localisée

Illustration 47 – Comparaison des données de sinistres

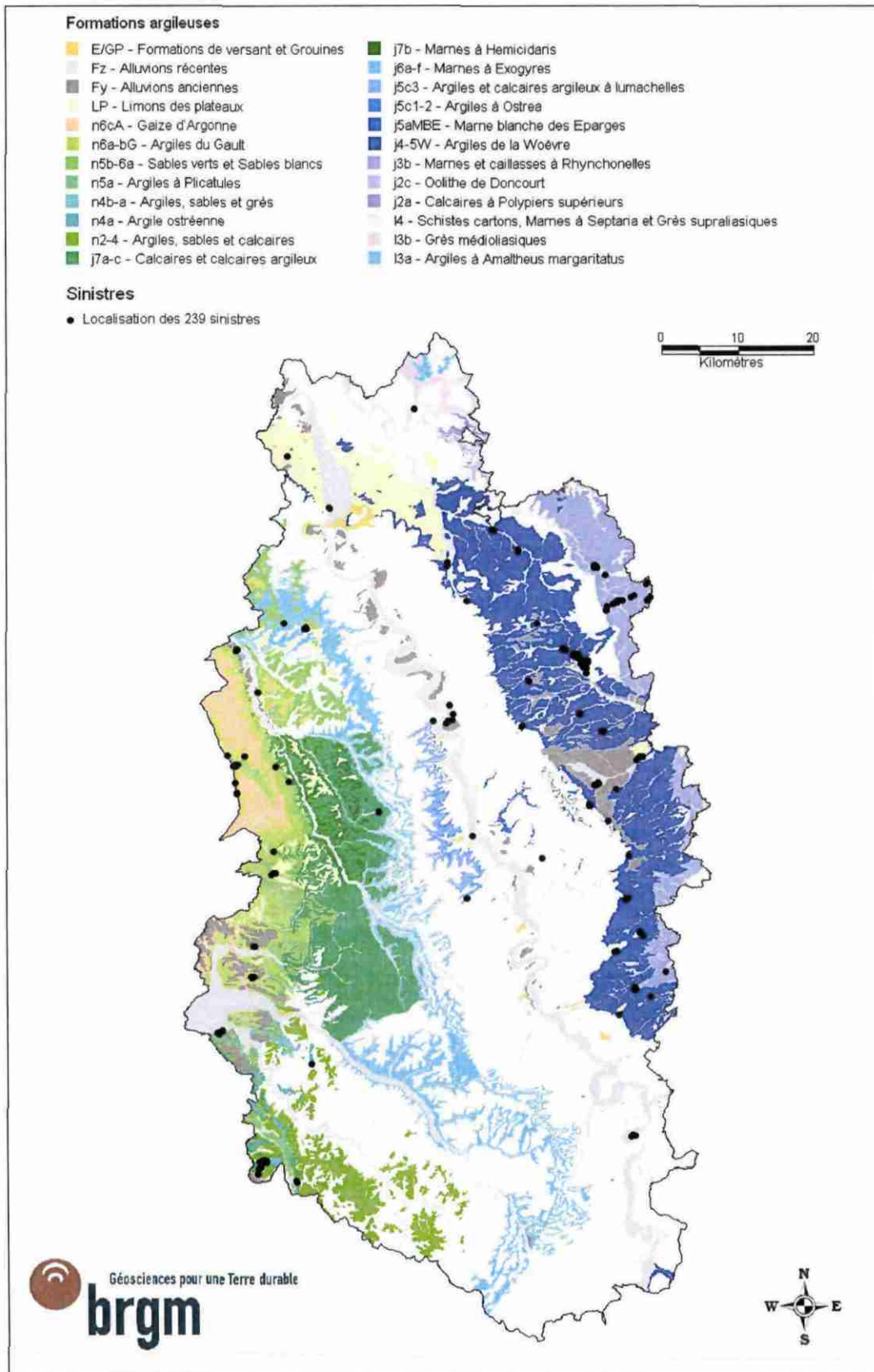


Illustration 48 – Répartition géologique des sinistres recensés et localisés

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 bâtie sera nécessairement moins touchée qu'une formation aussi susceptible mais très urbanisée.

Ainsi, les densités de sinistres par formation géologique ont été rapportées 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 49). Ils ont ensuite été numérisés et superposés à la carte synthétique des formations argileuses et marneuses. Ceci a permis de calculer, pour chacune des 24 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 201,55 km², soit environ 3 % de sa 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 à 123,36 km², soit environ 2 % 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 50.

Il convient cependant d'être prudent dans l'interprétation de ces données de sinistralité car les échantillons manipulés sont numériquement très restreints et la répartition géologique des sinistres recensés ne peut pas être considérée comme totalement représentative sur un plan statistique (et ceci par comparaison avec des départements très sinistrés traités jusqu'à présent et dans lesquels le nombre de sinistres localisés atteint plusieurs milliers).

C'est en particulier le cas de 4 formations suivantes : les *Argiles à Plicatules* (n5a), les *Marnes à Hemicidaris* (j7b), l'*Oolithe de Doncourt* (j2c-N) et les *Calcaires à Polypiers supérieurs* (j2a-N) dont la surface d'affleurement urbanisé est si réduite (respectivement 0,25 km², 0,28 km², 0,37 km² et 0,07 km²) que la présence d'un seul sinistre aboutit à une densité de sinistre élevée qui ne peut être considérée comme réellement significative. En outre les *Argiles à Amaltheus margaritatus* (l3a) ont la particularité de ne pas être urbanisée, (et par conséquent de ne pas présenter de sinistre) ce qui ne permet pas de calculer une densité de sinistre.

Par ailleurs, la formation des *Schistes cartons*, *Marnes à Septaria* et *Grès supraliasiques* (I4) présente ici une sinistralité très faible (un seul sinistre recensé pour 14,61 km²) alors que ses prolongements régionaux à l'Est (Meurthe-et-Moselle), et également au Sud (Côte d'Or) présentent une sinistralité bien supérieure.

