

Document public



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

Rapport final

BRGM/RP-56828-FR  
décembre 2008



Document public



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

Rapport final

BRGM/RP-56828-FR  
décembre 2008

Étude réalisée dans le cadre de l'opération  
de service public 06RISD24 du BRGM

J. Warin et N. Zornette

**Vérificateur :**

Nom : Marc Vincent

Date : 12 janvier 2009

Signature :

**Approbateur :**

Nom : M. Aguilhaume

Date : 15 janvier 2009

Signature :

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



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

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

**Warin J. et Zornette N.** (2008) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de la Marne. Rapport BRGM/RP-56828-FR, 116 p., 53 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 plus récemment au cours de l'été 2003.

La Marne fait partie des départements français touchés par le phénomène, puisque 275 sinistres imputés à la sécheresse y ont été recensés et localisés dans le cadre de la présente étude. A la date du 30 novembre 2008, 14 communes sur les 620 que compte le département ont été reconnues en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, uniquement pour la période de l'été 2003 (aucune reconnaissance avant), soit un taux de sinistralité relativement faible de 2,3 %. Par ailleurs, d'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance datant de septembre 2008, la Marne est située en 69<sup>e</sup> position des départements français en termes de coût d'indemnisation pour ce phénomène, avec un montant cumulé de 892 k€, auquel s'ajoutent 895 k€ d'indemnisations versées au titre de la procédure exceptionnelle mise en place par la loi de finance 2006 pour indemniser les désordres les plus graves survenus au cours de l'été 2003 dans des communes non reconnues en état de catastrophe naturelle (soit 40 communes concernées dans le département).

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 Marne, 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 couvrira à terme la totalité du territoire métropolitain. En région Champagne-Ardenne, les départements de la Haute-Marne et de l'Aube ont déjà été traités, celui des Ardennes étant en cours de réalisation.

L'étude a été conduite par le Service Géologique Régional Champagne-Ardenne, en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM. Le financement en a été assuré à hauteur de 75 % par le Fonds national de prévention des risques naturels majeurs, le complément ayant été financé par la dotation de service public du BRGM, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Préfecture de la Marne en date du 4 janvier 2007.

La démarche de l'étude a d'abord consisté à établir une carte géologique départementale harmonisée qui a fait l'objet de l'édition d'un premier rapport en octobre 2007, puis à réaliser une cartographie synthétique des formations à dominante argileuse ou marneuse, affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la synthèse des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000. Les vingt-six 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 (fort, moyen, faible).

- 3,82 % de la superficie départementale est ainsi classée en aléa fort ;
- 10,85 % est considérée en aléa moyen ;
- 42,93 % est caractérisée par un aléa faible ;
- 42,41 % de la surface correspond à des zones *a priori* non concernées par le phénomène.

Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés comme 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 Marne, 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

<b>1. Introduction.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Méthodologie .....</b>	<b>13</b>
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.....	19
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.....	21
2.2.7. Carte d'aléa.....	21
<b>3. Présentation du département de la Marne .....</b>	<b>23</b>
3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE .....	23
3.2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE .....	25
3.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	26
3.3.1. Nappe alluviale.....	26
3.3.2. Aquifères des niveaux tertiaires .....	27
3.3.3. Nappe de la craie .....	27
3.3.4. Nappe de la craie glauconieuse et de la gaize.....	28
3.4. CONTEXTE CLIMATIQUE .....	28
<b>4. Identification et cartographie des formations géologiques à dominante argilo-marneuse.....</b>	<b>31</b>
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 .....	34

4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES AU SENS LARGE.....	35
4.3.1. Quaternaire.....	36
4.3.2. Paléogène (Tertiaire).....	42
4.3.3. Crétacé.....	50
4.4. REMARQUES SUR LES FORMATIONS NON ARGILEUSES.....	55
<b>5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations retenues.....</b>	<b>57</b>
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.....	62
5.4.1. Définition du critère géotechnique et barème.....	62
5.4.2. Teneur en eau (Wn).....	63
5.4.3. Indice de plasticité (Ip).....	64
5.4.4. Essais au bleu de méthylène (Vb).....	64
5.4.5. Retrait linéaire (RI).....	65
5.4.6. Caractérisation géotechnique.....	65
<b>6. Élaboration de la carte de susceptibilité.....</b>	<b>69</b>
6.1. DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE SUSCEPTIBILITÉ.....	69
6.2. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ.....	70
6.3. SYNTHÈSE.....	70
<b>7. Analyse de la sinistralité.....</b>	<b>73</b>
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. COLLECTE DES DONNÉES DE SINISTRES .....	77
7.4. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE A LA SURFACE URBANISÉE .....	80
7.4.1. Détermination de la densité d'urbanisation .....	80
7.4.2. Détermination du critère densité de sinistres .....	82
<b>8. Carte d'aléa .....</b>	<b>85</b>
8.1. DÉTERMINATION DU NIVEAU D'ALÉA.....	85
8.2. CARTE D'ALÉA .....	88
<b>9. Conclusion .....</b>	<b>91</b>
<b>10. Bibliographie.....</b>	<b>93</b>

## Liste des illustrations

ILLUSTRATION 1 - SCHEMATISATION DE LA DESSICCATION DES SOLS ARGILEUX EN PERIODE SECHE .....	13
ILLUSTRATION 2 - CARTE DE PRESENTATION DU DEPARTEMENT DE LA MARNE .....	23
ILLUSTRATION 3 - CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DU DEPARTEMENT DE LA MARNE POUR LA STATION METEOROLOGIQUE DE REIMS (SOURCE : WEATHERBASE).....	29
ILLUSTRATION 4 - ASSEMBLAGE DES CARTES GEOLOGIQUES 1/50 000 DE LA MARNE....	32
ILLUSTRATION 5 - LISTE DES CARTES GEOLOGIQUES 1/50 000 COUVRANT LA MARNE ...	32
ILLUSTRATION 6 - EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/1 000 000....	35
ILLUSTRATION 7 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « FV – FORMATIONS DE VERSANTS » .....	36
ILLUSTRATION 8 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « CC – COLLUVIONS SUR SUBSTRATUM CRAYEUX » .....	37
ILLUSTRATION 9 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « C – COLLUVIONS ISSUES DES FORMATIONS ARGILEUSES (CRETACE ET TERTIAIRE) » .....	38
ILLUSTRATION 10 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « A – FORMATIONS RESIDUELLES ARGILEUSES ».....	39
ILLUSTRATION 11 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « LP – LIMONS DES PLATEAUX ».....	39
ILLUSTRATION 12 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « T – DEPOTS TOURBEUX » ....	40
ILLUSTRATION 13 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « FZ – ALLUVIONS ACTUELLES ET RECENTES » .....	41
ILLUSTRATION 14 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « FY – ALLUVIONS FLUVIATILES ANCIENNES » .....	41
ILLUSTRATION 15 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « AMB – ARGILES A MEULIERES DE BRIE » .....	42
ILLUSTRATION 16 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « G1A – ARGILES ET MARNES VERTES ».....	43

ILLUSTRATION 17 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « E7B – MARNES SUPRAGYPSEUSES » .....	44
ILLUSTRATION 18 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « E7A – CALCAIRE DE CHAMPIGNY ET MARNES A PHOLADOMYES » .....	44
ILLUSTRATION 19 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « E6-7 – CALCAIRES ET MARNES DU BARTONIEN AU PRIABONIEN » .....	45
ILLUSTRATION 20 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « E6A-B – MARNES ET CALCAIRES DE SAINT-OUEN » .....	46
ILLUSTRATION 21 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E5B-7 – CALCAIRES, MARNES ET CAILLASSES » .....	46
ILLUSTRATION 22 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « E4B – SABLES, GRES ET CONGLOMERATS» .....	47
ILLUSTRATION 23 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « E4 – CALCAIRES, SABLES ET ARGILES PLASTIQUES » .....	48
ILLUSTRATION 24 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « E3CGM – GRES ET MARNES DU THANETIEN » .....	49
ILLUSTRATION 25 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « E3 – TRAVERTIN DE SEZANNE, SABLES A GALETS ET CALCAIRES » .....	49
ILLUSTRATION 26 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « C1A-B – CRAIE, MARNES ET ARGILES DU CENOMANIEN » .....	50
ILLUSTRATION 27 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « N6CA – GAIZE D'ARGONNE » .....	51
ILLUSTRATION 28 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « N6AGB – ARGILES DU GAULT ET MARNES DE BRIENNE » .....	52
ILLUSTRATION 29 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « N5B-6A – SABLES BLANCS ET SABLES VERTS » .....	53
ILLUSTRATION 30 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « N5A – ARGILES A PLICATULES » .....	53
ILLUSTRATION 31 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « N4B-A – ARGILES, SABLES ET GRES DU BARREMIEN» .....	54
ILLUSTRATION 32 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE « N2-3S – CALCAIRES A SPATANGUES ET SABLES VALANGINIENS» .....	55
ILLUSTRATION 33 - BAREME DU CRITERE LITHOLOGIQUE.....	58
ILLUSTRATION 34 - NOTE LITHOLOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES RETENUES.....	59
ILLUSTRATION 35 - BAREME DU CRITERE MINERALOGIQUE.....	60
ILLUSTRATION 36 - NOTE MINERALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES RETENUES ..	61
ILLUSTRATION 37 - BAREME DU CRITERE GEOTECHNIQUE SUIVANT L'INDICE DE PLASTICITE .....	64
ILLUSTRATION 38 - BAREME DU CRITERE GEOTECHNIQUE SUIVANT LA VALEUR DE BLEU	64
ILLUSTRATION 39 - BAREME DU CRITERE GEOTECHNIQUE SUIVANT LE RETRAIT LINEAIRE	65
ILLUSTRATION 40 - SOURCE DES DONNEES GEOTECHNIQUES EXPLOITEES .....	66
ILLUSTRATION 41 - SYNTHESE DES DONNEES GEOTECHNIQUES (INDICE DE PLASTICITE, VALEURS AU BLEU) .....	67
ILLUSTRATION 42 - BAREME DE DETERMINATION DU DEGRE DE SUSCEPTIBILITE .....	69
ILLUSTRATION 43 - SUSCEPTIBILITE DES FORMATIONS ARGILEUSES RETENUES .....	69
ILLUSTRATION 44 - CARTE DE SUSCEPTIBILITE AU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX .....	72
ILLUSTRATION 45 - ARRETES INTERMINISTERIELS ET OCCURENCES .....	75
ILLUSTRATION 46 - COMMUNES CONCERNEES PAR UN ARRETE DE RECONNAISSANCE DE L'ETAT DE CATASTROPHE NATURELLE SECHERESSE ET NOMBRE DE SINISTRES RECENSES ET LOCALISES.....	76
ILLUSTRATION 47 - REPARTITION GEOLOGIQUE DES SINISTRES RECENSES ET LOCALISES	79
ILLUSTRATION 48 - CARTE DES ZONES URBANISEES SUR LE DEPARTEMENT DE LA MARNE	81
ILLUSTRATION 49 - TAUX D'URBANISATION ET NOMBRE DE SINISTRES PAR FORMATION .	82

ILLUSTRATION 50 - SINISTRALITE (DENSITE DE SINISTRES PAR FORMATION ARGILEUSE)	83
ILLUSTRATION 51 - NIVEAU D'ALEA DES FORMATIONS.....	86
ILLUSTRATION 52 - CLASSEMENT DES FORMATIONS ARGILO-MARNEUSES PAR NIVEAU D'ALEA .....	87
ILLUSTRATION 53 - CARTE DEPARTEMENTALE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DE LA MARNE .....	89

## Liste des annexes

ANNEXE 1 - RAPPELS SUR LE MECANISME DE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES.....	101
ANNEXE 2 - SINISTRES .....	103
ANNEXE 3 - LISTE ET COORDONNEES DES ORGANISMES AYANT FOURNI DES DONNEES GEOTECHNIQUES.....	111
ANNEXE 4 - RESULTATS D'ANALYSES SPECIFIQUES DES ECHANTILLONS PRELEVES DANS DES FORMATIONS JURASSIQUES ET TRIASIQUES .....	113

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

CARTE 1 – .....	CARTE SYNTHETIQUE DES FORMATIONS ARGILO-MARNEUSES
CARTE 2 – .....	CARTE DEPARTEMENTALE DE SUSCEPTIBILITE AU RETRAIT-GONFLEMENT .....DES SOLS ARGILEUX
CARTE 3 – .....	CARTE DEPARTEMENTALE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ..... ARGILEUX



## 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, plus récemment, au cours de l'été 2003.

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

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

La prise en compte, par les compagnies d'assurance, des sinistres liés à la sécheresse a été rendue possible par l'application de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophe naturelle. Depuis l'année 1989 (début d'application de cette procédure aux sinistres résultant de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et la réhydratation des sols), plus de 7 500 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 juste derrière les inondations.

Le département de la Marne a été relativement affecté par ce phénomène, notamment au cours de l'été 2003 puisqu'il se place en 69<sup>e</sup> position pour les coûts cumulés d'indemnisation (données CCR de novembre 2006). Ce département, d'une superficie de 8 199,50 km<sup>2</sup> compte 565 000 habitants. Au total, à la date du 30 septembre 2008, 14 des 620 communes y ont été reconnues (une seule fois chacune à ce jour) en état de catastrophe naturelle sécheresse, pour des périodes allant de juillet à septembre 2003, soit un taux de sinistralité de 2,3% seulement.

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 Champagne-Ardenne en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM. Le financement en a été assuré à hauteur de 75 % par le Fonds national de prévention des risques naturels majeurs, le complément ayant été financé par la dotation de service public du BRGM, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée avec la Préfecture de la Marne en date du 4 janvier 2007 le suivi technique de l'étude étant assuré par la Direction Départementale de l'Équipement (DDE).

Cette étude s'intègre dans un programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux qui couvrira à terme la totalité du territoire métropolitain (Vincent *et al.*, 2008). En région Champagne-Ardenne, les départements de la Haute-Marne et de l'Aube ont déjà été traités, celui des Ardennes étant en cours de réalisation.

## 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.

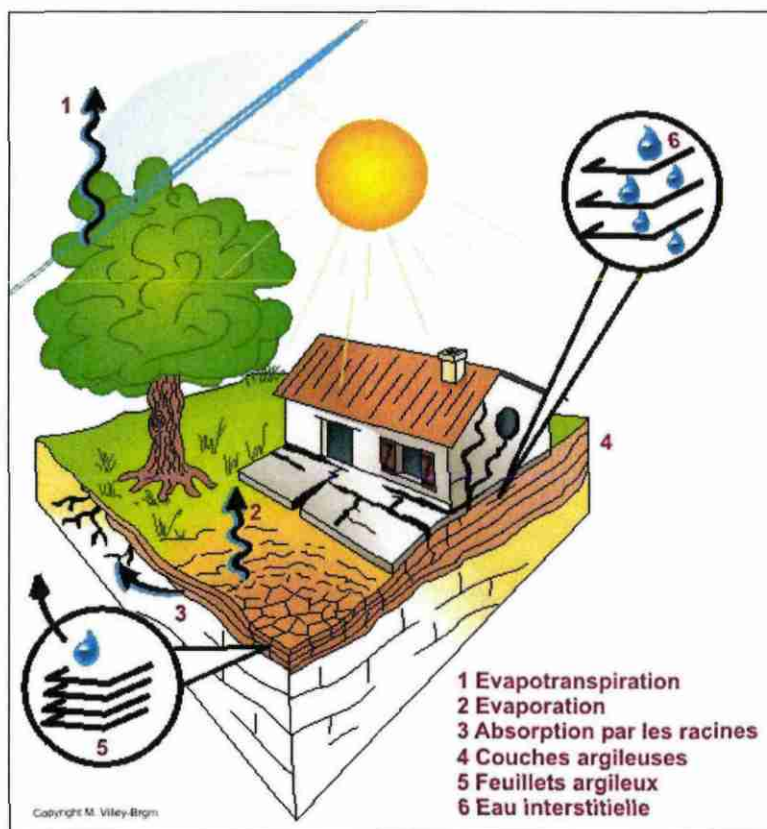


Illustration 1 - Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche

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

#### **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 réalisées dans le département de la Marne confirme que de nombreuses maisons déclarées sinistrées présentent des défauts de conception ou de réalisation des fondations (souvent trop superficielles, hétérogènes ou fondées dans des niveaux différents) et il est probable que des fondations réalisées dans les règles de l'art auraient pu, dans de tels cas, suffire à limiter fortement, voire à éviter l'apparition de ces désordres. Cependant, l'examen des dossiers de sinistres montre que des constructions fondées sur semelles ancrées à plus de 0,80 m d'épaisseur ont aussi été affectées par le phénomène, en particulier lorsque des arbres sont plantés trop près des bâtiments. Par ailleurs, il est à noter que les désordres ne se limitent pas aux maisons récentes, mais concernent aussi des bâtiments anciens qui semblaient avoir été épargnés jusque là.

### **2.1.2. Facteurs de déclenchement**

#### **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 dues à des variations climatiques saisonnières. La profondeur de terrain affectée par les variations saisonnières de teneur en eau ne dépasse guère 1 à 2 m sous nos climats tempérés, mais peut atteindre 3 à 5 m lors d'une sécheresse exceptionnelle, ou dans un environnement défavorable (végétation proche).

Les deux paramètres importants sont les précipitations et l'évapotranspiration. En l'absence de nappe phréatique, ces deux paramètres contrôlent en effet les variations de teneur en eau dans la tranche superficielle des sols. L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation (liée aux conditions de température, de vent et d'ensoleillement) et de la transpiration (eau absorbée par la végétation). Ce paramètre est mesuré dans certaines stations météorologiques mais sa répartition spatiale est difficile à appréhender car sa valeur dépend étroitement des conditions locales de végétation. On raisonne en général sur les hauteurs de pluies efficaces qui correspondent aux précipitations diminuées de l'évapotranspiration.

Malheureusement, il est difficile de relier la répartition, dans le temps, des hauteurs de pluies efficaces avec l'évolution des teneurs en eau dans le sol (Vincent *et al.*, 2007). On observe évidemment qu'après une période de sécheresse prolongée la teneur en eau dans la tranche superficielle de sol a tendance à diminuer, et ceci d'autant plus que cette période se prolonge. On peut établir des bilans hydriques en prenant en compte la quantité d'eau réellement infiltrée, ce qui suppose d'estimer, non seulement l'évapotranspiration, mais aussi le ruissellement. Mais toute la difficulté est de connaître la réserve utile des sols, c'est-à-dire leur capacité d'emmagasiner de l'eau et de la restituer ensuite (par évaporation ou en la transférant à la végétation par son système racinaire). Le volume de cette réserve utile n'est généralement connu que ponctuellement et l'état de son remplissage ne peut être estimé que moyennant certaines hypothèses (on considère généralement qu'elle est pleine en fin d'hiver), ce qui rend extrêmement délicate toute analyse de ce paramètre à une échelle départementale. Un autre paramètre difficile à estimer de façon systématique est le volume d'eau transféré de la zone non saturée à la nappe phréatique, ainsi que le rythme de ce transfert.

### **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 raccordements 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 extérieur mal isolé peut, dans certains cas, aggraver voire déclencher la dessiccation du sol à proximité et entraîner l'apparition de désordres localisés.

## **2.2. MÉTHODOLOGIE**

La méthodologie de cartographie de l'aléa développée par le BRGM a été mise au point à partir d'études similaires menées d'abord dans le département des Alpes de Haute-Provence (Chassagneux *et al.*, 1995 ; Chassagneux *et al.*, 1996) et des Deux-Sèvres (Vincent *et al.*, 1998), puis dans l'Essonne (Prian *et al.*, 2000) et en Seine-Saint-Denis (Donsimoni *et al.*, 2001). Elle a été validée par le ministère en charge de l'environnement (actuel MEEDDAT) et est désormais appliquée dans le cadre d'un programme qui concernera au final l'ensemble des départements du territoire métropolitain. En ce qui concerne la région Champagne-Ardenne, la cartographie du

département de Haute-Marne a été achevée (Zornette, 2007) et a fait l'objet d'une restitution en janvier 2008. Celle de l'Aube vient également d'être finalisée (Warin et Zornette, 2008) et celle des Ardennes fait actuellement l'objet d'une étude similaire qui devrait être achevée d'ici fin 2010, toujours selon la même méthodologie.

### **2.2.1. Cartographie des formations argileuses ou marneuses**

La cartographie des formations argileuses et marneuses du département a été réalisée à partir des cartes géologiques du BRGM et des coupes de forage de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM, complétées et actualisées par quelques données ponctuelles issues des rapports d'expertise de sinistres. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de la donnée brute), numérisée, puis synthétisée et présentée hors texte à l'échelle 1/125 000.

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 d'expertise de sinistres réalisés par différents bureaux d'études (Fondasol Reims, ICSEO, CETE de l'Est...).

Pour des formations géologiques d'extension régionale et pour lesquelles les données locales sont rares, nous avons repris certaines des caractéristiques recueillies lors 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 des 620 communes du département.

Ces données ont été complétées en premier lieu par l'ensemble des dossiers archivés en Préfecture, au Service Interministériel de Défense et de Protection Civile (SIDPC). De plus, les dossiers conservés par la Caisse Centrale de Réassurance et certains bureaux d'études ont pu être consultés et exploités. Après élimination des doublons (sinistres récurrents sur un même site ou données identiques issues de sources différentes), ce sont 275 sites de sinistres qui ont été recensés et localisés avec précision (sur cartes topographiques de l'IGN à l'échelle 1/25 000). Ils sont répartis dans 74 communes et l'échantillon peut donc être considéré comme représentatif de l'occurrence spatiale du phénomène dans le département de la Marne.

### **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 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> 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 Marne

#### 3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

Situé entre l'Île-de-France et la Picardie, à l'ouest, et la Lorraine à l'est, le département de la Marne s'étend sur 8 199,50 km<sup>2</sup> de paysages variés. Il est bordé à l'ouest par la Seine-et-Marne et l'Aisne, au nord par le département des Ardennes, à l'est par celui de la Meuse, et au sud par ceux de la Haute-Marne et de l'Aube (Illustration 2). Le département doit son nom à la rivière Marne qui le traverse de part en part, en coulant du sud-est vers l'ouest.

Les plaines céréalières de la Champagne crayeuse font place à l'est aux terres argileuses de la Champagne humide, pays de bois, de prairies et d'élevages. A l'ouest, la nature très particulière du sol vaut à cette région un vignoble unique : le Champagne.

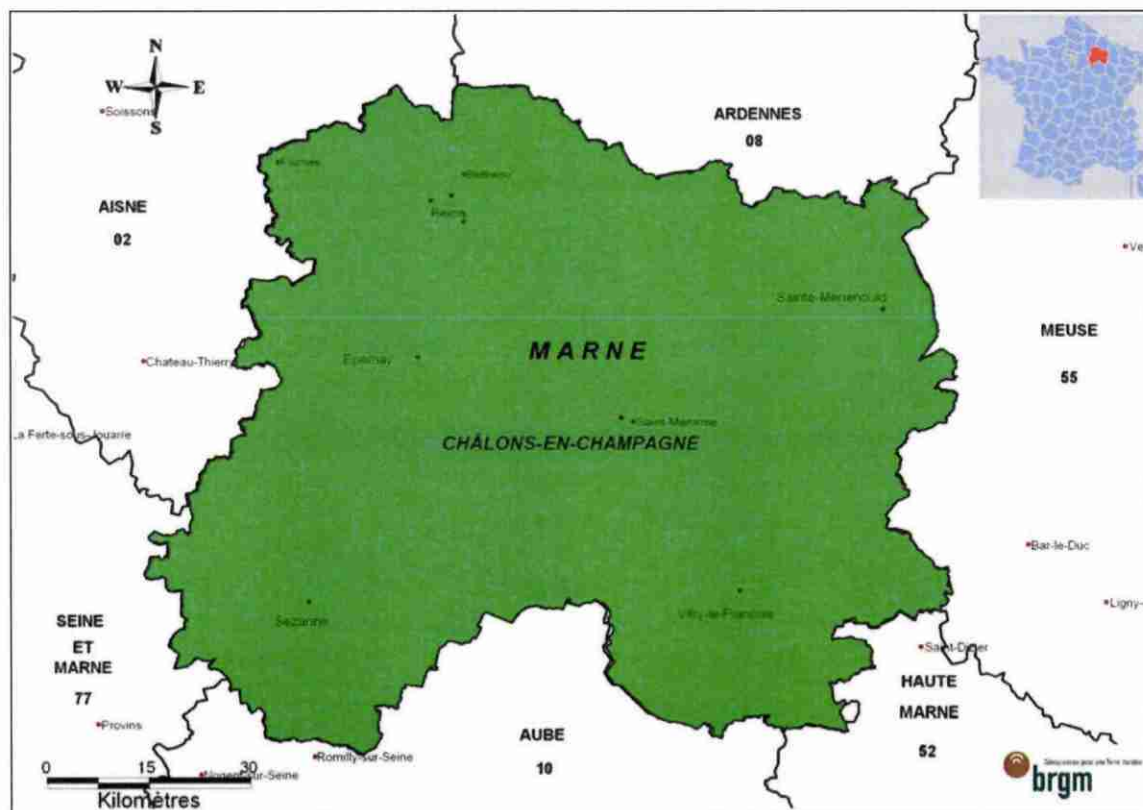


Illustration 2 - Carte de présentation du département de la Marne

La Marne, avec 565 000 habitants est le département le plus peuplé de la région Champagne-Ardenne. Les principales villes sont : Reims, au nord-ouest, principal pôle urbain avec 200 000 habitants, Châlons-en-Champagne, au centre, préfecture de région qui compte 60 000 habitants, et Epernay, au cœur du vignoble, comptant près de 35 000 habitants.

Le département jouit d'une position stratégique de carrefour. Les vastes espaces ruraux, en particulier le cœur crayeux, sont mis en valeur par une agriculture riche et très performante. Les grandes cultures céréalières côtoient le vignoble champenois.

#### La plaine de Champagne :

La région plate qui occupe tout le centre du département de la Marne, et aussi une partie de ceux de l'Aube et des Ardennes, s'appelle la Champagne crayeuse. C'est une vaste plaine crayeuse, peu arrosée par de rares ruisseaux et par des précipitations plutôt faibles qui s'infiltrent dans le sol naturellement peu fertile, enrichi cependant par le travail et des amendements efficaces.

L'altitude y varie de 60 à 160 m. Deux massifs isolés dominent cette plaine de leur hauteur relativement élevée : ce sont le Mont de Berru (267 m) et le Mont-Haut (257 m) que l'on rencontre dans la partie nord du département, à l'ouest de Reims. Le point le plus bas du département, au nord de Cormicy, est à 52 m d'altitude.

#### Les collines de l'Est :

La région accidentée située à l'est du département comprend :

- les collines de Champagne, qui forment la bordure naturelle de la Champagne crayeuse, vers laquelle elles s'inclinent en pentes très douces, tandis qu'elles s'élèvent assez brusquement sur le versant opposé. Ces collines, qui forment la transition entre la plaine de Champagne et la région d'un caractère tout à fait différent située à l'est, ont 209 m d'altitude à l'Arbre-de-Pierre-des-Vignes ; au sud, elles s'abaissent pour laisser passer la Marne, se relèvent ensuite et atteignent 238 m d'altitude à l'ouest de Bussy-le-Repos, 229 m au Mont de la Serre, redescendant à 200 m au plateau de Valmy, à 202 m à l'ouest de Courtémont, à 204 m près de Perthes-lès-Hurlus et de La-Croix, et à moins de 200 m vers la frontière des Ardennes ;

- à l'est de l'Aisne et de l'Ante, l'Argonne, suite de collines et de plateaux boisés qui couvrent une partie du département de la Meuse, et dont l'altitude atteint 263 m à la Côte-des-Cerfs et 235 m à Florent ;

- entre l'Argonne et la Marne, les collines peu élevées qui côtoient la plaine du Perthois, pays fertile et bien arrosé, boisé à l'est. Les collines les plus élevées sont le Mont de Fourche, au nord de Vitry-le-François (208 m), ainsi que les collines de Trois-Fontaines (219 m) et de Sermaize (201 m) ;

- le Bocage, ou Champagne humide, au sud de la Marne, pays où l'on ne trouve que de faibles collines, des bois et de nombreux étangs.