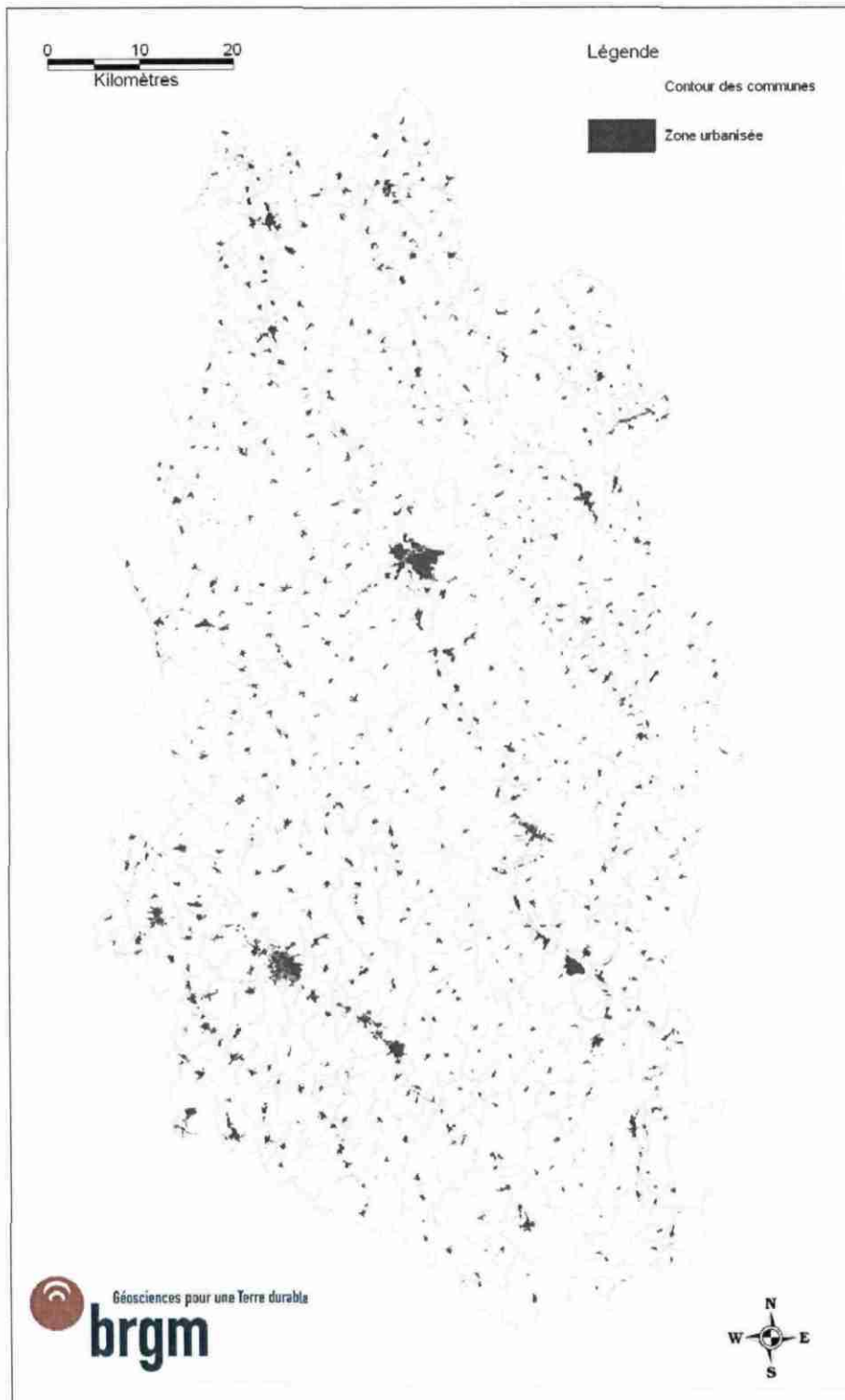


Illustration 49 – Carte des zones urbanisées sur le département de la Meuse

Notation et intitulé des formations argileuses	SINISTRES		AFFLEUREMENT		URBANISATION	
	Nb de sinistres	% sinistres	Surface d'affleurement (km ²)	% affleurement	Surfaces urbanisées	% urbanisation
E/GP - Formations de versant et Grouines	0	0,00%	37,24	0,60%	2,21	1,09%
Fz - Alluvions récentes	15	6,28%	533,39	8,54%	44,27	21,96%
Fy - Alluvions anciennes	36	15,06%	193,79	3,10%	11,86	5,89%
LP - Limons des plateaux	5	2,09%	214,02	3,43%	5,31	2,63%
n6cA - Gaize d'Argonne	4	1,67%	104,68	1,68%	0,93	0,46%
n6a-bG - Argiles du Gault	11	4,60%	136,89	2,19%	3,43	1,70%
n5b-6a - Sables verts et Sables blancs	16	6,69%	131,01	2,10%	2,32	1,15%
n5a - Argiles à Plicatules	0	0,00%	5,86	0,09%	0,25	0,12%
n4b-a - Argiles, sables et grès	2	0,84%	12,64	0,20%	0,47	0,23%
n4a - Argile ostréenne	12	5,02%	15,19	0,24%	1,20	0,59%
n2-4 - Argiles, sables et calcaires	6	2,51%	148,96	2,39%	3,95	1,96%
i7a-c - Calcaires et calcaires argileux	1	0,42%	344,43	5,52%	9,23	4,58%
i7b - Marnes à Hemicidaris	0	0,00%	27,18	0,44%	0,28	0,14%
i6a-f - Marnes à Exogyres	4	1,67%	352,16	5,64%	15,30	7,59%
j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles	0	0,00%	35,00	0,56%	0,54	0,27%
j5c1-2 - Argiles à Ostrea	2	0,84%	10,85	0,17%	0,23	0,11%
j5aMBE - Marnes blanches des Eparges	0	0,00%	8,04	0,13%	0,62	0,31%
j4-5W - Argiles de la Woëvre	92	38,49%	637,02	10,20%	13,15	6,52%
j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles	26	10,88%	187,60	3,00%	5,18	2,57%
i2c-N - Oolithe de Doncourt	0	0,00%	5,51	0,09%	0,37	0,19%
i2a-N - Calcaires à Polyptères supérieurs	0	0,00%	5,28	0,08%	0,07	0,03%
i4 - Schistes cartons, Marnes à Septaria et Grès supraliasiques	1	0,42%	14,61	0,23%	1,19	0,59%
i3b - Grès médioliasiques	0	0,00%	13,50	0,22%	1,00	0,49%
i3a - Argiles à Amaltheus margaritatus	0	0,00%	6,47	0,10%	0,00	0,00%
Total des formations argileuses	233	97,49%	3 181,29	50,96%	123,36	61,21%
Formations a priori non argileuses	6	2,51%	3 061,71	49,04%	78,19	38,79%
TOTAL	239	100,00%	6 243,00	100,00%	201,55	100,00%

Illustration 50 – Taux d'urbanisation et nombre de sinistres par formation

7.4.2. Détermination du critère densité de sinistres

Comme précisé précédemment, les densités de sinistres par formation géologique ont été calculées en prenant en compte la surface urbanisée de la formation. La prise en compte du taux d'urbanisation modifie en effet sensiblement la hiérarchisation des formations géologiques en termes de densité de sinistres, dans la mesure où le taux d'urbanisation varie d'une formation à l'autre.

La densité ainsi calculée est en moyenne pour les formations retenues comme argileuses de 246 sinistres pour 100 km² d'affleurement réellement urbanisé (ce qui est sensiblement inférieure à la moyenne obtenue dans la quarantaine de départements traités jusqu'à présent qui s'élève à environ 1 100 sinistres pour 100 km² d'affleurements argileux urbanisés, sachant que les départements couverts en priorité sont précisément ceux qui sont les plus sinistrés).

Les formations présentant une sinistralité élevée (plus de 250 sinistres pour 100 km² d'affleurement urbanisé) sont :

- Fy - Alluvions anciennes (303)
- n6cA - Gaize d'Argonne (429)
- n6a-bG - Argiles du Gault (321)
- n5b-6a - Sables verts et Sables blancs (690)
- n4b-a - Argiles, sables et grès (425)
- n4a - Argile ostréenne (1002)
- j5c1-2 - Argiles à Ostrea (889)
- j4-5W - Argiles de la Woëvre (700)
- j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles (502)

Afin de hiérarchiser les formations argileuses selon leur degré de sinistralité, c'est ce seuil (250 sinistres pour 100 km²) qui a été retenu comme référence et à partir duquel

ont été définies les coupures suivantes pour l'attribution de notes caractérisant la sinistralité :

- *note 1* : moins de 250 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité inférieure à la moyenne des zones argileuses) ;
- *note 2* ; entre 250 et 500 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à la moyenne des zones argileuses et inférieure à deux fois cette moyenne) ;
- *note 3* : plus de 500 sinistres pour 100 km² de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à deux fois la moyenne).

Cinq formations obtiennent ainsi une note de densité de sinistres de 3, les *Sables verts et Sables blancs*, l'*Argile ostréenne*, les *Argiles à Ostrea*, les *Argiles de la Woëvre* et les *Marnes et caillasses à Rhynchonelles*.

Notation et intitulé des formations argileuses	Nb de sinistres	Densité de sinistres (pour 100km ² urbanisés)	Note densité de sinistres
E/GP - Formations de versant et Grouines	0	0	1
Fz - Alluvions récentes	15	34	1
Fy - Alluvions anciennes	36	303	2
LP - Limons des plateaux	5	94	1
n6cA - Gaize d'Argonne	4	429	2
n6a-bG - Argiles du Gault	11	321	2
n5b-6a - Sables verts et Sables blancs	16	690	3
n5a - Argiles à Plicatules	0	0	NS
n4b-a - Argiles, sables et grès	2	425	2
n4a - Argile ostréenne	12	1002	3
n2-4 - Argiles, sables et calcaires	6	152	1
j7a-c - Calcaires et calcaires argileux	1	11	1
j7b - Marnes à Hemicidarid	0	0	NS
j6a-f - Marnes à Exogyres	4	26	1
j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles	0	0	1
j5c1-2 - Argiles à Ostrea	2	889	3
j5aMBE - Marne blanche des Eparges	0	0	1
j4-5W - Argiles de la Woëvre	92	700	3
j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles	26	502	3
j2c-N - Oolithe de Doncourt	0	0	NS
j2a-N - Calcaires à Polypiers supérieurs	0	0	NS
I4 - Schistes cartons, Marnes à Septaria et Grès supraliasiques	1	84	1
I3b - Grès médioliasiques	0	0	1
I3a - Argiles à Amaltheus margaritatus	0	NS	NS
		Moyenne = 246	Seuil = 250

Illustration 51 – Sinistralité (densité de sinistres par formation argileuse)

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 et marneuse, en combinant la susceptibilité et la densité de sinistres.

La susceptibilité des formations argileuses et marneuses identifiées a été caractérisée à partir de la moyenne des notes attribuées pour chacun des critères lithologique, minéralogique et géotechnique, comme indiqué au chapitre 6. L'indice de susceptibilité ainsi obtenu a été décliné en trois classes, qualifiées respectivement par une susceptibilité faible, moyenne et forte, et peut prendre la valeur 1, 2 ou 3.

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 :

$$\text{Indice d'aléa} = 2 \times \text{Note de susceptibilité} + \text{Note de densité de sinistres}$$

La valeur ainsi obtenue est un entier potentiellement compris entre 3 et 9. Les formations sont ensuite hiérarchisées en prenant en compte les coupures suivantes, qui permettent de définir trois niveaux d'aléa (faible, moyen et fort) :

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

Concernant les 5 formations (n5a, j7b, j2c-N, j2a-N et l3a) pour lesquelles la densité de sinistres s'est avérée non significative, le niveau d'aléa est déterminé par la susceptibilité.

Le classement ainsi obtenu est présenté sur le tableau de l'illustration 52.

Une seule formation est considérée en aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement : les *Argiles du Gault*. Cette formation couvre 2,19 % de la superficie départementale (Illustration 53).

Quatre formations sont considérées en aléa moyen, résultant d'une susceptibilité moyenne associée à une densité de sinistres forte : l'*Argile ostréenne*, les *Argiles à Ostrea*, les *Argiles de la Woëvre* et les *Marnes et caillasses à Rhyconelles*. Deux

autres formations sont en aléa moyen, celle des *Argiles à Amaltheus margaritatus* et l'*Oolithe de Doncourt*, résultant d'une susceptibilité moyenne, la densité de sinistres étant non significative. Enfin, la formation des *Schistes cartons*, *Marnes à Septaria* et *Grès supraliasiques* est rattachée à cette catégorie, bien que la densité de sinistres y soit faible en Meuse car les caractéristiques de sinistralité de cette formation sont nettement supérieures dans d'autres départements voisins (Meurthe-et-Moselle et Côte d'Or) traités jusqu'à présent, ce qui fait craindre que cette sinistralité relativement faible ne soit pas significative. Ces formations couvrent au total 14,05 % de la superficie départementale.

Les autres formations, au nombre de 16 et représentant 34,71 % de la superficie départementale, sont considérées comme présentant un aléa faible. Elles résultent d'une susceptibilité faible assortie d'une sinistralité faible à forte, ou d'une susceptibilité moyenne combinée à une sinistralité faible.

Notation et intitulé des formations argileuses	Niveau de susceptibilité	Note densité de sinistres	Indice d'aléa	Aléa
E/GP - Formations de versant et Grouines	1	1	3	Faible
Fz - Alluvions récentes	1	1	3	Faible
Fy - Alluvions anciennes	1	2	4	Faible
LP - Limons des plateaux	1	1	3	Faible
n6cA - Gaize d'Argonne	1	2	4	Faible
n6a-bG - Argiles du Gault	3	2	8	Fort
n5b-6a - Sables verts et Sables blancs	1	3	5	Faible
n5a - Argiles à Plicatules	1	NS		Faible
n4b-a - Argiles, sables et grès	1	2	4	Faible
n4a - Argile ostréenne	2	3	7	Moyen
n2-4 - Argiles, sables et calcaires	1	1	3	Faible
j7a-c - Calcaires et calcaires argileux	1	1	3	Faible
j7b - Marnes à Hemicidaris	1	NS		Faible
j6a-f - Marnes à Exogyres	1	1	3	Faible
j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles	1	1	3	Faible
j5c1-2 - Argiles à Ostrea	2	3	7	Moyen
j5aMBE - Marne blanche des Eparges	1	1	3	Faible
j4-5W - Argiles de la Woëvre	2	3	7	Moyen
j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles	2	3	7	Moyen
j2c-N - Oolithe de Doncourt	2	NS		Moyen
j2a-N - Calcaires à Polypiers supérieurs	1	NS		Faible
I4 - Schistes cartons, Marnes à Septaria et Grès supraliasiques	2	1		Moyen
I3b - Grès médioliasiques	1	1	3	Faible
I3a - Argiles à Amaltheus margaritatus	2	NS		Moyen

Illustration 52 – Niveau d'aléa des formations

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 54 et en carte hors-texte à l'échelle 1/125 000 (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 couleurs (jaune, orange et rouge) correspondant à leur niveau d'aléa retrait-gonflement (respectivement faible, moyen et fort). Les zones blanches de la carte, qui couvrent 49 % de la superficie départementale, correspondent aux formations *a priori* non argileuses, et donc théoriquement dépourvues de tout aléa. 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.