#### Les collines de l'Ouest :

La région accidentée de l'Ouest, sur les pentes orientales de laquelle s'étagent de riches vignobles, est formée des éléments suivants :

- la Montagne de Saint-Thierry, au nord de la Vesle, le point le plus élevé de ce massif, à l'est de Bouvancourt, culminant à 218 m d'altitude ;

- la Montagne de Reims, située entre la Vesle et la Marne, riche en forêts et vignobles. C'est dans la Montagne de Reims que l'on rencontre le point culminant du

département, la Montagne de Verzy, qui atteint 280 m d'altitude. Les collines de la Montagne de Reims, dont l'altitude atteint 274 m au Mont-Joli, 265 au Nord de Fleury-la-Rivière, s'abaissent vers l'ouest dans le pays appelé autrefois Tardenois, où elles ne dépassent pas 240 m ;

- les collines de Vertus, s'étendant entre la Marne et le Petit Morin, couvertes de forêts et d'étangs au nord du Surmelin, et de vignobles sur les pentes orientales. Plus élevées au nord qu'au sud, ces collines atteignent 252 m près d'Igny, 240 m au nord de Vertus, 243 m au nord de Loisy, 234 m à Champaubert et moins de 200 m à la frontière du département, dans la Brie champenoise. On rencontre à l'est, isolés du massif, le Mont Aimé (240 m) ainsi que les collines de Charmont (210 m) et de Toulon (239 m) ;

- les Collines de Sézanne, situées entre le Petit-Morin et la Seine, également boisées à l'est. S'élevant à 233 m près d'Allemant, à 212 m au nord de Sézanne et à 207 m près de Fontaine-Denis, elles vont en s'abaissant vers l'ouest. À l'est d'Allemant, mais isolé du groupe principal, on remarque le Mont Août (221 m).

### **3.2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE**

Les cours d'eau du département coulent selon une direction générale allant de l'est vers l'ouest.

La Marne est arrosée par des ruisseaux, des rivières et un fleuve, la Seine (qui n'a dans ce département qu'un parcours de 20 km). Toutes les eaux s'écoulent dans ce fleuve par le moyen de trois de ses affluents : l'Aube, la Marne et l'Oise, à laquelle elles sont amenées par l'Aisne.

#### L'Aube et ses affluents :

L'Aube (225 km dont 17 dans le département) prend sa source sur le plateau de Langres (Haute-Marne), passe dans le département auquel elle donne son nom, à Bar-sur-Aube et à Arcis-sur-Aube, et, devenue navigable, entre dans le département de la Marne, où presque aussitôt elle se jette dans la Seine, à Marcilly. L'Aube apporte à la Seine 41 m<sup>3</sup>/s d'eau en moyenne, et au plus bas étiage, lui donne encore 18 m<sup>3</sup>/s.

L'Aube reçoit, sur sa rive droite, divers cours d'eau venant du département de la Marne. Ce sont la Droye (affluent de la Voire), le Meldançon, le Puits, la Superbe formée de la réunion du ruisseau des Auges (dérivation du Grand-Morin) avec la Vaure grossie de la Maurienne, et enfin le Saudoy.

#### La Marne et ses affluents :

La Marne (500 km dont 169 dans le département) naît sur le plateau de Langres au mont Vogèse. Elle arrose Langres, Chaumont, Saint-Dizier (Haute-Marne) où elle devient navigable, entre, près d'Ambrières, dans le département qui porte son nom, et où elle décrit une grande courbe du sud-est vers l'ouest, quitte ce département en aval de Dormans pour entrer dans celui de l'Aisne, passe ensuite à Château-Thierry (Aisne), à Meaux (Seine-et-Marne) et se jette dans la Seine à Charenton, près de Paris. La pente totale de la Marne dans le département est de 0,35 m par km en moyenne. A sa sortie du département, l'étiage est de 9 m<sup>3</sup>/s, en moyenne ; elle apporte 110 m<sup>3</sup>/s à la Seine, et quelquefois un débit six fois plus fort lors de grandes crues. Elle

est longée par un canal qui commence en amont à Saint-Dizier et finit à Cumières, en aval d'Épernay. Avec ses affluents, nombreux à cet endroit, la Marne a formé, dans le pays de Vitry, de riches terrains d'alluvions ; elle en a aussi formé une bande assez étroite entre Châlons et Épernay.

La Marne reçoit plusieurs cours d'eau arrosant le département. Sur la rive droite, ce sont l'Orconté ou Ru d'Or, grossi de la Censière ; la Saulx, grossie de l'Ornain (qui passe à Bar-le-Duc), de la Chée (qui reçoit elle-même la Vière), et de la Bruxenelle ; le Fion ; la Moivre ; la Livre ; la Semoigne. Sur la rive gauche, ce sont la Blaise ; la Cheronne, qui longe la Marne sous les noms de Guenelle et de rivière d'Isson ; la Coole ; la Gironde ; la Somme-Soude, formée de la Somme et de la Soude et grossie de la Berle ; la rivière des Tarnauds ; le Cubry grossi du Sourdon ; le Flagot ; le Surmelin, grossi de la Dhuis, qui reçoit le ruisseau de Verdon ; le Petit Morin, qui traverse le marais de Saint-Gond, où il reçoit le Cubersault, et a son confluent à La Ferté-sous-Jouarre (Seine-et-Marne) ; le Grand Morin, qui envoie à l'Aube une dérivation, le ruisseau des Auges, et est successivement grossi du Ru de la Noue, du Ru de Bonneval et de l'Aubetin. Le Grand-Morin se jette dans la Marne en aval de Meaux.

#### L'Aisne et ses affluents :

L'Aisne (280 km dont le cinquième dans le département) prend sa source à Sommaisne dans l'Argonne (Meuse), entre dans le département de la Marne à Charmontois-l'Abbé, sort de ce département en aval de Servon, pour entrer dans celui des Ardennes, où elle arrose Vouziers et Rethel, passe dans le département qui a pris son nom, arrose Soissons et se jette dans l'Oise, en amont de Compiègne. A ce moment, elle débite 65 m<sup>3</sup>/s d'eau.

Sur la rive droite, l'Aisne ne reçoit dans le département que le Hardillon et la Biesme. Sur la rive gauche, elle reçoit, dans le département, l'Ante, l'Auve, grossie de l'Yèvre, la Bionne et la Tourbe. Hors du département, où ils ont pris naissance, les autres affluents de rive gauche sont la Dormoise et la Suipe, grossie de l'Ain, de la Py, de l'Arne, qui a sa source dans les Ardennes, et enfin de la Vesle. Cette rivière est elle-même grossie de la Noblette, du ruisseau de Mourmelon, de la Prosnes, du Rouillat et de l'Ardre.

### **3.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE**

#### **3.3.1. Nappe alluviale**

**Sur les affleurements crayeux :** La nappe alluviale repose sur celle de la craie formant ainsi une seule et même unité hydrogéologique dont le comportement hydrodynamique est indissocié. Localement, la nappe de la craie peut néanmoins être captive sous des niveaux d'alluvions argileuses ou tourbeuses. Les perméabilités sont très élevées et les ressources très importantes. Les ouvrages de captage peuvent fournir de forts débits, très souvent supérieurs à 200 m<sup>3</sup>/h, comme dans les vallées importantes de la Marne, de l'Aube et de la Seine, ainsi que dans celles de leurs affluents.

**Sur les terrains imperméables** : seule la nappe alluviale peut faire l'objet de captages et il importe alors de réaliser des ouvrages susceptibles d'exploiter de manière optimale ces aquifères de faible épaisseur.

### **3.3.2. Aquifères des niveaux tertiaires**

#### **Calcaires lacustres de l'Éocène moyen et supérieur**

Cet ensemble constitue un réservoir majeur et donne naissance à d'importantes circulations d'eau, qui se manifestent par de belles sources à débit faible mais relativement constant. Un certain nombre de forages et de puits ont fourni des débits intéressants. Plusieurs observations et des études récentes font état de gouffres et de phénomènes karstiques.

#### **Niveaux sableux du Cuisien (Éocène inférieur) et du Thanétien (Paléocène supérieur).**

Ces niveaux renferment des nappes d'importance plutôt réduite. Les nombreuses sources de déversement émergeant de ces niveaux à dominante sableuse ont un débit compris entre 0,5 et 5 l/s. La présence localisée de réseaux karstiques dans les sables grésifiés du Thanétien se superposant au karst de la craie est reconnue. Ces deux éléments peuvent localement donner lieu à l'existence d'un karst mixte sables/craie (Montagne de Reims). Dans tous les cas, les eaux circulant à travers ces réseaux viennent directement alimenter la nappe de la craie.

### **3.3.3. Nappe de la craie**

La craie blanche sénonienne (Campanien inférieur, Santonien et Coniacien), dont l'épaisseur approche les 300 mètres à l'ouest de la région Champagne-Ardenne, contient une nappe libre majoritairement alimentée par les pluies efficaces et intensément exploitée pour l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'irrigation.

La particularité de l'aquifère crayeux est le contraste important entre la porosité totale, de l'ordre de 30 à 40 %, et la porosité efficace, qui ne dépasse pas 1 à 5 %. L'ensemble de cette réserve n'est pas mobilisable de façon homogène car la craie est affectée par différents types de fissuration résultant soit d'efforts tectoniques soit de phénomènes géomorphologiques (érosion, zones de décompression dans les vallées). Une fois ouvertes les fissures ont pu s'agrandir et s'élargir sous l'action chimique (dissolution des carbonates) ou mécanique des eaux souterraines ; cette évolution peut atteindre localement un stade ultime qui correspond au développement d'un réseau karstique.

Il est donc considéré que le réservoir efficace correspond à une épaisseur moyenne (sous le niveau du sol) de 30 mètres sous les plateaux et de 40 mètres sous les vallées à cours d'eau pérenne. Elle correspond à la perméabilité de diaclases la plus représentée dans le réservoir crayeux. Par ailleurs, les écoulements souterrains se font essentiellement au gré des réseaux de failles et de fissures qui affectent la matrice crayeuse, principalement dans celles qui ont pu être élargies par dissolution.

La surface piézométrique de cette nappe suit le relief en l'amortissant. La nappe est drainée par les cours d'eau et les vallées sèches (coïncidant le plus souvent avec une zone fissurée favorisant les écoulements souterrains) qui se comportent comme des drains naturels. Dans les vallées, les circulations préférentielles permettent des débits d'exploitation considérables ce qui est loin d'être le cas sous les plateaux où la craie, restée compacte, ne fournit que de faibles débits (de l'ordre de 5 à 10 m<sup>3</sup>/h).

Les gradients hydrauliques varient notablement entre les vallées et les plateaux (ainsi qu'à proximité du recouvrement tertiaire). De 15 ‰ sur les pentes des Monts de Moronvilliers, le gradient hydraulique est de 1 ‰ dans la vallée de la Vesle, près de Val-de-Vesle. Ils traduisent l'influence de la topographie et surtout des variations de transmissivité de la craie.

La nappe de la craie présente un régime libre dans une grande partie du département et peut donc fluctuer au gré des recharges (entrées d'eau) et des vidanges naturelles de l'aquifère. La nappe est essentiellement alimentée par les pluies efficaces dans toute sa partie libre et se vidange par le biais d'exutoires naturels que constituent les sources et les cours d'eau.

Le niveau piézométrique varie donc de façon saisonnière et interannuelle, la quantité de précipitations jouant sur l'amplitude des variations. Ces dernières sont également très variables géographiquement : de quelques mètres dans les vallées à cours d'eau pérenne, elles peuvent dépasser 20 mètres en crête piézométrique.

#### **3.3.4. Nappe de la craie glauconieuse et de la gaize**

La craie glauconieuse et la gaize n'offrent qu'une extension assez faible. On distingue, sous la craie glauconieuse un niveau sableux assez important. La gaize sous-jacente est une roche légère, très poreuse mais dont les vides ne présentent que peu de communications. Au sud du département de la Marne, la Gaize passe latéralement vers le sud au faciès des Marnes de Brienne imperméables. Cet aquifère, peu étendu et peu puissant, est cité pour mémoire, car il est localement exploité pour l'alimentation en eau potable dans la région de l'Argonne.

### **3.4. CONTEXTE CLIMATIQUE**

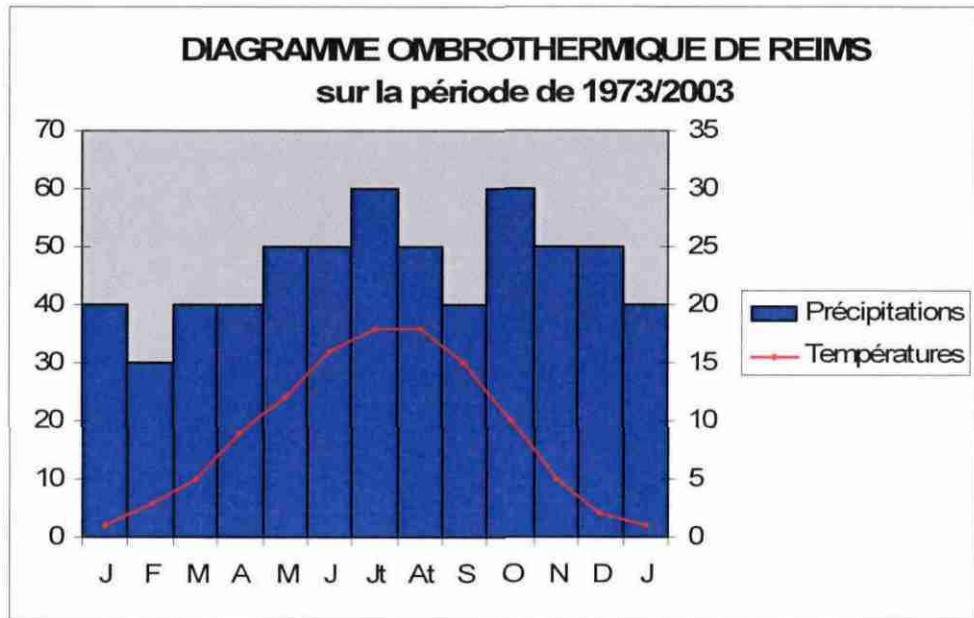
Le climat de la Marne est un climat océanique de transition. La légère continentalisation se caractérise par des pluies convectives estivales et une amplitude thermique annuelle dépassant 15°C.