Notation et intitulé des formations argileuses	Surface d'affleurement (km ²)	% affleurement	Aléa
E/GP - Formations de versant et Grouines	37,24	0,60%	Faible
Fz - Alluvions récentes	533,39	8,54%	Faible
Fy - Alluvions anciennes	193,79	3,10%	Faible
LP - Limons des plateaux	214,02	3,43%	Faible
n6cA - Gaize d'Argonne	104,68	1,68%	Faible
n5b-6a - Sables verts et Sables blancs	131,01	2,10%	Faible
n5a - Argiles à Plicatules	5,86	0,09%	Faible
n4b-a - Argiles, sables et grès	12,64	0,20%	Faible
n2-4 - Argiles, sables et calcaires	148,96	2,39%	Faible
j7a-c - Calcaires et calcaires argileux	344,43	5,52%	Faible
j7b - Marnes à Hemicidaris	27,18	0,44%	Faible
j6a-f - Marnes à Exogyres	352,16	5,64%	Faible
j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles	35,00	0,56%	Faible
j5aMBE - Marne blanche des Eparges	8,04	0,13%	Faible
j2a-N - Calcaires à Polypiers supérieurs	5,28	0,08%	Faible
l3b - Grès médioliasiques	13,50	0,22%	Faible
TOTAL des formations en aléa faible	2167,15	34,71%	
n4a - Argile ostréenne	15,19	0,24%	Moyen
j5c1-2 - Argiles à Ostrea	10,85	0,17%	Moyen
j4-5W - Argiles de la Woëvre	637,02	10,20%	Moyen
j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles	187,60	3,00%	Moyen
j2c-N - Oolithe de Doncourt	5,51	0,09%	Moyen
l4 - Schistes cartons, Marnes à Septaria et Grès supraliasiques	14,61	0,23%	Moyen
l3a - Argiles à Amaltheus margaritatus	6,47	0,10%	Moyen
TOTAL des formations en aléa moyen	877,25	14,05%	
n6a-bG - Argiles du Gault	136,89	2,19%	Fort
TOTAL des formations en aléa fort	136,89	2,19%	

Illustration 53 – Classement des formations en fonction de leur niveau d'aléa

Afin d'assurer une harmonisation géologique entre les cartes des départements de la Haute-Marne, la Meurthe-et-Moselle et la Meuse, quelques modifications de tracés ont été nécessaires (cf. §4.4). Ceci a permis de corriger quelques discontinuités apparentes de tracés au niveau de la jonction entre les cartes d'aléa de ces trois départements.

Néanmoins, il existe, pour l'*Argile ostréenne* (n4a), un niveau d'aléa distinct : la formation est en aléa moyen en Meuse et elle est en aléa faible dans la Haute-Marne. Bien qu'initialement de susceptibilité moyenne, cette différence résulte d'une sinistralité distincte : faible en Haute-Marne (un seul sinistre) et forte en Meuse (12 sinistres).

De même, il existe, pour les *Argiles de la Woëvre* (j4-5W), un niveau d'aléa distinct : elles sont en aléa moyen en Meuse et en Haute-Marne où ce niveau d'aléa résulte d'une susceptibilité moyenne et d'une sinistralité forte, alors qu'elles avaient été classées en aléa faible dans la Meurthe-et-Moselle, étudié précédemment (Barchi *et al.*, 2006). Dans tous les cas, la formation a été effectivement identifiée en susceptibilité moyenne, mais en Meurthe-et-Moselle, département dont la sinistralité globale est très supérieure (sur 3 006 sinistres localisés, 112 sont sur cette seule

formation), la sinistralité des *Argiles de la Woèvre* avait été jugée faible, ce qui, avec du recul, paraît sous-évalué.

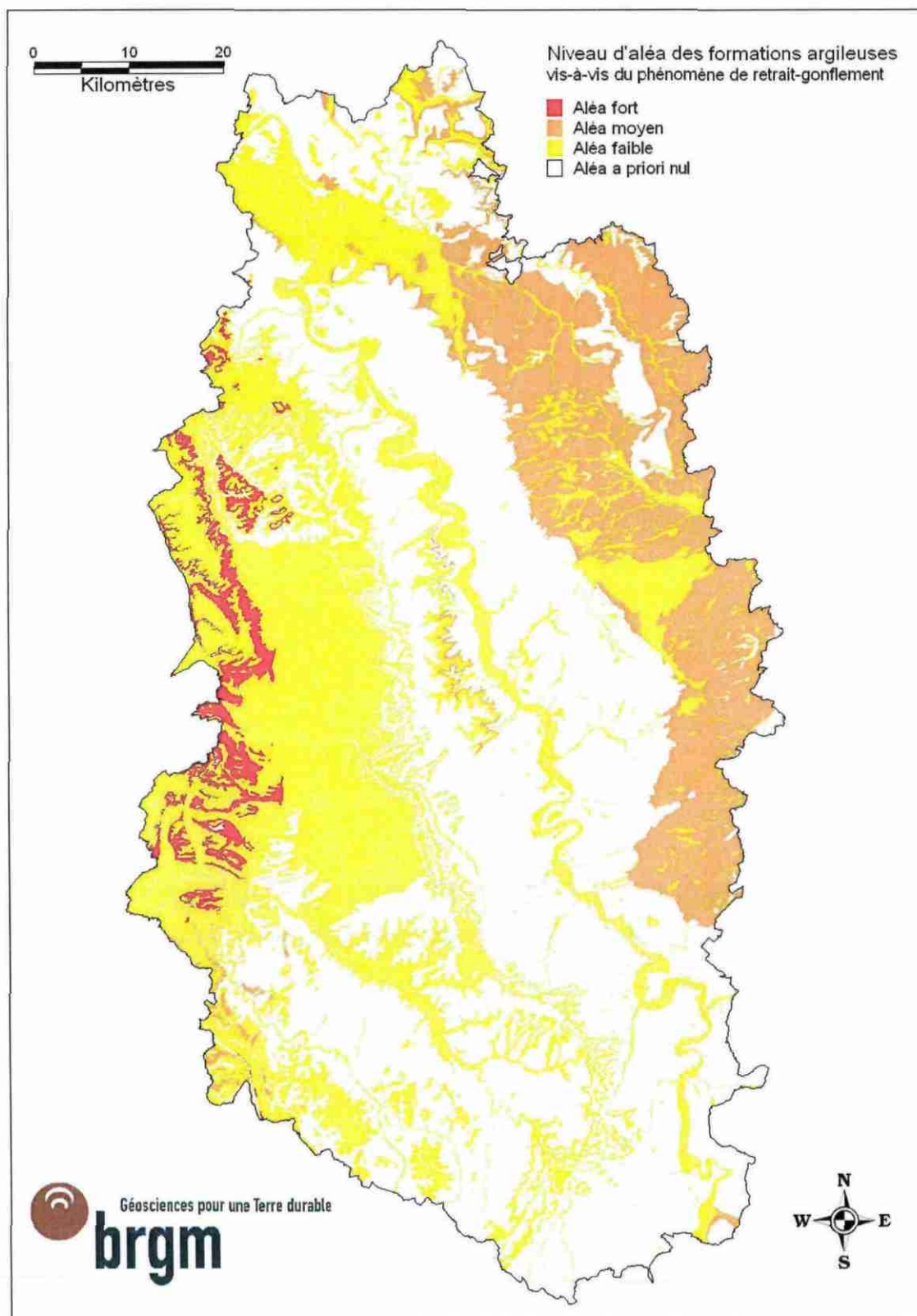


Illustration 54 – Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement de la Meuse

9. 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 Meuse. 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, du Développement et de l'Aménagement Durables 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, ce programme devant couvrir à terme 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 24 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, 239 sinistres répartis dans 53 communes du département ont ainsi été recensés et localisés. Cet échantillon, bien qu'assurément non exhaustif, paraît très largement représentatif du phénomène tel qu'il a été observé à ce jour dans le département.

En appliquant au département de la Meuse la méthodologie mise au point au niveau national, une seule formation ici identifiée comme argileuse a été classée en aléa fort. Ainsi, trois niveaux d'aléa (fort, moyen et faible) ont été distingués afin de caractériser les formations argileuses ou marneuses vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Sur une superficie départementale totale de 6 243 km²,

- 2,19 % est classé en aléa fort ;
- 14,05 % est classé en aléa moyen ;
- 34,71 % est classé en aléa faible ;
- 49 % correspond 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 Meuse, dont l'échelle de validité est le 1/50 000 et qui est présentée sous format papier hors texte à l'échelle 1/125 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le 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 à aléa fort, 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.

10. 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.

ANDRA Dossier 2005

Synthèse Argile : Evaluation de la faisabilité du stockage géologique en formation argileuse - 241 pages (version définitive)

Tome Architecture et gestion du stockage géologique (503 p.) version définitive

Tome Evolution phénoménologique du stockage géologique (523 p.)

Tome Evaluation de sûreté du stockage géologique (831 p.) version définitive

Barchi P., avec la collaboration de **Magalhães S.**, **Capron A.** (2006) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux sur le département de Meurthe-et-Moselle. Rapport BRGM/RP-54860-FR, 150 p., 21 ill., 4 ann., 3 cartes h.-t.

CEBTP sous l'égide de l'AQC, l'APSA, 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 collaboration 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 tab., 4 ann., 1 pl. h.-t.

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.

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 la Seine-Saint-Denis. BRGM/RP-51198-FR, 125 p., 7 fig., 13 tabl., 2 ann., 5 pl. h.-t.

Donsimoni M. (2007) – Carte géologique harmonisée du département de la Meuse. BRGM/RP-55513-FR, 106 p., 7 fig., 3 tab., 4 pl. h.-t.

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

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 Côte d'Or. Rapport BRGM/RP-55427-FR, 133 p., 45 ill., 4 ann., 3 cartes h.-t.

Le Roy S., Odent B.E., Vincent M. (2007) – Actualisation de la carte de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Yonne. Rapport BRGM/RP-55546-FR, 37 p., 17 ill., 2 ann., 3 cartes h.-t., 1 CD-Rom.

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

Mégnyen C. (1980) – Synthèse géologique du Bassin de Paris. Mémoire BRGM n°101, n°102, n°103

Mossmann J-R., Fourniguet G., Baubron J-C. (2001) – Cartographie d'orientation des zones contraignantes pour la réception d'un centre de stockage de classe II dans le département des Vosges. Volume 1 : Géologie et hydrogéologie. Rapport BRGM/RP- 51354-FR, 48 p., 9 fig., 2 tabl., 2 ann. dont 1 h.-t.

Odent B.E., avec la collaboration de **Baillet L.** (2006) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Yonne. Rapport final – Rapport BRGM/RP-54100-FR. 173 p., 41 ill., 5 ann., 3 pl. h.-t.

Pellenard P., Deconinck J.-F., Marchand D., Thierry J., Fortwengler D., Vigneron G. (1999)- Contrôle géodynamique de la sédimentation argileuse du Callovo-Oxfordien moyen dans l'Est du bassin de Paris : influence eustatique et volcanique. *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. Ila* 328, pp. 807–813.

Pellenard P., Deconinck J.-F. (2006)- Mineralogical variability of Callovo-Oxfordian clays from the Paris Basin and the Subalpine Basin. *C. R. Geoscience* 338, pp. 854–866

Prian J.-P., Donsimoni M., Vincent M. avec la collab. 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. BRGM/RP-50376-FR, septembre 2000, 273 p., 32 fig., 11 tabl., 6 ann., 3 cartes h.-t.

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., 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) – Etude 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., 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 n° R 39967, 89 p., 14 fig., 13 tabl., 6 ann., 2 cartes h.-t.

Zornette N., avec la collaboration de **Anquetin E. et Krzywda L.** (2007) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Haute-Marne. Rapport BRGM/RP-55957-FR, 112 p., 52 ill., 4 ann., 3 cartes h.-t.

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 cristalochimie 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

Allouc J., Harmand D., Fauvel P.J., Le Roux J. (2007) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Revigny-sur-Ornain (190). Orléans : BRGM, 99 p. Carte géologique par J. Allouc, D. Harmand, P.J. Fauvel, J. Le Roux et la collaboration de C. Bourdillon, M. Gury, L. Causero, P. Morfaux, J.P. Ravaux (2007).

Basse de Ménorval E. (1969) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Verdun-sur-Meuse (135) Orléans : BRGM, 31p. Carte géologique par E. Basse de Ménorval (1969).

Blondeau A. Pomerol B. (1988) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Sainte-Ménéhould (160). Orléans : BRGM, 40 p. Carte géologique par A. Blondeau et B. Pomerol (1988).

Demassieux L. (1969) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Vaubécourt (191). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par L. Demassieux et J. Le Roux (1969).

Goguel J., Maubeuge P.L. (1958) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Etain (136). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par J. Goguel (1958).

Goguel J. (1958) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Vouziers (228). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par J., Goguel (1958).

Goguel J., Clermonté J., Maubeuge P.L. (1962) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Mihiel (192). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par J., Goguel (1962).

Goguel J., Nicklès M., Maubeuge P.L. (1964) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Vézelize (267). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par J. Goguel (1963).

Goguel J., Clermonté J., Maubeuge P.L. (1965) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Commercy (228). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par J. Goguel (1964).

Goguel J., Maubeuge P.L. (1964) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Chambley (163). Orléans : BRGM, Carte géologique par J. Goguel (1965).

Laurain M., Ménillet F., Pluchery E. (1998) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Monthois (134). Orléans : BRGM, 41p. Carte géologique par M. Laurain, F. Ménillet, E. Pluchery (1998).

Le Roux J., Bellowini J.P., Pitonon B., Steiner P. (1982) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Briey (137). Orléans : BRGM, 32 p. Carte géologique par J. Le Roux, Fauvel P.J., Vincent P.L. (1982).

Maiaux C., Demassieux L. (1975) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Clermont-en-Argonnes (161). Orléans : BRGM, 16 p. Carte géologique par C. Maiaux (1975) avec la collaboration de L. Demassieux (1975).

Maubeuge P.L. (1969) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Longuyon-Gorcy (112). Orléans : BRGM, 11 p. Carte géologique par P.L. Maubeuge (1969).

Maubeuge P.L. (1969) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Vigneulles-Lès-Hattonchâtel (162). Orléans : BRGM, Carte géologique par P.L. Maubeuge (1969).

Maubeuge P.L. (1970) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Gondrecourt-Le Château (266). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par P.L. Maubeuge (1970).

Maubeuge P.L. (1974) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Neufchâteau (n° 264), Orléans : BRGM, Carte géologique par P.L. Maubeuge (1974).

Maubeuge P.L. (1976) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Stenay (111). Orléans : BRGM, 20 p. Carte géologique par P.L. Maubeuge (1976).

Maubeuge P.L. (1982) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Francheval-Montmédy (88). Orléans : BRGM, 31 p. Carte géologique par P.L. Maubeuge (1982).

Stchepinsky V. (1959) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Dizier (226). Orléans : BRGM, par V. Stechepinsky (1959).

Stchepinsky V. (1962) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Bar-le-Duc (227) Orléans : BRGM, par V. Stechepinsky (1962).

Stchepinsky V. (1962) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Joinville (265). Orléans : BRGM, par V. Stechepinsky (1962).

Vincent P.L., Le Roux J., Flageollet J.C., Timbal J., Ch. Guillaume, J. Delaunay, J. Ricour, Vogt J. (1984) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Toul (229). Orléans : BRGM, 57 p. Carte géologique coordination générale par P.L. Vincent (1984).

Vincent P.L., Allemmoz M., Clermonté J., Le Roux J., Guillaume Ch., Vogt J. (1987) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Pont-à-Mousson (193) Orléans : BRGM, 34 p. Carte géologique par P.L. Vincent, P Renaud, Cl. Boehm, J. Le Roux, P. Steiner (1987).

Sites internet

<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 (MEEDDAT), sur la prévention des risques majeurs, affichant les risques naturels et technologiques ainsi que les reconnaissances de l'état de catastrophe naturelle

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_2) 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

- Nombre d'arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols par commune (données actualisées au 4 avril 2008)
- Dates des périodes de reconnaissance, de l'arrêté, et de parution de l'arrêté au Journal Officiel
- Communes dans lesquelles des sinistrés ont bénéficié d'une aide exceptionnelle pour la sécheresse de 2003
 - Nombre de sinistres recensés par commune
 - Liste des sinistres localisés et formations géologiques identifiées

Nombre d'arrêtés par commune

Ancerville	1
Heudicourt-sous-les-Côtes	1
Saulx-lès-Champlon	1
Beney-en-Woëvre	1
Etain	1
Vigneulles-lès-Hattonchâtel	1
Villers-sur-Meuse	1

Dates par commune (périodes de reconnaissance, arrêté, parution au Journal Officiel)

Communes	Début	Fin	Date arrêté	Date parution au JO
Ancerville	01/01/1996	31/03/1997	17/12/1997	30/12/1997
Heudicourt-sous-les-Côtes	01/07/2003	30/09/2003	25/08/2004	13/12/2005
Saulx-lès-Champlon	01/07/2003	30/09/2003	27/05/2005	13/12/2005
Beney-en-Woëvre	01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	26/08/2004
Etain	01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	31/05/2005
Vigneulles-lès-Hattonchâtel	01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	13/12/2005
Villers-sur-Meuse	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006

10 communes dans lesquelles 15 sinistrés ont bénéficié d'une aide exceptionnelle pour la sécheresse de 2003

Clermont-en-Argonne (1 sinistré)
 Damvillers (1)
 Dommary-Baroncourt (1)
 Foameix-Ornel (1)
 Les Islettes (3)
 Mangiennes (3)
 Montblainville (1)
 Montfaucon-d'Argonne (2)
 Spincourt (1)
 Verdun (1)

Nombre de sinistres recensés par commune

Abaucourt-Hautecourt	2	Lahaymeix	1
Ancerville	18	Laheycourt	2
Andernay	7	Les Islettes	10
Beaufort-en-Argonne	1	Loupmont	6
Belleville-sur-Meuse	1	Mangiennes	5
Boulogny	7	Merles-sur-Loison	3
Boureuilles	1	Montblainville	3
Braquis	3	Montfaucon-d'Argonne	7
Brizeaux	1	Montsec	5
Broussey-Raulecourt	18	Moulotte	1
Chatillon-sous-les-Cotes	2	Osches	3
Clermont-en-Argonne	2	Rambucourt	1
Combles-en-Barrois	1	Saint-Germain-sur-Meuse	4
Cousances-les-Forges	2	Saint-Hilaire-en-Woevre	1
Damvillers	3	Sasseysur-Meuse	2
Dommary-Baroncourt	9	Saulx-les-Champlon	10
Epinonville	1	Seuil-d'Argonne	3
Etain	34	Seuzey	1
Eton	2	Spincourt	8
Foameix-Ornel	6	Thillot	1
Futeau	3	Thonne-les-Prés	1
Geville	1	Verdun	5
Gincrey	1	Vigneulles-les-Hattonchatel	1
Harville	4	Ville-devant-Chaumont	1
Hennemont	7	Villers-aux-Vents	5
Herbeville	4	Villers-sur-Meuse	1
Heudicourt-sous-les-Cotes	7		