La répartition moyenne des précipitations en cours d'année est relativement homogène (Illustration 3). Cette quantité de pluie moyenne annuelle varie de 500 mm dans la plaine de Reims à Châlons-en-Champagne, jusqu'à près de 1 000 mm sur la Montagne de Reims et la façade orientale du département. Le nombre de jours de précipitations supérieures à 1 mm varie de 110 à 150 jours par an, et de 14 à 34 jours pour un seuil de 10 mm.

La température moyenne annuelle est voisine de 10°C sur l'ensemble du département. En hiver, le nombre moyen de jours avec une température inférieure à 0°C est de 60. L'été est relativement contrasté avec une moyenne de 43 jours où la température dépasse 25°C sous abri.

La durée d'insolation totale annuelle est de 1 724 heures. Elle varie du simple au triple entre les 62 heures de moyenne mensuelle en hiver et les 225 heures estivales.

Les vents dominants, de secteur sud-ouest, sont généralement modérés.



*Illustration 3 - Caractéristiques climatiques du département de la Marne pour la station météorologique de Reims (source : weatherbase)*



## **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 Marne, afin d'identifier les zones potentiellement sujettes au retrait-gonflement.

Dans une première étape, les cartes géologiques éditées par le BRGM à l'échelle 1/50 000 et couvrant le département ont fait l'objet d'un travail d'harmonisation, afin d'obtenir une carte géologique départementale harmonisée (Vernhet, 2007). Ce document a servi de point de départ pour la cartographie des formations argileuses et marneuses du département.

Pour cela, toutes les formations argileuses ou marneuses du département, y compris les formations superficielles d'extension locale, ont été inventoriées, décrites pour l'essentiel à partir des notices de cartes géologiques et de certaines données bibliographiques puis cartographiées. Il est à noter que les cartes géologiques à 1/50 000, réalisées pour la plupart entre les années soixante et soixante-dix, 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 parfois limitée. Par conséquent, nous avons procédé à une réinterprétation de ces formations superficielles. De plus, dans un souci de correspondance lithostratigraphique, une actualisation des notations et légendes a permis une harmonisation des coupures. Par ailleurs, ces cartes ont été partiellement complétées par la consultation de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) gérée par le Service Géologique Régional ainsi que par l'exploitation d'études effectuées dans le cadre de diagnostics de sinistres retrait-gonflement ou de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, mais toutes les données disponibles n'ont pu être intégrées en raison de leur nombre très élevé.

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. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de la donnée brute), numérisée, puis synthétisée.

L'assemblage des cartes géologiques (Illustration 4) comporte tout ou partie des 26 coupures suivantes : Craonne (107), Asfeld (108), Attigny (109), Fismes (131), Reims (132), Mourmelon-le-Grand (133), Monthois (134), Château-Thierry (156), Epernay (157), Avize (158), Suippes (159), Sainte-Ménéhould (160), Montmirail (186), Montmort (187), Vertus (188), Châlons-sur-Marne (189), Revigny-sur-Ornain (190), Esternay (222), Sézanne (223), Fère-Champenoise (224), Vitry-le-François (225), Saint-Dizier (226), Provins (260), Romilly-sur-Seine (261), Chavanges (263), Wassy (264). La référence plus complète de ces cartes est présentée dans le tableau de l'illustration 5.

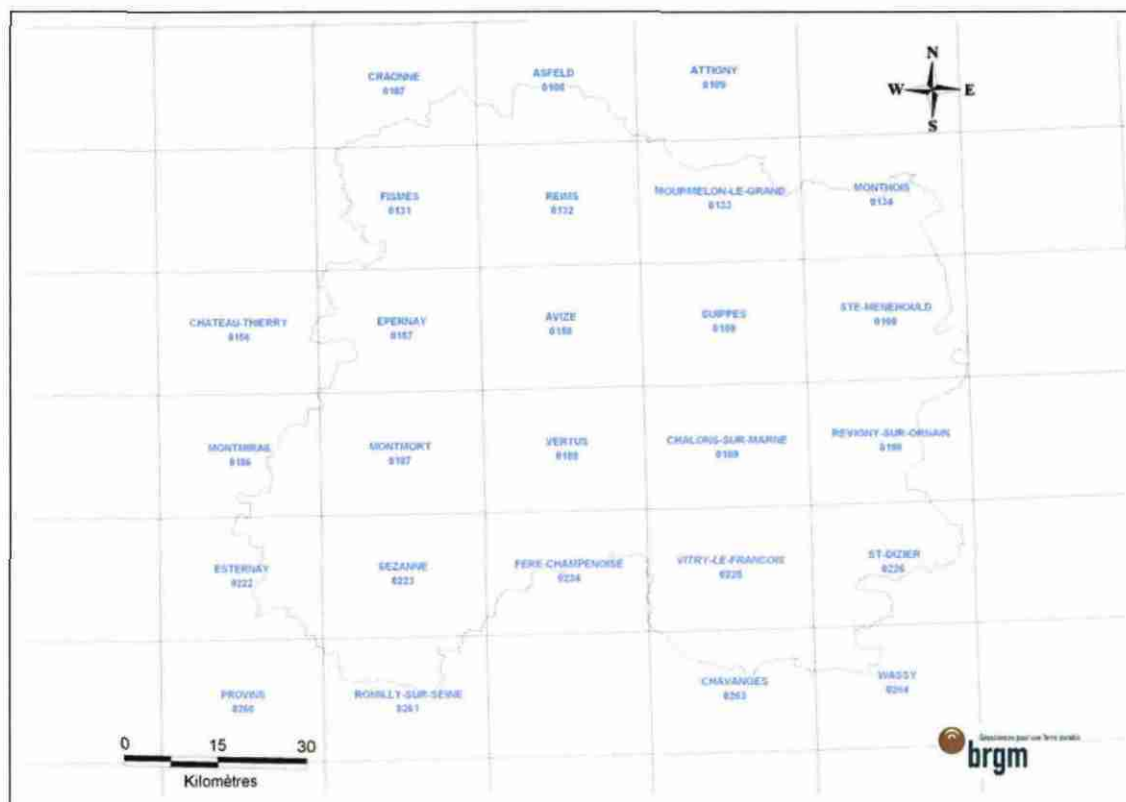


Illustration 4 - Assemblage des cartes géologiques 1/50 000 de la Marne

N° carte	Nom de la carte	Auteur(s)	Année de parution
107	Craonne	Laurentiaux D., Guérin H., Barta L., Laurain M., Maucorps J. et Boureux M.	1972
108	Asfeld-la-Ville	Pomerol Ch.	1975
109	Attigny	M.Laurain, J. Allouc, J. Le Roux	1990
131	Fismes	Guérin H., Barta L., Laurain M., Magniant D., Gianordoli M., Parent R., Duhermael G.	1976
132	Reims	M.Laurain, H. Guérin et R. Durand	1966
133	Mourmelon-le-Grand	Allouc J., Le Roux J.	1995
134	Monthois	Laurain M., Ménillet F., Pluchery E.	1998
156	Château Thierry	Bliet L., Blondeau A., Cavellier C., Pomerol Ch.	1969
157	Epernay	Hatrival J.N	1977
158	Avize	Laurain M.	1985
159	Suippes	Allouc J., Le Roux J.	2000
160	Sainte-Ménéhould	Blondeau A. Pomerol B.	1988
186	Montmirail	Hatrival J.N	1991
187	Montmort	Hatrival J.N	1988
188	Vertus	Mégny F.	1977
189	Châlons-en-Champagne	Labourguigne J., Mégny F.	1975
190	Revigny-sur-Ornain	Allouc J., Harmand D., Fauvel P.J., Le Roux J.	2007
222	Esternay	Weecksteen G.	1968
223	Sézanne	Goguel J.	1965
224	Fère Champenoise	F.Mégny	1977
225	Vitry-le-François	A.Blondeau	1992
226	Saint-Dizier	V. Stchépinsky	1959
260	Provins	Lacot R.	1967
261	Romilly/Seine	R. Barthélemy, R. Lacot, J. Marchand, J.C Rivereau	1965
263	Chavanges	F. Ménillet, C. Bourdillon, M.Bonnemaison, B. Matrimon, R. Touch	2003
264	Wassy	V. Stchépinsky	1960

Illustration 5 - Liste des cartes géologiques 1/50 000 couvrant la Marne

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

Une carte de ces différentes formations a été établie en homogénéisant et raccordant entre elles les 26 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**

Deux types de formations argileuses se distinguent :

- les formations dans lesquelles les argiles ou les marnes constituent la majeure partie de la formation. C'est le cas notamment des *Argiles à meulière de Brie*, des *Argiles et marnes vertes*, des *Marnes supragypseuses*, des *Argiles du Gault* et *Marnes de Brienne* et des *Argiles à plicatules* ;
- les formations géologiques argileuses ou marneuses, majoritaires en nombre dans le département de la Marne, qui sont hétérogènes. Il s'agit :
  - 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. 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 prise en considération lors de la caractérisation de leur susceptibilité vis-à-vis du retrait-gonflement, notamment au travers de la note lithologique.

La carte des formations argileuses de la Marne 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.

26 formations sont finalement retenues sur cette carte, présentée sur l'illustration 47, ainsi qu'en illustration hors texte à l'échelle 1/125 000.

## 4.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Une carte géologique très simplifiée, tirée de la carte de France à l'échelle 1/1 000 000, résume cette présentation (Illustration 6). L'histoire géologique du département correspond à celle de la bordure orientale du Bassin de Paris.

A l'ère primaire se mettent en place des roches cristallophylliennes qui forment le socle.

L'ère secondaire est caractérisée par les principaux évènements suivants :

- le Trias est marqué principalement par des dépôts recouvrant le socle. Pendant les premiers millions d'années, le Bassin Parisien est sous influence continentale. La transgression se propage de l'est vers le centre du Bassin Parisien et a complètement submergé la Champagne. Cette occupation marine, marque le début d'une longue période où le département actuel de la Marne est recouverte par la mer ;

- le Lias est caractérisé par une submersion marine, d'abord peu profonde avec surtout des lamellibranches, des échinodermes et des poissons. Avec le temps, la mer s'ouvre vers le grand large. A partir de la fin du Jurassique, la sédimentation est tantôt argileuse, tantôt carbonatée (plus de 600 m de sédiments) ;

- le Crétacé supérieur correspond dans le secteur au dépôt de la craie, qui occupe les trois-quarts environ de la superficie départementale.

Le Tertiaire est marqué par les principaux évènements suivants :

- durant l'Yprésien, des sables fluviatiles, puis des sédiments fluvio-lacustres plus fins se répandent sur tout le département. La mer revient au cours du Cuisien en déposant des sables côtiers siliceux, visibles principalement à l'ouest du département.

- le Lutétien marin s'installe ensuite, par une transgression violente, recoupant et remaniant parfois les formations continentales du Cuisien. Les zones successives du Lutétien marin sont transgressives les unes sur les autres selon un front qui paraît orienté N.NE-S.SW (feuille de Fismes) ;

- la régression s'effectue à la fin du Lutétien, entraînant une sédimentation lagunaire à affinité marine plus ou moins marquée. Un régime lacustre règne au Bartonien (*Calcaires lagunaires, marnes et calcaires de Saint-Ouen*) et se poursuit jusqu'au Sannoisien (*Argiles et marnes vertes, calcaires de Champigny*), début du cycle stampien ;

- la transgression de la mer stampienne déborde largement les incursions précédentes et se développe sur l'ensemble de la région. Le golfe marin est rapidement comblé par des sables (*Sables de Fontainebleau*), puis par des cordons dunaires, ultérieurement grésifiés (*Grès de Fontainebleau*) ;

- la mer se retire définitivement de la région à la fin du Stampien. Au Néogène, la région reste émergée et soumise à l'altération et à l'érosion continentale. Le climat favorise le développement de diagenèses particulières : décalcification et restructuration de formations carbonatées, calcitisation de formations argileuses, silicification de matériaux sableux, argileux et calcaires. En fin de période tertiaire, à la faveur des surfaces d'altérations, des argiles à meulière se sont formées avec kaolinisation et remobilisation de la silice.

Au Quaternaire, les alternances de climat périglaciaire favorisent le dépôt des limons des plateaux et des limons lœssiques, et entraînent le creusement des vallées conduisant à la morphologie actuelle avec accumulation de produits gélifractés et géliflués sur les versants.

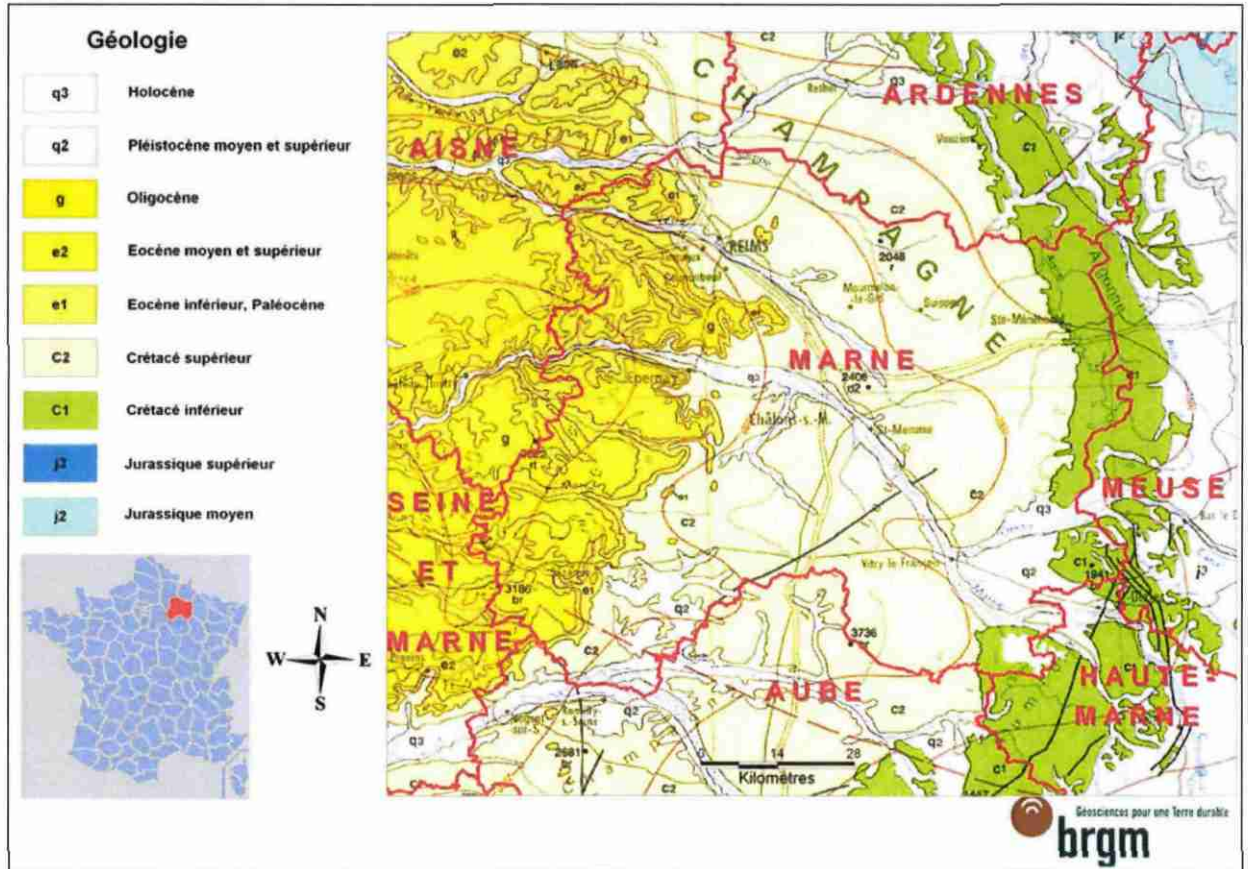


Illustration 6 - Extrait de la carte géologique de la France à 1/1 000 000

#### 4.3. LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES AU SENS LARGE

Ce chapitre dresse l'inventaire des formations géologiques argileuses *s.l.* du département de la Marne 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 26 formations retenues parce que présentant une composante argileuse ou marneuse sont décrites ci-dessous depuis les plus récentes jusqu'aux plus anciennes.

### 4.3.1. 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 choix 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. FV – Formations de versants – Quaternaire

Cet ensemble regroupe les formations notées sur la carte géologique harmonisée GP et E. Présentes dans tout la partie crayeuse du département, bien que non cartographiées sur certaines feuilles, elles recouvrent près de 5,6 % de la superficie totale (Illustration 7). D'épaisseur variable, elles sont essentiellement constituées de blocs ou de fragments calcaires anguleux enrobés dans une matrice argilo-limoneuse provenant de l'altération des calcaires.

Les grèzes ou graveluches crayeuses sont des formations de versant d'origine périglaciaire. La désignation champenoise « graveluches » a été conservée à côté de la dénomination traditionnelle afin de souligner l'originalité lithologique du matériau. Elles sont constituées de granules plurimillimétriques de craie associés à une faible proportion de matrice limono-calcaire.

Les éboulis, eux, sont accumulés sur les pentes et résultent du démantèlement des formations surplombantes. Selon le contexte géologique, ils sont constitués de blocs de calcaires, de grès, de sables, d'argiles (dont l'argile de décalcification) et de silex. L'ensemble étant mélangé, il est difficile de distinguer les formations éluviales autochtones provenant de la craie, des formations proprement colluviales allochtones.

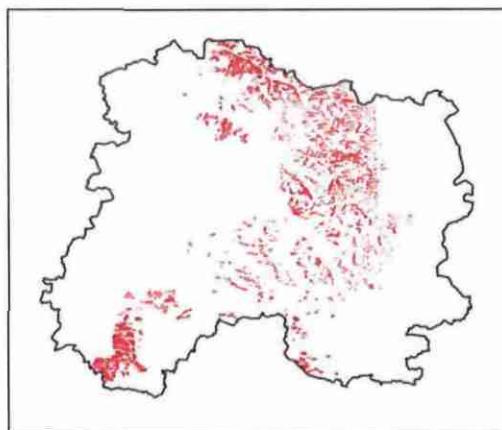


Illustration 7 - Répartition départementale de « FV – Formations de versants »

#### **4.3.1.2. CC – Colluvions sur substratum crayeux – Quaternaire**

Cette formation, issue principalement des terrains crétacés, affleure sur un peu plus de 3,7 % du département de la Marne.

Dans les dépressions, ces matériaux proviennent des versants voisins ; ils ont sensiblement les mêmes caractéristiques que les formations superficielles qui les alimentent, avec toutefois une teneur en limons et en argiles plus élevée, ce qui leur donne presque toujours une couleur brun-ocre. L'épaisseur de cette formation est généralement d'ordre inframétrique à métrique, mais elle peut atteindre 3 mètres et plus dans certains vallons sec (feuille de Suippes).

Sur la feuille de Reims, on retrouve cette formation sous forme d'une graveluche alluvio-colluviale, dont l'épaisseur varie entre 1 et 3 mètres. Dans le secteur compris entre la montagne de Reims et la Vesle, où les « limons calcaires » sont abondants, elle est constituée essentiellement d'éléments fins. En rive droite de la Vesle, dans la plaine crayeuse, elle contient plus d'éléments grossiers, sables et graviers (Illustration 8).

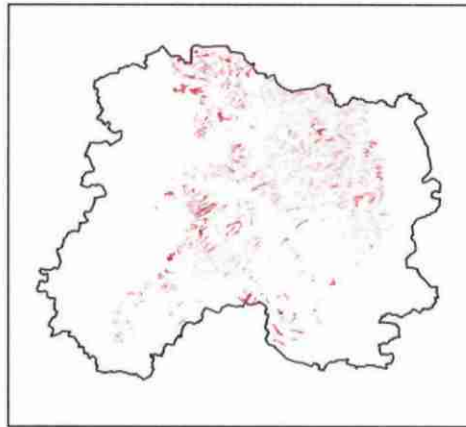


Illustration 8 - Répartition départementale de « CC – Colluvions sur substratum crayeux »

#### **4.3.1.3. C – Colluvions issues des formations argileuses – Crétacé et Tertiaire**

Cette formation regroupe, comme son appellation l'indique, toutes les colluvions issues des formations argileuses du Crétacé et du Tertiaire. Elles couvrent plus de 4,6 % de la surface du département (Illustration 9).

Sur la feuille de Sainte-Menehould, ces colluvions se forment aux dépens des fractions fines des graveluches et des limons de pente à l'ouest de la carte. Dans les craies marneuses, elles sont argilo-limoneuses et hydromorphes. Dans la gaize, elles sont constituées de petits morceaux de gaize et de fractions fines de cette roche. On rencontre ces formations en fond de vallon sec.

Sur la feuille de Reims, Elles apparaissent comme des argiles colluvionnées à partir des formations Tertiaire. En effet, sur le versant nord de la montagne de Reims, se rencontrent des argiles brun rougeâtre, non calcaires, contenant des charges variables de débris de meulières. L'épaisseur de ces colluvions peut être supérieure à 1 mètre et elles peuvent masquer totalement les formations sous-jacentes. Fréquemment

toutefois, elles n'ont qu'une épaisseur de 0,50 à 1 mètre et elles surmontent un « limon calcaire ». Au cours du colluvionnement, l'argile a pu se charger en calcaire au contact de faciès carbonatés. Les formations tertiaires du mont Berru ont donné naissance à des colluvions semblables. On retrouve également des argiles non calcaires entre Saint-Masmes et Epoye où elles témoignent d'une extension importante des formations tertiaires qui ont été totalement érodées.

Dans la région d'Eprenay, les formations superficielles sont généralement de faible épaisseur (0,10 à 0,30 mètre) et sont constituées d'argiles résiduelles de décalcification contenant des granules de craie. Ces roches meubles descendent facilement sur les pentes et constituent des colluvions de bas-versant d'épaisseur très irrégulière quelquefois importante (2 à 3 mètres).

Les terrains des niveaux thanétiens, sparnaciens et la partie inférieure du Lutétien ne donnent pas de formations résiduelles importantes.

Les argiles, marnes et calcaires lagunaires du Lutétien supérieur et du Bartonien, sensibles à l'érosion, ont alimenté d'épaisses formations colluvionnaires (2 à 4 mètres) qui couvrent une grande partie des bas-versants des vallées. Ces colluvions sont constituées par un mélange de blocs calcaires variés, de plusieurs centimètres à quelques décimètres de diamètre, emballés dans une matrice argilo-calcaire blanchâtre.

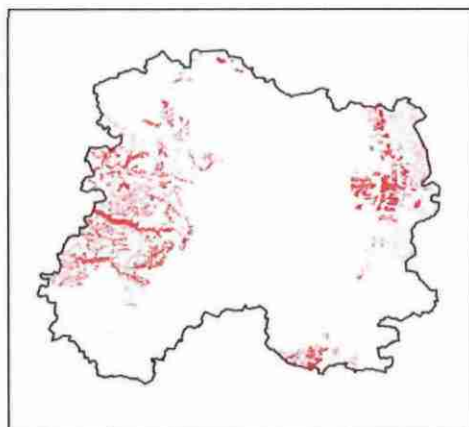


Illustration 9 - Répartition départementale de « C – Colluvions issues des formations argileuses (Crétacé et Tertiaire) »

#### **4.3.1.4. A – Formations résiduelles argileuses – Quaternaire**

Ces dépôts, datés du Cénozoïque (Quaternaire), proviennent essentiellement de l'altération des marnes et des craies argileuses du Cénomaniens et du Turonien.

D'épaisseur généralement métrique, ils sont particulièrement bien représentés sur les versants qui dominent les affluents situés en rive droite de la Vière, notamment dans la partie nord de la feuille de Revigny-sur-Ornain mais couvrent une superficie très restreinte (4 km<sup>2</sup> seulement) à l'échelle départementale (Illustration 10).

Il s'agit d'un matériau constitué par un mélange complexe de granules crayeux gris jaunâtre et d'une matrice argilo-calcaire à marneuse de couleur brune. La proportion de granules est très rapidement changeante en fonction des variations lithologiques du

substratum et de la pente, laquelle favorise l'appauvrissement en fines. L'augmentation de la teneur en granules se signale généralement par des taches plus claires qui tranchent sur la couleur brune de l'ensemble du matériau. La gélifraction des assises les plus résistantes du substratum est à l'origine des granules mais le mode de mise en place de ces dépôts de versant implique des processus de déplacement différentiel assistés par l'eau d'imbibition. En effet, la variabilité des faciès et leur distribution anarchique, ainsi que la topographie plus ou moins bosselée de certains versants, évoquent des superposition et imbrications complexes de coulées de gélifluxion ou de solifluxion. Ces formations sont par ailleurs particulièrement sensibles à l'érosion linéaire, et l'érosion en rigoles peut prendre une importance notable sur les pentes si le sol est nu ou porte des cultures à faible pouvoir couvrant.

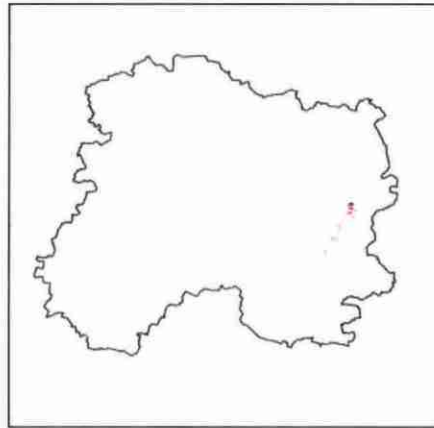


Illustration 10 - Répartition départementale de « A – Formations résiduelles argileuses »

#### **4.3.1.5. LP – Limons des plateaux – Quaternaire**

Cet ensemble, qui couvre un peu plus de 4 % de la superficie départementale, regroupe les formations notées LP et OEy sur la carte géologique harmonisée. Il se concentre principalement sur la partie ouest du département, et apparaît plus localement au nord-est (Illustration 11).

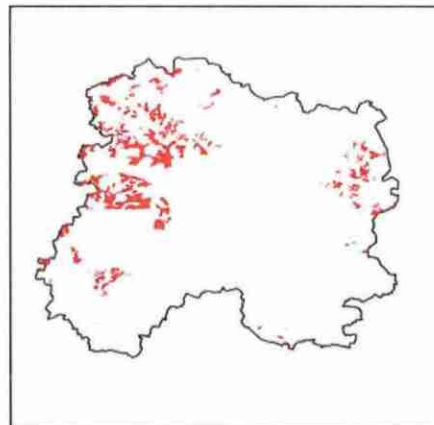


Illustration 11 - Répartition départementale de « LP – Limons des plateaux »

Les *Limons des plateaux* sont souvent appelés « complexes loessiques » en raison de l'importance des limons éoliens déposés au Quaternaire. Les placages loessiques sont

des sédiments éoliens, peu argileux, de couleur beige, brun à beige clair, très homogènes et légèrement carbonatés (3 %). Leur épaisseur peut atteindre 7 mètres.

Les limons d'altération sont une formation argilo-limoneuse à limono-argileuse, assez fortement colorée, jaunâtre à brun-rouge, à matrice très finement sableuse, résultant essentiellement de la décalcification-argilisation sur place des calcaires. Leur composition dépend étroitement de la nature du substrat.

L'épaisseur est généralement assez importante, pouvant parfois atteindre 10 mètres.

#### **4.3.1.6. T – Dépôts tourbeux – Quaternaire**

Les tourbes (Illustration 12) sont développées dans la vallée de la Vesle où elles sont localement exploitées. Des sols tourbeux profonds existent dans les marais installés sur les marnes de base du Thanétien et sur le Sparnacien (feuille de Fismes). C'est actuellement le domaine des marais et des peupleraies.

Dans la partie sud-est de la feuille de Montmort, la tourbe s'est accumulée là où s'est développée une vaste dépression occupée par les marais de Saint-Gond (1 500 ha environ). Son épaisseur peut atteindre 1,30 mètres. Cette tourbe exploitée est noire, en partie fibreuse, et contient en faible proportion des sables fins et des silts, la teneur en cendres variant de 10 à 30 %.

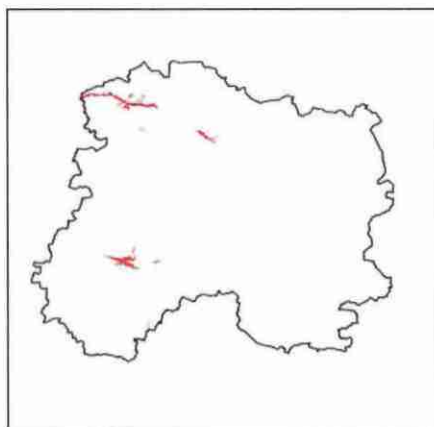


Illustration 12 - Répartition départementale de « T – Dépôts tourbeux »

#### **4.3.1.7. Fz – Alluvions actuelles et récentes – Quaternaire**

D'épaisseur souvent plurimétrique, ces alluvions se rencontrent dans les vallées alluviales des principaux cours d'eau qui traversent le département et couvrent près de 8 % de la superficie départementale (Illustration 13).