Liste des 239 sinistres recensés et localisés

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
ABAUCOURT-HAUTCOURT	833 570,16	2 471 360,92	2003	j4-5W
ABAUCOURT-HAUTCOURT	833 577,49	2 471 338,92	2003	j4-5W
ANCERVILLE	798 218,31	2 407 661,64	1996	n4b-a
ANCERVILLE	798 287,74	2 407 582,13	1996	n4b-a
ANCERVILLE	797 479,24	2 406 427,41	1996	n4a
ANCERVILLE	798 230,91	2 407 570,68	1996	n4a
ANCERVILLE	797 814,00	2 407 329,51	1996	n4a
ANCERVILLE	797 490,58	2 406 562,60	1996	n4a
ANCERVILLE	797 685,11	2 406 720,47	1996	n4a
ANCERVILLE	797 692,79	2 406 721,73	1996	n4a
ANCERVILLE	798 150,03	2 407 606,19	1996	n4a
ANCERVILLE	798 205,59	2 407 597,37	1996	n4a
ANCERVILLE	798 089,42	2 407 642,85	1996	n4a
ANCERVILLE	798 441,83	2 407 520,15	1996	n4a

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Meuse

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
ANCERVILLE	798 035,12	2 407 381,18	1996	n4a
ANCERVILLE	797 712,95	2 407 045,16	1996	n2-4
ANCERVILLE	797 850,66	2 407 597,26	1996	n2-4
ANCERVILLE	797 641,00	2 407 463,44	1996	n2-4
ANCERVILLE	798 440,69	2 407 387,60	1996	n2-4
ANCERVILLE	797 366,84	2 405 773,00	1996	NON ARGILEUX
ANDERNAY	792 844,07	2 424 938,42	juin-89	n5b-6a
ANDERNAY	792 369,76	2 424 397,43	1990	Fy
ANDERNAY	792 445,26	2 424 637,68	2003	Fy
ANDERNAY	792 320,61	2 424 472,93	2005	Fy
ANDERNAY	792 811,30	2 424 880,56	2005	Fy
ANDERNAY	792 552,15	2 424 659,10	15/09/2007	Fy
ANDERNAY	792 159,64	2 424 564,70		Fy
BEAUFORT-EN-ARGONNE	801 402,48	2 501 157,97		LP
BELLEVILLE-SUR-MEUSE	822 991,35	2 468 050,84	2003	Fz
BOULIGNY	847 278,62	2 482 695,76		j3b
BOULIGNY	846 823,55	2 482 392,39		j3b
BOULIGNY	849 285,72	2 482 197,85		j3b
BOULIGNY	848 987,39	2 484 250,45		j3b
BOULIGNY	849 217,44	2 484 407,06		j3b
BOULIGNY	849 515,77	2 482 485,99		j3b
BOULIGNY	849 048,11	2 482 035,97		j3b
BOUREUILLES	797 557,94	2 469 892,05	1993	LP
BRAQUIS	840 257,57	2 467 035,19	2005	j4-5W
BRAQUIS	840 140,71	2 466 837,91	2005	j4-5W
BRAQUIS	840 215,41	2 467 077,35	2005	Fz
BRIZEAUX	799 491,61	2 448 697,76		n5b-6a
BROUSSEY-RAULECOURT	849 558,51	2 429 418,00	2003	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 369,47	2 430 247,36	+ 10 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 401,55	2 430 225,13	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 458,49	2 430 314,15	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 297,63	2 430 573,87	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 260,51	2 430 512,01	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 245,73	2 430 482,33	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 168,97	2 430 502,15	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 159,12	2 430 593,69	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 371,87	2 430 314,15	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 426,29	2 430 299,37	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 448,63	2 430 353,79	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 458,49	2 430 366,16	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 503,05	2 430 418,06	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 386,08	2 430 568,95	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 363,85	2 430 525,64	+ 30 ans	j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 282,85	2 430 544,20		j4-5W
BROUSSEY-RAULECOURT	847 376,80	2 430 605,95		Fz
CHATILLON-SOUS-LES-COTES	832 643,42	2 465 437,09	2003	j4-5W
CHATILLON-SOUS-LES-COTES	832 577,78	2 465 385,31	2003	j4-5W

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de la Meuse

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
CLERMONT-EN-ARGONNE	799 830,27	2 459 977,04	2003	n6a-bG
CLERMONT-EN-ARGONNE	801 554,63	2 457 907,72	2003	j7a-c
COMBLES-EN-BARROIS	804 546,21	2 420 424,69	2003	n4a
COUSANCES-LES-FORGES	802 541,28	2 404 733,07	2002	n2-4
COUSANCES-LES-FORGES	802 445,28	2 404 910,88	2002	n2-4
DAMVILLERS	822 529,41	2 486 548,55	2003	j4-5W
DAMVILLERS	822 577,41	2 486 589,00	2003	j4-5W
DAMVILLERS	822 630,57	2 487 069,26	2003	j4-5W
DOMMAY-BARONCOURT	845 117,76	2 481 751,16	2003	j3b
DOMMAY-BARONCOURT	845 791,99	2 481 951,42	2003	j3b
DOMMAY-BARONCOURT	844 421,65	2 481 585,03	2003	j3b
DOMMAY-BARONCOURT	844 428,98	2 481 560,63	2003	j3b
DOMMAY-BARONCOURT	844 717,23	2 481 697,42	2003	j3b
DOMMAY-BARONCOURT	845 511,07	2 481 990,60	2003	j3b
DOMMAY-BARONCOURT	845 518,40	2 481 956,35	2003	j3b
DOMMAY-BARONCOURT	844 748,97	2 481 726,75	2003	j3b
DOMMAY-BARONCOURT	845 064,03	2 481 949,01	2003	j3b
EPINONVILLE	800 920,73	2 478 962,58	2003	j6a-f
ETAIN	840 987,60	2 473 050,45	03/09/2003	j4-5W
ETAIN	839 988,46	2 474 364,76	03/09/2003	j4-5W
ETAIN	840 047,80	2 474 880,43	08/09/2003	j4-5W
ETAIN	839 485,51	2 475 044,72	10/09/2003	j4-5W
ETAIN	841 005,24	2 472 448,85	11/09/2003	j4-5W
ETAIN	840 624,19	2 473 507,91	12/09/2003	j4-5W
ETAIN	839 996,13	2 474 682,00	12/09/2003	j4-5W
ETAIN	841 227,73	2 473 798,57	14/09/2003	j4-5W
ETAIN	840 653,98	2 473 223,56	15/09/2003	j4-5W
ETAIN	839 935,41	2 474 910,79	15/09/2003	j4-5W
ETAIN	839 965,66	2 474 920,87	15/09/2003	j4-5W
ETAIN	840 846,00	2 474 060,13	16/09/2003	j4-5W
ETAIN	841 000,20	2 474 038,70	16/09/2003	j4-5W
ETAIN	840 136,37	2 474 560,67	18/09/2003	j4-5W
ETAIN	839 491,81	2 474 881,69	20/09/2003	j4-5W
ETAIN	839 539,81	2 474 889,25	22/09/2003	j4-5W
ETAIN	840 036,46	2 474 920,87	29/09/2003	j4-5W
ETAIN	841 264,40	2 474 012,24	03/10/2003	j4-5W
ETAIN	839 515,75	2 474 703,54	05/10/2003	j4-5W
ETAIN	840 006,10	2 474 936,00	06/10/2003	j4-5W
ETAIN	839 543,59	2 474 973,92	06/10/2003	j4-5W
ETAIN	839 558,83	2 474 948,71	07/10/2003	j4-5W
ETAIN	839 960,73	2 474 647,97	08/10/2003	j4-5W
ETAIN	840 266,51	2 474 395,12	29/10/2003	j4-5W
ETAIN	839 477,95	2 474 952,49	30/10/2003	j4-5W
ETAIN	840 155,27	2 474 535,35	04/11/2003	j4-5W
ETAIN	839 577,73	2 474 971,40	05/11/2003	j4-5W
ETAIN	839 533,51	2 474 876,65	06/11/2003	j4-5W
ETAIN	840 562,90	2 473 947,74	14/11/2003	j4-5W

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Meuse

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
ETAIN	839 527,10	2 474 678,22	08/12/2003	j4-5W
ETAIN	840 026,38	2 474 858,89	01/06/2005	j4-5W
ETAIN	840 325,29	2 473 648,26	15/09/2003	Fz
ETAIN	839 377,36	2 474 726,34	23/09/2003	Fz
ETAIN	839 362,92	2 474 882,95	13/11/2003	Fz
ETON	843 677,30	2 481 186,91	sept-03	j3b
ETON	843 575,45	2 480 695,88	sept-03	j3b
FOAMEIX-ORNEL	838 062,92	2 475 491,30	été 2003	j4-5W
FOAMEIX-ORNEL	838 195,48	2 475 628,90	2003	Fz
FOAMEIX-ORNEL	838 391,04	2 475 554,32	été 2003	Fz
FOAMEIX-ORNEL	838 107,15	2 475 743,58	été 2003	Fz
FOAMEIX-ORNEL	838 466,77	2 475 373,53	été 2003	Fz
FOAMEIX-ORNEL	838 193,30	2 475 749,88	été 2003	Fz
FUTEAU	794 829,18	2 456 453,17	2003	n6a-bG
FUTEAU	794 618,26	2 457 807,36	2003	n6a-bG
FUTEAU	794 817,15	2 456 523,63	2003	n6a-bG
GEVILLE	845 190,51	2 426 954,00	automne 2003	j4-5W
GINCREY	834 537,00	2 479 042,67	2003	j4-5W
HARVILLE	847 613,50	2 460 779,35	août-04	Fy
HARVILLE	847 638,70	2 460 804,56	août-04	Fy
HARVILLE	847 782,83	2 460 941,01	août-04	Fy
HARVILLE	848 086,09	2 461 221,58	août-04	Fy
HENNEMONT	843 336,35	2 464 718,07	2003	Fy
HENNEMONT	843 269,67	2 464 731,36	2003	Fy
HENNEMONT	843 101,71	2 464 615,65	2003	Fy
HENNEMONT	842 899,96	2 464 642,00	2003	Fy
HENNEMONT	843 077,43	2 464 610,38	2003	Fy
HENNEMONT	843 038,36	2 464 603,96	2003	Fy
HENNEMONT	843 023,58	2 464 601,90	2003	Fy
HERBEUVILLE	841 523,66	2 454 852,09	2003	j4-5W
HERBEUVILLE	841 469,59	2 454 790,80	2003	j4-5W
HERBEUVILLE	841 417,80	2 454 760,55	2003	j4-5W
HERBEUVILLE	841 360,52	2 455 020,05	2003	j4-5W
HEUDICOURT-SOUS-LES-COTES	846 503,34	2 442 550,41	2003	j4-5W
HEUDICOURT-SOUS-LES-COTES	846 437,23	2 442 419,35	2003	j4-5W
HEUDICOURT-SOUS-LES-COTES	846 135,35	2 442 312,11	2003	j4-5W
HEUDICOURT-SOUS-LES-COTES	846 181,75	2 442 423,36	2003	j4-5W
HEUDICOURT-SOUS-LES-COTES	846 185,64	2 442 342,59	2003	j4-5W
HEUDICOURT-SOUS-LES-COTES	846 140,62	2 442 316,12	2003	j4-5W
HEUDICOURT-SOUS-LES-COTES	846 284,97	2 442 455,09	2003	j4-5W
LAHAYMEIX	825 208,80	2 442 492,56	2003	j5c1-2
LAHEYCOURT	797 018,22	2 436 113,78	2003	n6a-bG
LAHEYCOURT	796 978,23	2 436 101,64	avant 1990	n6a-bG
LES ISLETTES	795 841,95	2 461 344,86	16/02/2001	n6cA
LES ISLETTES	794 744,51	2 460 105,70	2003	n5b-6a
LES ISLETTES	794 910,98	2 460 320,63	2003	n5b-6a
LES ISLETTES	793 596,20	2 461 528,40	03/03/2000	n5b-6a

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de la Meuse

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
LES ISLETTES	794 615,16	2 460 052,42	10/04/2002	n5b-6a
LES ISLETTES	794 953,48	2 460 238,25	10/04/2002	n5b-6a
LES ISLETTES	794 662,71	2 460 287,86	07/05/2002	n5b-6a
LES ISLETTES	794 457,29	2 460 035,58	17/02/2003	n5b-6a
LES ISLETTES	794 613,10	2 460 222,90	10/07/2003	n5b-6a
LES ISLETTES	794 394,74	2 460 027,79	17/09/2003	n5b-6a
LOUPMONT	844 838,56	2 435 387,77	2003	j4-5W
LOUPMONT	845 011,44	2 435 513,79	2003	j4-5W
LOUPMONT	844 712,53	2 435 337,93	2003	j4-5W
LOUPMONT	844 965,73	2 435 452,84	2004	j4-5W
LOUPMONT	844 851,85	2 435 491,45	2005	j4-5W
LOUPMONT	845 005,37	2 435 511,85	16-nov-04	j4-5W
MANGIENNES	831 955,91	2 488 876,91	2003	j4-5W
MANGIENNES	832 022,47	2 488 758,10	2003	j4-5W
MANGIENNES	832 143,80	2 488 765,20	2003	j4-5W
MANGIENNES	832 150,90	2 488 660,60	2003	j4-5W
MANGIENNES	832 039,20	2 488 460,91	2003	j4-5W
MERLES-SUR-LOISON	828 430,55	2 491 430,85	1991	j4-5W
MERLES-SUR-LOISON	828 481,19	2 491 385,36	2003	j4-5W
MERLES-SUR-LOISON	828 835,09	2 491 377,80	2003	j4-5W
MONTBLAINVILLE	794 858,85	2 475 404,00	2003	Fy
MONTBLAINVILLE	794 914,76	2 475 525,22	2003	Fy
MONTBLAINVILLE	794 921,86	2 475 598,88	2003	Fy
MONTFAUCON-D'ARGONNE	803 925,03	2 478 429,16	été 2003	n6cA
MONTFAUCON-D'ARGONNE	803 961,92	2 478 282,97	été 2003	n6a-bG
MONTFAUCON-D'ARGONNE	803 794,54	2 478 307,14	été 2003	n6a-bG
MONTFAUCON-D'ARGONNE	803 888,14	2 478 275,87	été 2003	n6a-bG
MONTFAUCON-D'ARGONNE	803 869,69	2 478 441,99	été 2003	n6a-bG
MONTFAUCON-D'ARGONNE	803 693,72	2 478 385,16	été 2003	n5b-6a
MONTFAUCON-D'ARGONNE	803 646,97	2 478 238,98	été 2003	n5b-6a
MONTSEC	848 290,70	2 437 889,35	2003	j4-5W
MONTSEC	848 561,66	2 437 482,29	2003	j4-5W
MONTSEC	848 125,15	2 437 941,02	2003	j4-5W
MONTSEC	848 095,71	2 437 928,07	2003	j4-5W
MONTSEC	848 084,71	2 438 080,79	2003	j4-5W
MOULOTTE	848 542,06	2 461 276,00	été 2003	LP
OSCHES	813 495,42	2 453 926,27	2003	j6a-f
OSCHES	813 465,98	2 453 959,38	2003	j6a-f
OSCHES	813 447,53	2 453 913,33	1999	j6a-f
RAMBUCOURT	851 463,54	2 432 750,88		j3b
SAINT-GERMAIN-SUR-MEUSE	846 912,92	2 410 806,86	1975	NON ARGILEUX
SAINT-GERMAIN-SUR-MEUSE	847 385,16	2 410 865,75	1980	NON ARGILEUX
SAINT-GERMAIN-SUR-MEUSE	847 054,41	2 410 847,31	1980	NON ARGILEUX
SAINT-GERMAIN-SUR-MEUSE	847 067,24	2 410 981,46	avant 1970	NON ARGILEUX
SAINT-HILAIRE-EN-WOEVRE	844 877,40	2 456 983,39	2003	Fy
SASSEY-SUR-MEUSE	807 217,13	2 494 215,98	2003	LP
SASSEY-SUR-MEUSE	807 055,13	2 494 300,65	2003	LP

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Meuse

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
SAULX-LES-CHAMPLON	842 338,81	2 457 576,28	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	842 300,20	2 457 563,33	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	842 370,09	2 457 605,72	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	842 465,75	2 457 686,61	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	842 567,03	2 457 747,33	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	842 484,20	2 457 800,71	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	841 983,77	2 457 465,83	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	842 504,47	2 457 649,83	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	842 475,03	2 457 635,05	sept-03	Fy
SAULX-LES-CHAMPLON	842 601,97	2 457 692,11	sept-03	Fy
SEUIL-D'ARGONNE	799 409,47	2 445 800,92	2003	n5b-6a
SEUIL-D'ARGONNE	799 216,31	2 445 569,61	2003	n5b-6a
SEUIL-D'ARGONNE	799 771,84	2 445 822,46	2003	n5b-6a
SEUZEY	835 158,41	2 447 847,78	2003	Fz
SPINCOURT	842 065,57	2 486 733,01	22/09/2003	j3b
SPINCOURT	842 399,76	2 486 413,25	23/09/2003	j3b
SPINCOURT	842 301,35	2 486 665,41	29/09/2003	j3b
SPINCOURT	842 289,09	2 486 583,38	18/11/2003	j3b
SPINCOURT	842 030,74	2 486 456,21	23/03/2004	j3b
SPINCOURT	842 176,35	2 486 706,43	05/04/2004	j3b
SPINCOURT	842 098,45	2 486 501,35	27/04/2004	j3b
SPINCOURT	843 418,84	2 485 427,05	20/02/2004	Fz
THILLOT	843 784,54	2 452 725,61	2003	NON ARGILEUX
THONNE-LES-PRES	818 372,10	2 507 468,57	1960 et 2003	I4
VERDUN	820 770,00	2 466 014,51	2003	j5c1-2
VERDUN	823 440,22	2 466 834,47	2003	Fz
VERDUN	822 547,63	2 465 668,29	2003	Fy
VERDUN	823 304,69	2 466 135,04	2003	Fy
VERDUN	822 759,92	2 465 977,74	2003	Fy
VIGNEULLES-LES-HATTONCHATEL	846 546,19	2 448 114,49	nov-03	j4-5W
VILLE-DEVANT-CHAUMONT	825 100,99	2 481 985,10	été 2003	j4-5W
VILLERS-AUX-VENTS	796 598,67	2 432 029,11	2003	n6cA
VILLERS-AUX-VENTS	796 685,51	2 432 016,28	2003	n6cA
VILLERS-AUX-VENTS	796 686,77	2 431 912,48	2003	n6a-bG
VILLERS-AUX-VENTS	796 770,86	2 432 046,07	2003	Fy
VILLERS-AUX-VENTS	796 941,34	2 432 061,30	2003	Fy
VILLERS-SUR-MEUSE	825 774,42	2 450 830,43	2003	Fz

Annexe 3 – Liste et coordonnées des organismes ayant fourni des données géotechniques et/ou minéralogiques

ANTEA :

1 all Parc de Brabois
54500 VANDOEUVRE LES NANCY

Tél : 03 83 44 81 44
Fax : 03 83 44 45 36

CETE Est :

71, rue de la Grande Haie
BP 8
54510 TOMBLAINE

Tél : 03 83 18 41 41
Fax : 03 83 18 41 00

Fondasol :

102 imp Henri Becquerel
54710 LUDRES

Tél : 03 83 98 34 00
Fax : 03 83 98 33 77

Réseau Ferré de France :

Infrapôle Est européen
Rue de Navut
54530 PAGNY sur MOSELLE

Tél : 03 83 80 26 71

Coordonnées de l'Union Syndicale de Géotechnique

USG

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

Annexe 4 – Résultats d'analyses spécifiques des 30 échantillons prélevés dans le département de la Meuse ou à proximité immédiate