Elles sont généralement formées de couches lenticulaires de limons à éléments calcaires plus grossiers ou à lits plus argileux intercalés. Les limons sont quelquefois très argileux, renfermant parfois des lentilles tourbeuses, qui reposent sur une nappe de graviers et de galets calcaires aplatis, de granulométrie variable. D'une manière générale, les caractéristiques lithologiques des alluvions récentes varient en fonction des cours d'eau, des bassins versants et de leur position relative par rapport au cours d'eau. Elles présentent des éléments issus des différents termes des formations mères

qui sont des calcaires jurassiques pour l'essentiel. La tendance argileuse, toujours présente, peut parfois être prédominante.

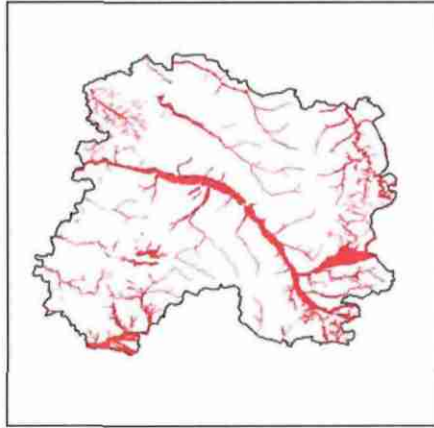


Illustration 13 - Répartition départementale de « Fz – Alluvions actuelles et récentes »

#### **4.3.1.8. Fy – Alluvions fluviales anciennes – Pléistocène**

Cet ensemble, daté du Pléistocène (Quaternaire) et largement représenté à l'échelle départementale dont il recouvre plus de 9 % de la superficie (Illustration 14), regroupe les différentes terrasses alluviales notées Fw, Fx, Fy et F sur la carte géologique harmonisée. D'épaisseur souvent plurimétrique, ces alluvions se distinguent généralement par une partie supérieure formée de limons sablo-argileux et une partie inférieure composée de sables et graviers.

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

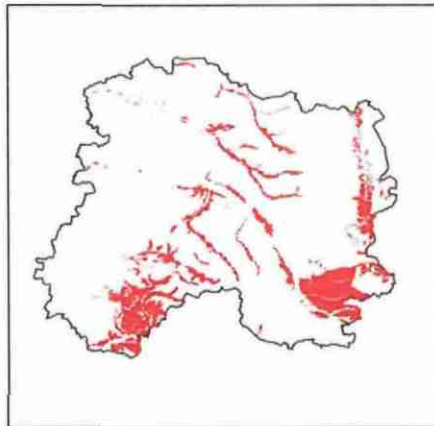


Illustration 14 - Répartition départementale de « Fy – Alluvions fluviales anciennes »

#### **4.3.1.9. AMB – Argiles à meulière de Brie – Cénozoïque**

La formation de Brie (Illustration 15) est présente à l'ouest du département dont elle couvre plus de 450 km<sup>2</sup>. Elle est représentée au sommet par des meulière cavernueuses sans fossiles, irrégulièrement distribuées dans une matrice argilo-sableuse, voire sableuse, blanchâtre, jaunâtre, verdâtre ou rousse. Sur la feuille de

Fismes, elle forme la surface structurale des plateaux. Cependant, recouverte de limons épais ou même du Stampien supérieur, elle ne s'observe que sur les rebords des plateaux, dans les anciennes exploitations ou dans les tranchées de l'autoroute. Les rares coupes montrent des meulière en bancs discontinus, formées d'une suite de blocs de toutes dimensions. Blanches, faiblement cavernueuses, les meulière sont emballées dans des argiles brun-jaune, parfois brun-rouge. Leur épaisseur apparaît très variable.

En bordure des plateaux existent des formations argilo-limoneuses riches en meulière remaniées reposant sur l'argile à meulière en place.

Les *Argiles à meulière de Brie* peuvent aussi apparaître à l'état de formations résiduelles avec des matériaux éocènes-oligocènes remaniés (feuille de Montmort). Ainsi, sur tous les plateaux tertiaires, on trouve, sous les limons, une formation argileuse, généralement rouge, contenant de nombreux éléments de meulière. Ces éléments présentent des faciès variés : massif ou comprenant des vides d'allure vacuolaire ou celluleuse, ou spongieuse. Ces vides ont des limites irrégulières correspondant à un front de restructuration siliceuse. Les cavités ne communiquent pas toujours entre elles et sont caractérisées par la présence d'argile compacte rouge, ou brun rouge de type illuvial. La matrice argileuse contient localement une fraction silteuse ou finement sableuse dont l'origine peut être les sables stampiens proches.

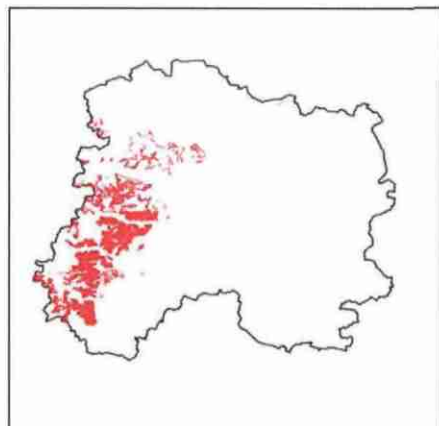


Illustration 15 - Répartition départementale de « AMB – Argiles à meulière de Brie »

### 4.3.2. Paléogène (Tertiaire)

#### 4.3.2.1. *g1a – Argiles et marnes vertes – Rupélien*

Dans son ensemble, le Sannoisien (ou Stampien inférieur, désormais rattaché au Rupélien) couvre tous les plateaux boisés de la Brie champenoise, de la Montagne de Reims et du Tardenois, au sud-ouest du département (Illustration 16), sur une épaisseur moyenne de 7 mètres.

Les argiles et marnes vertes sont régulièrement présentes sous les meulière et sont propres à la fabrication de tuiles. Leur épaisseur va en s'amincissant rapidement vers l'est du département et elles disparaissent à une dizaine de kilomètres du bord de la cuesta, leur superficie totale couvrant moins de 0,8 % du département.

Ces glaises, de couleur vert foncé, contiennent généralement des intercalations de sable très fin, dont la proportion peut dépasser 10 %. A l'extrême sud-est du département, elles alternent même avec des niveaux marneux blancs (feuille d'Esternay). Cette couche d'argiles verdâtres forme un niveau imperméable constituant la base de l'aquifère qui alimente la plupart des puits de surface de la Brie. Son épaisseur peut atteindre 5 à 6 mètres.

Bien que situées en position sommitale, les formations sannoisiennes constituent également un facteur d'instabilité des versants, car elles fournissent à partir des bords du plateau, une partie des blocs et de la matrice fine constituant les dépôts de coulées.

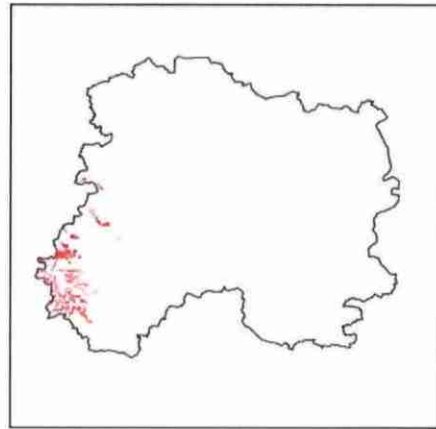


Illustration 16 - Répartition départementale de « g1a – Argiles et marnes vertes »

#### **4.3.2.2. e7b – Marnes supragypseuses – Priabonien**

Cette formation, datée traditionnellement du Ludien supérieur (Éocène supérieur), désormais rattachée au Priabonien, est présente uniquement en bordure occidentale du département dont elle couvre à peine plus de 1,2 % de la superficie (Illustration 17). Elle affleure rarement car elle est recouverte de formations superficielles argilo-marneuses, provenant de son altération.

Elle est constituée de marnes jaunâtres avec des passées verdâtres, et de marnes blanches dans lesquelles s'individualisent de minces niveaux de calcaire blanc.

Bien que la faune et la microfaune soient extrêmement pauvres, les éléments de datation disponibles en font l'équivalent stratigraphique des *Marnes bleues d'Argenteuil* et des *Marnes blanches de Pantin* de la région parisienne. Leur épaisseur peut atteindre une huitaine de mètres.

Cette formation présente également des similitudes avec les argiles à meulière de l'est de la Montagne de Reims.

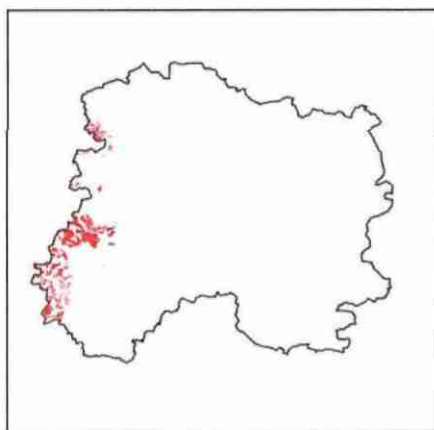


Illustration 17 - Répartition départementale de « e7b – Marnes supragypseuses »

#### 4.3.2.3. e7a – Calcaire de Champigny et marnes à *Pholadomyes* – Priabonien

Cet ensemble, datée traditionnellement du Ludien supérieur (Éocène supérieur), désormais rattachée au Priabonien, regroupe les formations notées e7a, e7a1 et e7a2 sur la carte géologique harmonisée et est présent uniquement en bordure ouest du département dont il couvre environ 2 % de la superficie (Illustration 18).

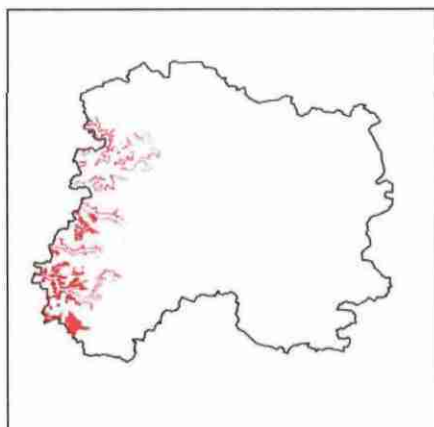


Illustration 18 - Répartition départementale de « e7a – Calcaire de Champigny et marnes à *Pholadomyes* »

Le calcaire de Champigny est un calcaire blanc ou jaunâtre, souvent bréchique, parfois compact, avec veinules de calcite. Des zones siliceuses plus ou moins diffuses se développent dans sa masse. Ces accidents siliceux peuvent former de véritables bancs, visibles à la base du calcaire de Champigny entre la Ferte-Gaucher et Moutils, ainsi qu'à Joiselle, dans lesquels la structure bréchique est localement conservée. Il peut aussi prendre un faciès de meulière. Ce caractère siliceux devient même prépondérant sur la feuille de Sézanne vers l'est.

A la base, un niveau de marne calcareuse jaunâtre ou blanchâtre, dans lequel H. Thomas a signalé, au four à chaux du Moulin des Roches, au nord-est de Dival, *Psammobia stampinensis* de la zone à *Pholadomya ludensis*. A ce niveau marneux sont souvent associés des débris de calcite fibreuse, qui forment un indice assez fréquent le long de la vallée du Grand Morin.

La puissance du calcaire de Champigny est de 10 à 15 mètres à l'est. Elle augmente vers l'ouest où elle atteint 25 mètres.

#### **4.3.2.4. e6-7 – Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien**

L'ensemble de la formation, daté de l'Éocène moyen à supérieur (Marinésien à Ludien, actuellement plutôt dénommés Bartonien à Priabonien) est faiblement étendu dans le département (à peine plus de 10 km<sup>2</sup>) où il est localisé sur les feuilles de Reims et Avize (Illustration 19).

Le Bartonien, épais d'une dizaine de mètres, est constitué par des alternances presque régulières de bancs calcaires et de niveaux marneux décimétriques de teintes claires : blanc, jaunâtre et gris. Le Bartonien est peu épais, tandis que le Ludien l'est davantage, atteignant 7 à 10 mètres.

Les bancs calcaires proches de la surface sont très fissurés, souvent pénétrés d'argile brun-rouge et présentent de nombreuses traces de dissolution qui évoquent une karstification dont il n'a pas été possible de préciser l'âge.

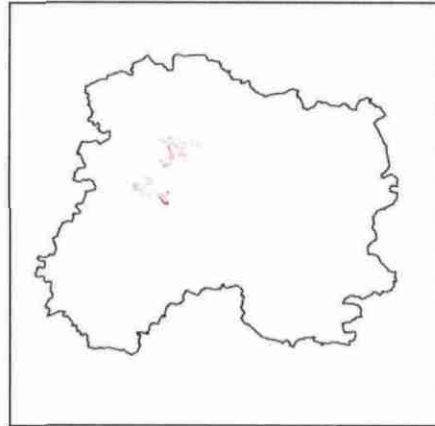


Illustration 19 - Répartition départementale de « e6-7 – Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien »

#### **4.3.2.5. e6a-b – Marnes et calcaires de Saint-Ouen – Bartonien**

Cet ensemble, daté du Bartonien (Éocène moyen), regroupe les formations notées e6a et e6b sur la carte géologique harmonisée, surtout présentes à l'ouest du département dont elles couvrent environ 0,9 % de la superficie (Illustration 20).

Le calcaire de Saint-Ouen est constitué d'une alternance de bancs calcaires, parfois siliceux, et de marnes avec des passées d'argiles sombres à dominante d'attapulгите et présence de sépiolite (argiles fibreuses magnésiennes). Les marnes, de couleur crème, sont plus développées à la base où leur épaisseur atteint 4 à 5 mètres. Il s'agit essentiellement de marnes calcaires vertes et blanches, avec des bancs calcaires plus ou moins compacts, et des niveaux argileux verts (15 à 25 mètres d'épaisseur, diminuant vers l'Aisne). Au nord-est du département (feuille de Fismes), l'ensemble est surmonté par quelques mètres de marnes claires.

Sur la feuille d'Épernay, les argiles vertes et compactes (3 à 5 mètres de puissance) présentent de petits bancs de calcaires blancs intercalés.

Au-dessus de cette formation, les bancs de calcaires, blanchâtres à grisâtres, sont parfois marneux ou, au contraire, durs, presque lithographiques.

L'étude de la faune indique un milieu de dépôt nettement dessalé, vraisemblablement laguno-lacustre.

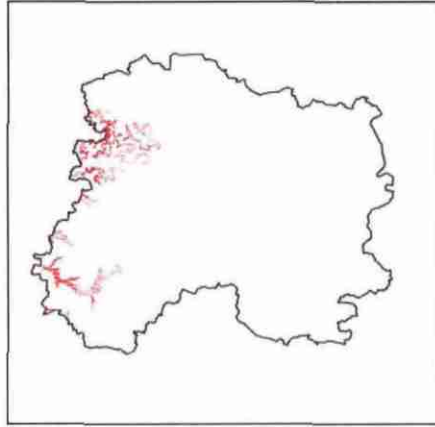


Illustration 20 - Répartition départementale de « e6a-b – Marnes et calcaires de Saint-Ouen »

#### **4.3.2.6. e5b-7 – Calcaires, marnes et caillasses – Lutétien supérieur**

Cet ensemble regroupe les formations notées e6a et e6b sur la carte géologique harmonisée. Le Lutétien supérieur, présent principalement dans le quart nord-ouest du département dont il couvre un peu plus de 1,4 % de la superficie (Illustration 21), est d'origine continentale et essentiellement constitué d'une alternance de bancs calcaires blancs, de niveaux marneux blancs et de niveaux argileux verts à bleu-verts. Ces marnes et argiles sont capables d'absorber d'importantes quantités d'eau, ce qui les rend très peu cohérentes et en fait une surface privilégiée de rupture. L'épaisseur de la formation est très variable, pouvant atteindre 40 mètres.

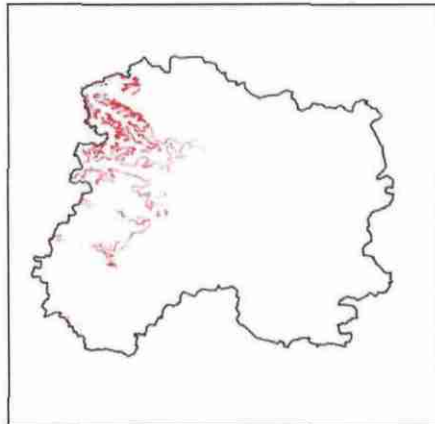


Illustration 21 - Répartition départementale de la formation « e5b-7 – Calcaires, marnes et caillasses »

#### **4.3.2.7. e4b – Sables, grès et conglomérats – Yprésien**

Localisé dans le tiers occidental du département sur une centaine de km<sup>2</sup> et d'épaisseur très variable (Illustration 22), cet ensemble, daté de l'Yprésien (Éocène

inférieur), regroupe les formations notées e4b et e4b(2) sur la carte géologique harmonisée. Les sables cuisiers contrastent avec les argiles du Sparnacien par leur perméabilité et leur cohésion très faible à nulle. Ils constituent des niveaux aquifères qui entretiennent la plasticité des argiles sparnaciennes et contribuent largement, quand les conditions hydrogéologiques sont réunies, à leur liquéfaction.

Dans leur partie supérieure, ces sables présentent un niveau d'argiles gonflantes, les « argiles de Laon », qui peuvent être responsables de décollement propres.

A l'extrême nord-ouest (feuille de Craonne), les sables sont peu argileux et les argiles de Laon apparaissent de façon discontinue, avec une faible épaisseur (1 mètres).

Plus au sud, le passage du Sparnacien au Cuisien est progressif et se fait par des sables argileux. L'épaisseur atteint 30 à 40 mètres au nord et diminue à 10 mètres au sud de la feuille de Fismes. La partie supérieure des sables cuisiers est terminée par des intercalations argilo-sableuses ou argilo-ligniteuses très localisées mais de 2 à 10 mètres d'épaisseur.

Ensuite plus on se dirige en direction du sud-ouest, plus les sables quartzeux deviennent argileux (2 à 4 mètres d'épaisseur sur la feuille de Montmort) et plus l'épaisseur des argiles augmente. Sur la feuille de Château-Thierry, ces argiles sont marrons, grises, violettes, avec des lits de sables assez grossiers et des plaquettes ferrugineuses à la base, avec une puissance globale de 15 à 20 mètres.

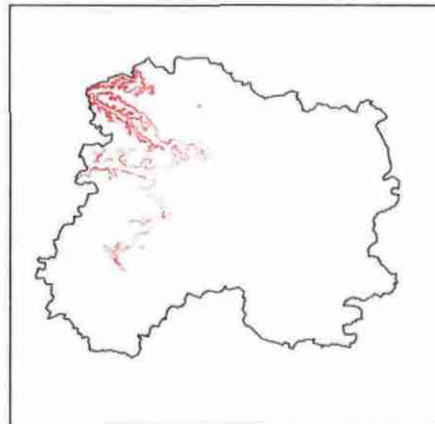


Illustration 22 - Répartition départementale de « e4b – Sables, grès et conglomérats »

#### **4.3.2.8. e4 – Calcaires, sables et argiles plastiques – Yprésien**

Le faciès Sparnacien représente la partie inférieure essentiellement argilo-marneuse de l'Yprésien (Éocène inférieur), qui regroupe les niveaux notés e4 et e4a sur la carte géologique harmonisée, et qui est présent uniquement dans le tiers ouest du département dont il couvre un peu plus de 1,5 % de la superficie (Illustration 23). C'est une formation très complexe comportant, du fait de sa sédimentation particulière, des variations latérales de faciès très rapides.

D'une épaisseur pouvant atteindre 45 mètres dans la région de Château-Thierry, cet ensemble est essentiellement composé d'argiles foncées, noires ou brunes, parfois blanches (*Marnes de Dormans*) marquant le contact avec la craie sous-jacente, et de lignites comportant du gypse et de la pyrite. Des niveaux plus sableux peuvent y être

également rencontrés. Ces argiles présentent une très faible cohésion et une très forte imperméabilité.

Leur grande sensibilité aux conditions hydrogéologiques (car situées en dessous de l'aquifère des sables du Cuisien), leur caractère fluant, ainsi que leur localisation à la base de la stratigraphie du Tertiaire en font les principales responsables des glissements de terrain profonds qui affectent les versants de la vallée de la Marne et par extension, le rebord du plateau de l'Île-de-France. De plus, exposées sous le poids des masses glissées, elles alimentent amplement les dépôts de coulées.

Lorsqu'ils ne sont pas recouverts par des formations superficielles épaisses, les faciès sparnaciens se signalent par la présence de sources, marais et étangs, autour desquels se développe une végétation typique de roseaux, joncs, presles et carex.

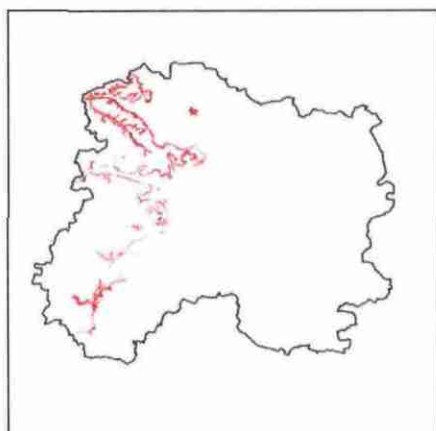


Illustration 23 - Répartition départementale de « e4 – Calcaires, sables et argiles plastiques »

#### **4.3.2.9. e3cGM – Grès et marnes du Thanétien – Thanétien supérieur**

Localisée au nord-ouest du département sur à peine plus de 4 km<sup>2</sup> (Illustration 24), cette formation notée e3cGM sur la carte géologique harmonisée, correspond aux formations e2cM et e2C des feuilles de Fismes (131) et Reims (132).

Il s'agit des *Marnes de Chenay* et du *Grès du mont Chênois*. Ces ensembles sableux sont ravinés par des chenaux fluviaux transportant un matériel grossier, quartzueux et calcaire, remaniant des éléments de calcaires à *Chara* et *Microcodium*, ainsi que des galets mous de fraction sableuse, hérités des sables sous-jacents.

Dans la même position stratigraphique, se trouvent des sables et des marnes ligniteuses (Merfy, Breuil), des marnes grises à éléments calcaires (*Marnes de Chenay*, visibles à Merfy), et des niveaux de calcaires continentaux à *Chara* et limnées (Breuil). Entre Châlons-sur-Vesle et Pouillon, ces faciès continentaux atteignent une puissance supérieure à 10 mètres.

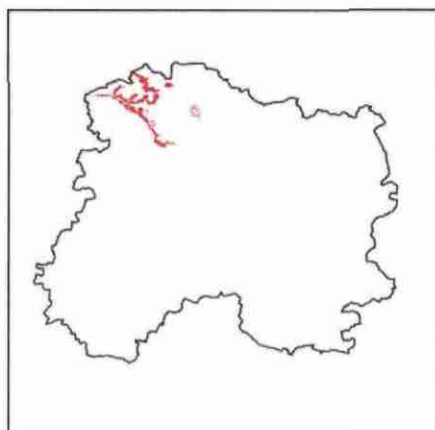


Illustration 24 - Répartition départementale de « e3cGM – Grès et marnes du Thanétien »

#### **4.3.2.10. e3 – Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaires – Paléocène et Éocène inférieur**

Sous cette terminologie, sont regroupées plusieurs formations, présentes de manière très éparse dans la moitié ouest du département dont elles ne représentent que 0,2 % de la superficie (Illustration 25) :

Les argiles de base : ce sont des argiles plus ou moins calcaires, généralement sableuses. Leur épaisseur varie de 0,50 à 4 mètres. On retrouve aussi des marnes vertes à ocre ainsi que des marnes grises légèrement sableuses.

Les conglomérats : au-dessus de ce niveau marneux et sableux, on trouve d'une façon constante un banc de calcaire conglomératique qui s'amenuise vers le nord de la feuille de Vertus. Ces marnes, surmontées d'un amas concrétionné calcaire, représentent une formation d'altération de la craie en milieu continental. Cette formation augmente régulièrement de puissance d'ouest en est pour atteindre 10 mètres à Verzy.

Calcaires et sables : au-dessus des niveaux de base, qui restent constants bien qu'avec des épaisseurs variables, se développe, sur 25 à 30 mètres d'épaisseur, un ensemble de calcaires et de sables.

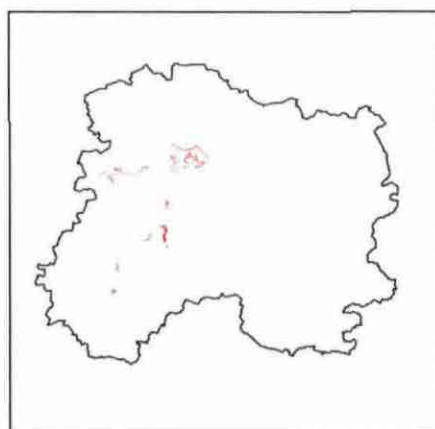


Illustration 25 - Répartition départementale de « e3 – Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaires »

### 4.3.3. Crétacé

#### 4.3.3.1. c1a-b – Craie, marnes et argiles du Cénomanién

Cet ensemble, daté du Cénomanién (base du Crétacé supérieur), regroupe les formations notées c1a et c1b sur la carte géologique harmonisée et présentes surtout en partie orientale du département, selon une bande orientée nord-sud qui couvre un peu moins de 1 % de la superficie départementale (Illustration 26).

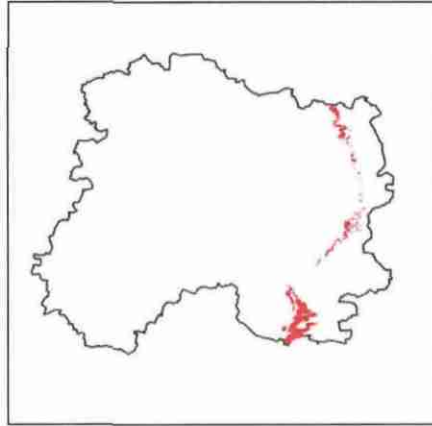


Illustration 26 - Répartition départementale de « c1a-b – Craie, marnes et argiles du Cénomanién »

A l'extrême sud du département (feuille de Chavanges), le Cénomanién inférieur est constitué de marnes crayeuses qui passent vers le haut à des craies très argileuses, ayant encore une consistance de marne. Ces marnes sont de couleur gris bleuâtre et possèdent une teneur en calcaire de 40 à 72 %. Elles atteignent une épaisseur de 30 à 40 mètres.

Plus au nord (feuille de Revigny-sur-Ornain), le Cénomanién inférieur change de faciès et donne lieu à des siltites argilo-sableuses, qui passent à des siltites argilo-sableuses calcaires puis à des marnes silto-sableuses. L'épaisseur est comprise entre 7 et 10 mètres.

Sur la feuille de Monthois, la formation des *Sables verts supérieurs* est attribuée au Cénomanién inférieur, biozone Ca de C. Monciardini (*in* Laurain et al., 1990). Cette formation montre dans sa partie inférieure un faciès quartzo-glaucieux grano-croissant, évoluant depuis les silts jusqu'à un sable grossier. Cet ensemble est surmonté par des marnes vertes riches en glauconie, devenant grises puis blanches par raréfaction de ce minéral. Il représente une épaisseur de 15 à 20 mètres.

La formation comprend aussi les craies du Cénomanién moyen à supérieur. Elles apparaissent au sud-est du département (feuille de Vitry-le-François). Lithologiquement, ce sont des craies grises, parfois gris verdâtre, de texture fine, compactes et dures à l'état sec. A l'état humide, le caractère marneux apparaît nettement. L'altération des fines particules glauconieuses colore superficiellement la craie en jaunâtre. La présence d'une nappe d'eau lui donne l'aspect et la consistance d'un mastic jaune. Ces craies grises se présentent en gros bancs de 0,30 à 0,60 mètres et affleurent fréquemment. L'épaisseur atteint 45 à 50 mètres.

#### 4.3.3.2. n6cA – Gaize d'Argonne – Albien supérieur

La Gaize d'Argonne (ou *Gaize de Vouziers*) est une roche siliceuse à débris organiques, quartz détritiques, glauconie, argile (à smectite prédominante dans la fraction fine) et ciment d'opale (silicarénite gris-vert fine).