- Localisation

- Analyses minéralogiques par diffraction des Rayons X
CNRS USTL Lille

- Analyses géotechniques (VB)
LAEGO Nancy

Ech	Commune	Formation	GPS WGS84
RG55PR01	Bar-le-Duc	j6a-f - Marnes à Exogyres moyennes	N : 48.7599 E : 5.18697
RG55PR02	Ancerville	n4a - Argile ostréenne	N : 48.6405 E : 5.05437
RG55PR03	Rupt-aux-Nonains	n5a - Argiles à Plicatules	N : 48.6442 E : 5.06976
RG55PR04	Contrisson	n5b-6a - Sables verts (et Sables blancs)	N : 48.8061 E : 4.96853
RG55PR05	Revigny-sur-Ornain	n6a-bG - Argiles du Gault (carrière)	N : 48.8088 E : 4.97566
RG55PR06	Rancourt-sur-Ornain	Fz - Alluvions récentes	N : 48.8219 E : 4.89601
RG55PR07	Broussey-en-Blois	j6f - Marnes à Exogyres supérieures	N : 48.6435 E : 5.54814
RG55PR08	Landrecourt-Lempire	j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles	N : 49.0998 E : 5.34386
RG55PR09	Aubréville	j7b - Marnes à Hemicidaris	N : 49.1429 E : 5.0855
RG55PR10	Val d'Ornain (Mussey)	n3S - Calcaires à spatangues	N : 48.8014 E : 5.06829
RG55PR11	Saint-Laurent-sur-Othain	j3b-c - Marnes à rhynchonelles et Calcaire oolithique	N : 49.3895 E : 5.54829
RG55PR12	Montmédy	l4 - Schistes carton, marnes à Septaria, Grès supraliasiques	N : 49.5258 E : 5.37843
RG55PR13	Thonne-le-Thil	l3b - Grès médioliasiques	N : 49.5774 E : 5.34249
RG55PR14	Thonne-le-Thil	l3a - Argiles à Amaltheus margaritatus	N : 49.5759 E : 5.36495
RG55PR15	Milly-sur-Bradon	E - Eboulis	N : 49.4036 E : 5.22067
RG55PR16	Liny-devant-Dun	j5b - Calcaires "argovo-rauraciens"	N : 49.3536 E : 5.20893
RG55PR17	Montblainville	n6a-bG - Argiles du Gault	N : 49.2466 E : 5.00593
RG55PR18	Ville-sur-Cousances	Rn7a - Limons et sables verts albiens remaniés	N : 49.0788 E : 5.15410
RG55PR19	Julvecourt	j7b - Marnes à Hemicidaris	N : 49.0563 E : 5.20383
RG55PR20	Senoncourt-les-Maujouy	j5c1-2 - Argiles à Ostrea et Calcaires inférieurs à Polypiers indifférenciés	N : 49.0662 E : 5.35895
RG55PR21	Brabant-le-Roi	n6cA - Gaize d'Argonne	N : 48.8529 E : 4.99721
RG55PR22	Neuville-sur-Ornain	GP - Grouines ou grèzes ou graveluches	N : 48.8133 E : 5.06319

Ech	Commune	Formation	GPS WGS84
RG55PR23	Vassincourt	n4b-a - Barrémien inférieur et Barrémien supérieur indifférenciés	N : 48.7982 E : 5.04153
RG55PR24	Fains-Veel	n4b-a - Barrémien inférieur et Barrémien supérieur indifférenciés	N : 48.7709 E : 5.09409
RG55PR25	Behonne	j7c- Calcaires argileux à débris	N : 48.7892 E : 5.17561
RG55PR26	Rembercourt-Sommaise	j7a - Calcaires lithographiques	N : 48.9132 E : 5.18860
RG55PR27	Thillombois	j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles	N : 48.9549 E : 5.40234
RG55PR28	Lahaymeix	j5c1-2 - Argiles à Ostrea et Calcaires inférieurs à Polypiers indifférenciés	N : 48.9465 E : 5.41430
RG55PR29	Vaux-les-Palameix	j5aMBE - Marne blanche des Eparges	N : 49.0191 E : 5.53494
RG55PR30	Ranzieres	j5aMBE - Marne blanche des Eparges	N : 49.0182 E : 5.48727

Intitulés et localisation des échantillons

Nom	Minéraux gonflants (Sm + I-S) en %	Illite en %	Interstratifiés Illite-chlorite non-gonflants en %	Chlorite en %	Kaolinite en %	Minéraux accessoires en %
RG55PR01	19 (4+15)	51		7	23	
RG55PR02	13 (4+9)	24		5	58	Présence de quartz et de feldspaths
RG55PR03	10 (3+7)	37		9	44	Traces de quartz
RG55PR04	15 (7+8)	36		8	41	
RG55PR05	< 15	25		10	50	Traces de gibbsite
RG55PR06	45 (45+0)	19		11	25	
RG55PR07	21 (3+18)	56		2	21	
RG55PR08	41 (25+16)	35		8	16	Quartz
RG55PR09	30 (10+20)	35		5	30	Quartz
RG55PR10	45 (43+2)	20		5	30	Quartz
RG55PR11	49 (49+0)	16		10	25	Quartz, goethite
RG55PR12	33 (20+13)	39		8	20	Goethite, quartz
RG55PR13	27 (17+10)	23		11	39	Quartz, goethite
RG55PR14	15 (10+5)	16	8	16	45	Traces de quartz et goethite
RG55PR15	71 (70+1)	22		traces	7	Quartz et goethite
RG55PR16	34 (22+12)	31	10	12	13	Quartz
RG55PR17	84 (83+1)	9			7	Quartz
RG55PR18	49 (34+15)	20		11	20	Quartz
RG55PR19	31 (6+25)	34		10	25	Quartz
RG55PR20	49 (35+14)	17		11	23	Traces de quartz
RG55PR21	45 (30+15)	20		5	30	Traces de quartz
RG55PR22	35 (27+8)	27		10	28	Traces de quartz
RG55PR23	48 (42+6)	16		12	24	Quartz
RG55PR24	25 (20+5)	25		10	40	Quartz et goethite
RG55PR25	41 (21+20)	25		8	26	Quartz + traces de goethite
RG55PR26	33 (23+10)	30		7	30	Traces de quartz

Nom	Minéraux gonflants (Sm + I-S) en %	Illite en %	Interstratifiés Illite-chlorite non-gonflants en %	Chlorite en %	Kaolinite en %	Minéraux accessoires en %
RG55PR27	30 (15+15)	35		13	22	Quartz
RG55PR28	33 (25+8)	40		10	17	
RG55PR29	88 (88+0)	10		1	1	
RG55PR30	44 (37+7)	30		7	19	Quartz + goethite

Composition minéralogique de la phase argileuse (fraction < 2 µm), précision ± 5 %

Nom	VBS (g/100g de sol sec)
RG55PR01	1,65
RG55PR02	4,22
RG55PR03	5,12
RG55PR04	4,04
RG55PR05	5,09
RG55PR06	6,02
RG55PR07	1,36
RG55PR08	2,17
RG55PR09	0,50
RG55PR10	2,44
RG55PR11	1,61
RG55PR12	3,07
RG55PR13	1,98
RG55PR14	1,97
RG55PR15	3,63
RG55PR16	1,93
RG55PR17	3,81
RG55PR18	1,86
RG55PR19	2,68
RG55PR20	4,24
RG55PR21	3,87
RG55PR22	0,87
RG55PR23	5,09
RG55PR24	3,30
RG55PR25	4,52
RG55PR26	3,13
RG55PR27	1,92
RG55PR28	3,10
RG55PR29	1,41
RG55PR30	3,52

Valeur au bleu de méthylène par essai à la tache

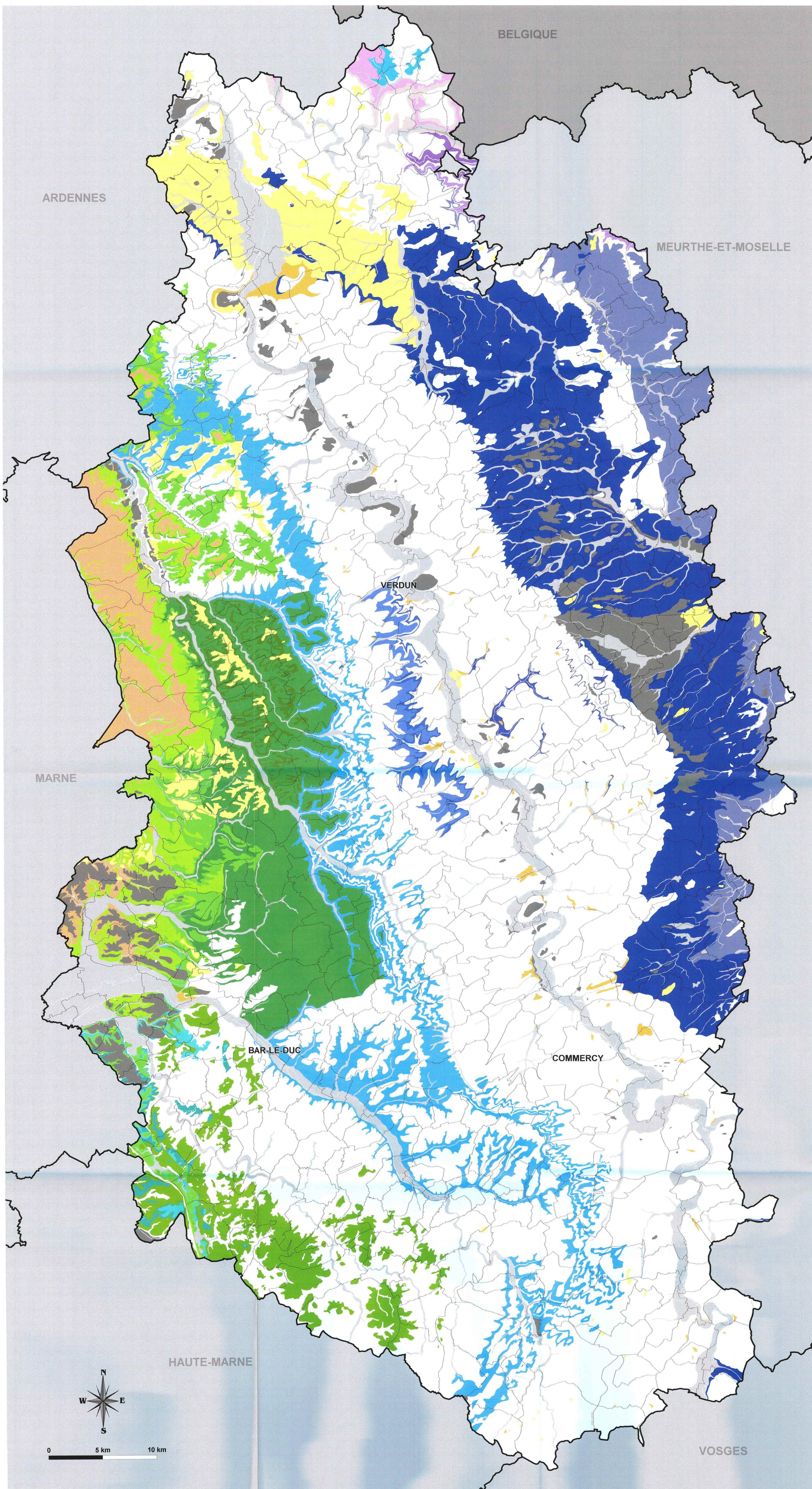


Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Service géologique régional Lorraine
1 avenue du Parc de Brabois
54 500 Vandoeuvre-lès-Nancy
France
Tél. : 03 83 44 81 49



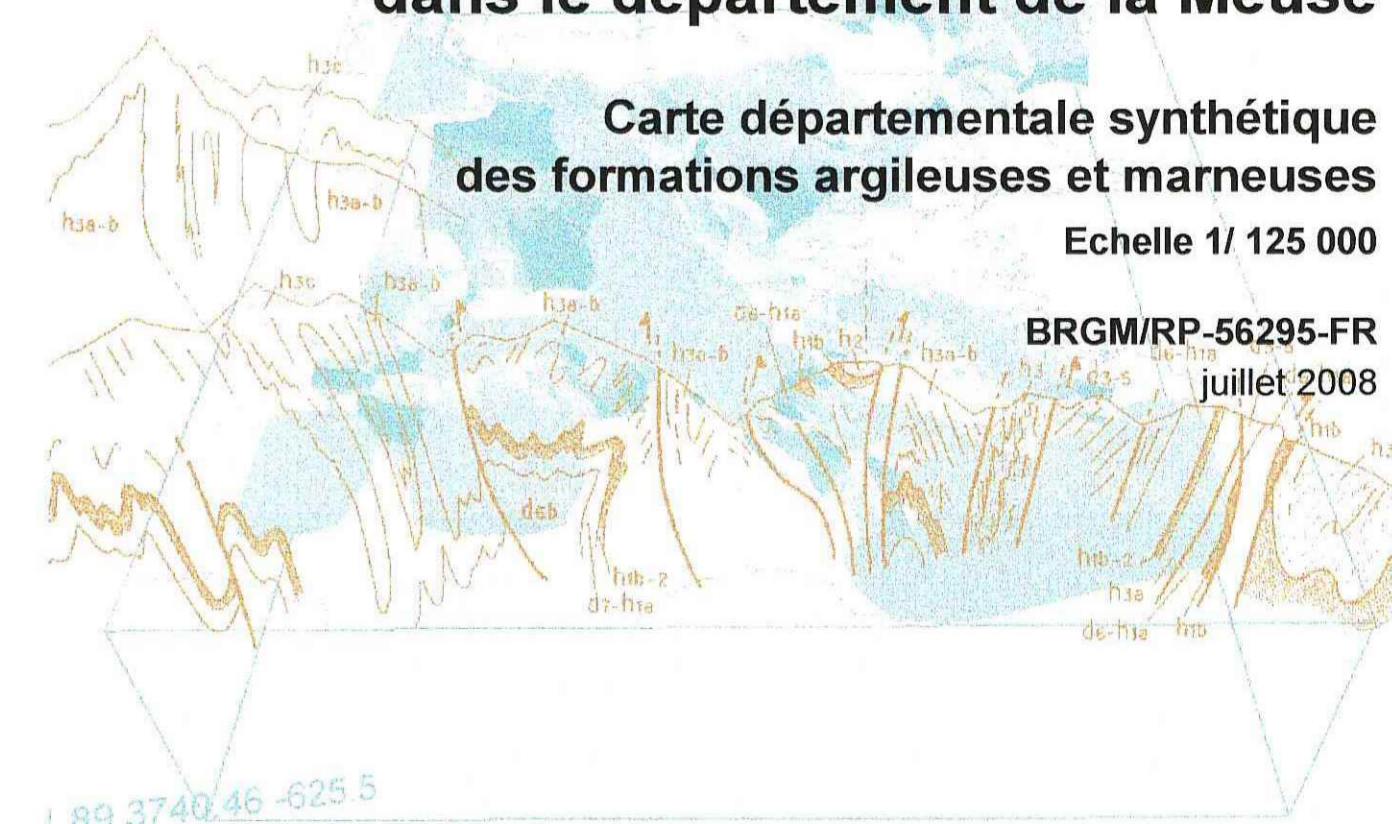
Carte 1
**Cartographie de l'aléa
 retrait-gonflement des sols argileux
 dans le département de la Meuse**

Carte départementale synthétique
 des formations argileuses et marneuses

Echelle 1/125 000

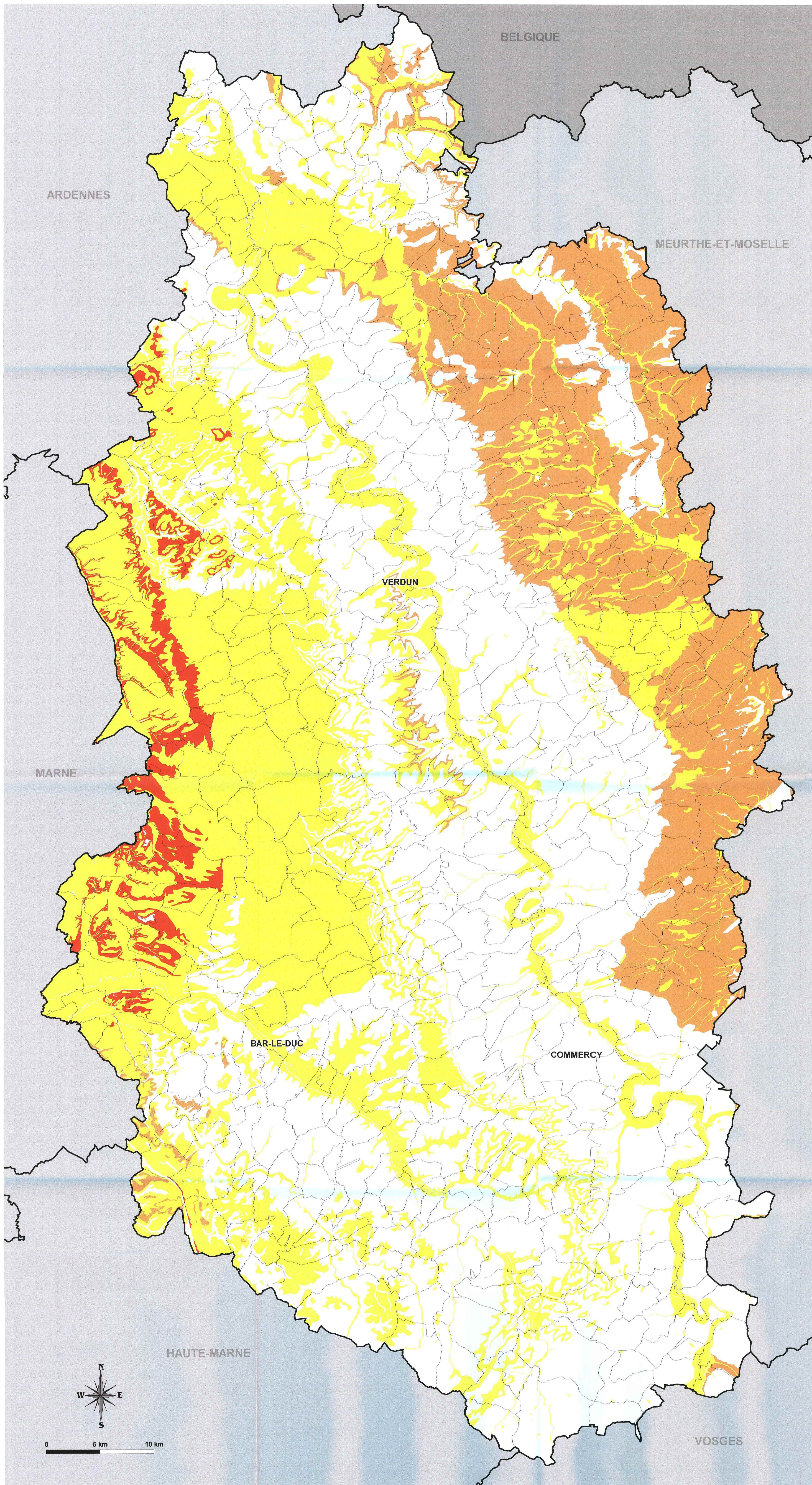
BRGM/RP-56295-FR

juillet 2008



- FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES**
- EGP - Formations de versant et Grouines
 - Fz - Alluvions récentes
 - Fy - Alluvions anciennes
 - LP - Limons des plateaux
 - n6A - Gaize d'Argonne
 - n6a-bG - Argiles du Gault
 - n5b-6a - Sables verts et Sables blancs
 - n5a - Argiles à Plicatules
 - n4b-a - Argiles, sables et grès
 - n4a - Argile ostréenne
 - n2-4 - Argiles, sables et calcaires
 - j7a-c - Calcaires et calcaires argileux
 - j7b - Marnes à Hemicidaris
 - j6a-f - Marnes à Exogyres
 - j5c3 - Argiles et calcaires argileux à lumachelles
 - j5c1-2 - Argiles à Ostrea
 - j5aMBE - Marne blanche des Eparges
 - j4-5W - Argiles de la Woivre
 - j3b - Marnes et caillasses à Rhynchonelles
 - j2c-N - Oolithe de Doncourt
 - j2a-N - Calcaires à Polyptères supérieurs
 - 14 - Schistes carbonés, Marnes à Septaria et Grès supraliasiques
 - 13b - Grès mésoaliasiques
 - 13a - Argiles à Amaltheus margaritatus
- Limite de commune





Carte 2
**Cartographie de l'aléa
 retrait-gonflement des sols argileux
 dans le département de la Meuse**



LÉGENDE

Zone de susceptibilité au retrait-gonflement :

- Susceptibilité forte
- Susceptibilité moyenne
- Susceptibilité faible

Zone a priori non argileuse, non sujette au phénomène de retrait-gonflement sauf en cas de lentille ou de placage argileux local non repéré sur les cartes géologiques actuelles

Limite de commune



Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Meuse

Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux
Echelle 1/125 000

BRGM/RP-56295-FR
juillet 2008



LÉGENDE

Zone d'aléa retrait-gonflement :

- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible

Zone a priori non argileuse, non sujette au phénomène de retrait-gonflement sauf en cas de lentille ou de placage argileux local non repéré sur les cartes géologiques actuelles

Sinistre attribué au retrait-gonflement des argiles

Zone urbanisée

Limite de commune