Cette formation, localisée exclusivement en bordure nord-est du département sur plus de 200 km<sup>2</sup> (Illustration 27), est rapportée à l'Albien supérieur. Sa limite inférieure est souvent marquée par un niveau de sources qui souligne le contact de la gaize poreuse et perméable avec les *Argiles du Gault*. La partie supérieure, plus grossière et montrant des stratifications obliques, apparaît moins consolidée, voire sableuse. Sa limite supérieure correspond notamment à l'apparition des *Sables verts supérieurs* du Cénomanien. On peut estimer sa puissance totale à 100 mètres environ.

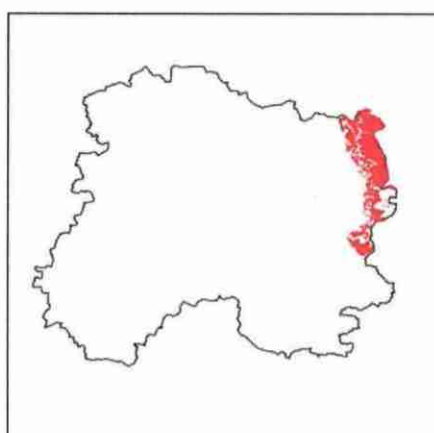


Illustration 27 - Répartition départementale de « n6cA – Gaize d'Argonne »

#### 4.3.3.3. n6AGB – Argiles du Gault et Marnes de Brienne – Albien

Cet ensemble daté de l'Albien (Crétacé inférieur), regroupe les formations notées n6a-bG et n6cB sur la carte géologique harmonisée. Il est présent localement le long de la bordure orientale du département dont il couvre un peu moins de 1,9 % de la superficie (Illustration 28). L'Albien supérieur est une formation essentiellement argileuse. La masse principale de l'étage est formée d'une argile foncée, noire ou grise, parfois bariolée, plastique, propre à la fabrication de tuiles et de poteries.

Les Argiles du Gault sont des argiles calcaires grises à noirâtres (15 à 20 % de CaCO<sub>3</sub>, localement jusque 40 %), souvent cachées par des alluvions et limons très argileux. Légèrement sableuses à la base, finement quartzueuses et glauconieuses, elles passent progressivement à des argilites calcaires grises, tantôt compactes et plastiques, tantôt feuilletées, souvent silteuses. Ces argiles fluantes sont responsables des glissements de terrain rencontrés dans le massif de l'Argonne (feuille de Monthois). Elles se situent entre les sables verts de l'albien inférieur, représentant un niveau aquifère des plus importants, et la gaize albienne (pouvant atteindre plus de 100 mètres d'épaisseur). L'épaisseur de ces argiles est en moyenne de 50 à 100 mètres, mais quelques forages ont montré qu'elles pouvaient localement atteindre de plus grandes épaisseurs (58 m à Saint Jean-devant-Possesse, 72 mètres à Vatray-le-Petit, 102 mètres à la Neuville-au-Pont).

Les Marnes de Brienne sont très argileuses et leur dureté est très faible. De couleur marron clair à passées gris-bleu à la base, elles s'éclaircissent vers le sommet et s'enrichissent en calcaire. Ces marnes, finement silteuses, surtout dans leur partie inférieure, contiennent de fines paillettes de muscovite dont l'abondance décroît vers le haut. Il en est de même pour les grains de glauconie, très petits et beaucoup moins nombreux que dans les argiles à tégulines. Elles sont presque toujours altérées en surface, donnant une argile limoneuse brune. Elles atteignent une épaisseur de 50 mètres.

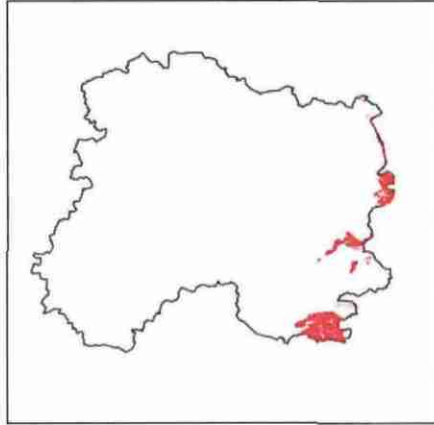


Illustration 28 - Répartition départementale de «n6AGB – Argiles du Gault et Marnes de Brienne »

#### **4.3.3.4. n5b-6a – Sables blancs et Sables verts – Albien inférieur à Aptien**

Cet ensemble daté de l'Albien inférieur à Aptien (Crétacé inférieur), regroupe les formations notées n6a, n5b et n5b-6a sur la carte géologique harmonisée. Cette formation, localisée sur la carte de Saint-Dizier, en limite est du département, sur une cinquantaine de km<sup>2</sup> (Illustration 29), se divise en deux zones.

L'Aptien supérieur (n5b) est représenté par des sables et grès, avec adjonction d'argile grise et de grains de glauconie vers la base (10-20 mètres). Ces gros sables blancs ou jaunâtres purs se chargent en glauconie puis deviennent plus ou moins argileux et noirâtres. Au sud de la Marne son épaisseur atteint 8 mètres.

L'Albien inférieur (ici le n6a) correspond à des sables et grès marneux, de couleur gris verdâtre, plus ou moins riches en glauconie, qui s'enrichissent progressivement depuis la base en matériel argileux. Leur puissance est d'environ 9 mètres.

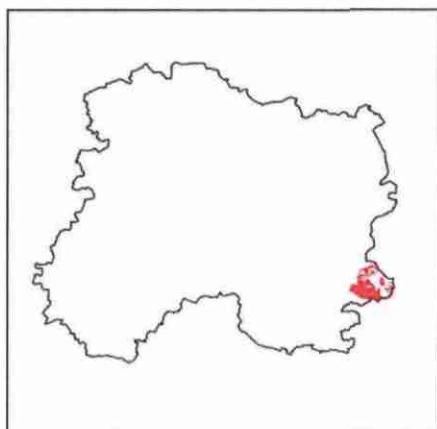


Illustration 29 - Répartition départementale de la formation «n5b-6a – Sables blancs et Sables verts »

#### **4.3.3.5. n5a – Argiles à plicatules – Aptien inférieur**

L'Aptien supérieur (Crétacé inférieur) est également très localisé (moins de 8 km<sup>2</sup>) en bordure orientale du département, sur la feuille de Saint-Dizier (Illustration 30).

Au nord de la vallée de la Marne, c'est une formation essentiellement argileuse, jaune clair, marneuse, caractérisée par une grande quantité d'*exogyra*. Son épaisseur est très faible, de l'ordre de 3 mètres, souvent moins.

Au sud de la Marne, où son épaisseur atteint 8 mètres, la formation comporte deux faciès : au sommet, des sables fins, blancs et jaunâtres, rubanés d'ondulations brunes, contenant des lamelles de micas ; à la base, des argiles grasses bleuâtres ou grises, compactes, plastiques et riches en ammonites. Ces argiles, parfois très glauconieuses, foncent et se chargent, à la base, en oolithes ferrugineuses remaniées.

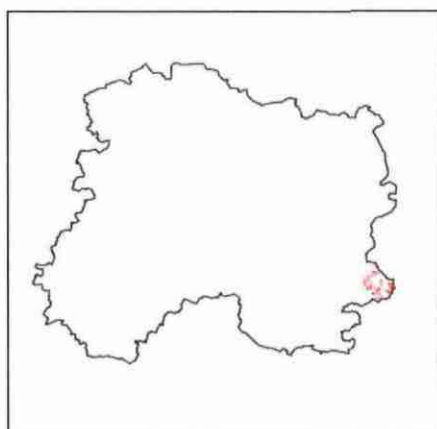


Illustration 30 - Répartition départementale de « n5a – Argiles à plicatules »

#### **4.3.3.6. n4b-a – Argiles, sables et grès du Barrémien**

Cet ensemble, daté du Barrémien, regroupe les formations notées n4b et n4a sur la carte géologique harmonisée. Il est localisé sur la carte de Saint-Dizier, en limite est du département dont il ne représente que 0,2 % de la superficie (Illustration 31).

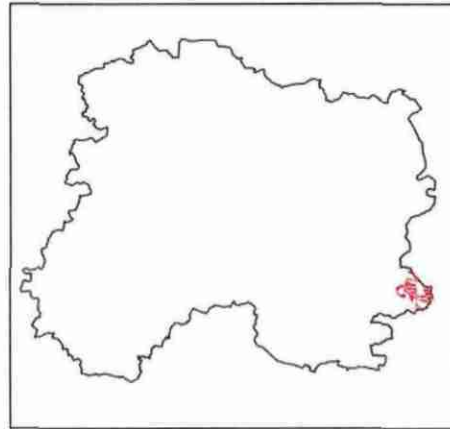


Illustration 31 - Répartition départementale de « n4b-a – Argiles, sables et grès du Barrémien »

Dans la Marne, le Barrémien supérieur est principalement formé par des argiles sableuses et des sables passant du rose au gris et au blanc. L'étage atteint par endroit moins de 1 m d'épaisseur. Lorsque ces formations se développent sur 7 à 8 mètres de puissance, comme c'est le cas dans la région du Der, à la partie supérieure, ces argiles contiennent des ocres rouges, avec minerai de fer oolithique. Ce minerai se retrouve à sa base, dans une argile claire reliant la formation à l'étage suivant.

Précisément, l'ensemble démarre, dans sa partie inférieure, par quelques mètres d'un complexe de sables et de grès jaune-rouge ou blanc, plus ou moins ferrugineux. Ces sables et grès piquetés sont surmontés par une couche d'argile réfractaire blanche et rose (argilites compactes) de 3 à 5 mètres d'épaisseur. La partie supérieure, quant à elle, est constituée d'une mince couche de calcaire argileux rose, d'environ 1 mètres d'épaisseur, appelée aussi *Couche rouge de Wassy*.

L'*Argile ostréenne*, quant à elle, se compose d'argiles compactes plastiques, grasses, grises, avec blocs de calcaire marneux gris. Stratigraphiquement, elle se situe entre les sables du Barrémien supérieur et les calcaires hauteriviens.

Le Barrémien inférieur forme un étage continu de 1 à 6 mètres d'épaisseur, visible dans la région de Sermaize-les-Bains. Il atteint même 20 mètres dans la région de Wassy. Ce sont des niveaux argileux, marneux, blanchâtres, renfermant un lit de lumachelles à huîtres, aggloméré par un ciment calcaire.

#### **4.3.3.7. n2-3S – Calcaires à spatangues et Sables valanginiens – Crétacé inférieur, Hauterivien à Valanginien**

Cet ensemble, daté du Crétacé inférieur, regroupe deux formations notées n3S (*Calcaires à spatangues* de l'Hauterivien) et n2S (*Sables et grès* du Valanginien) sur la carte géologique harmonisée. Son extension est très réduite (à peine plus de 7 km<sup>2</sup>) et limitée à la feuille de Saint-Dizier, en limite orientale du département (Illustration 32).

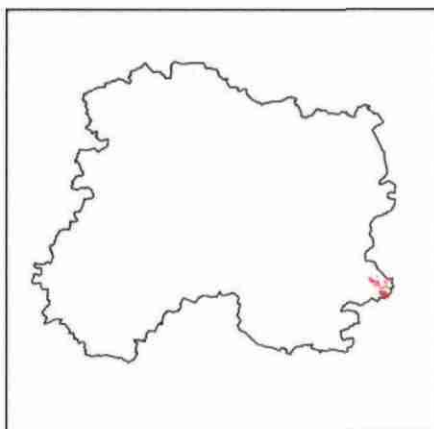


Illustration 32 - Répartition départementale de «n2-3S – Calcaires à spatanges et Sables valanginiens»

Les *Calcaires à spatanges* de l'Hauterivien correspondent à des calcaires grossiers jaunâtres ou beiges, à groins de glauconie, gréseux vers le sommet, plus purs et durs vers la base. Ils reposent sur des marnes calcaires blanchâtres (marne calcaire bleue) avec une épaisseur de 10 mètres dont 2 mètres de marne.

Les *Sables et grès* (Valanginien) présentent une répartition géographique irrégulière. Les assises présentes se composent de terrains argilo-sableux et gréseux, de couleur brun jaunâtre, plus ou moins ferrugineux, avec du minéral de fer géodique, tantôt lithoïde, tantôt oolithique. Ces formations sont d'origine marine. Un sable fin jaunâtre, blanc et beige en minces couches alternées, s'observe en certains endroits à l'est de la Marne. Ces sables sont azoïques et se superposent aux couches marines. L'épaisseur est très variable : elle ne dépasse pas 10 mètres, et se réduit parfois à zéro.

#### 4.4. REMARQUES SUR LES FORMATIONS NON ARGILEUSES

Parmi les formations qui ont été 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 26 formations sélectionnées :

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

Dans le but d'obtenir un moyen pratique de hiérarchisation entre les différentes formations, la règle adoptée a consisté à utiliser des valeurs seuils, couramment admises dans la littérature, distinguant quatre degrés de susceptibilité (faible, moyenne, forte et très forte). Pour permettre la réalisation de calculs, les grandes classes lithologiques distinguées ont également été affectées d'une note. Pour les trois caractéristiques naturelles des terrains, cela permet d'attribuer une note de 1 à 4 à chacune des formations identifiées.

Les caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des 26 formations sont successivement présentées dans les paragraphes suivants.

Les sources des données ici présentées proviennent principalement de dossiers d'archives de la SNCF, du CETE de l'Est, ainsi que de résultats issus de rapports de bureaux d'études, parmi lesquels Fondasol, ICSEO et CEBTP-Solen.

## 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.

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 le tableau de l'illustration 33.

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 33 - Barème du critère lithologique*

## 5.2.2. Caractérisation lithologique

Sur la base de ces critères, le tableau de l'illustration 34 permet de synthétiser les différentes notes lithologiques attribuées aux 26 formations potentiellement sujettes au retrait-gonflement, à partir des descriptions établies dans les notices des cartes géologiques au 1/50 000.

N°	Code	Regroupement	Formation	Superficie (km <sup>2</sup> )	% surface totale	Note litho
1	FV	GP, E	Formations de versants	459,098	5,60%	2
2	CC	SC	Colluvions sur substratum crayeux	307,425	3,75%	2
3	C	C	Colluvions issues des formations argileuses	380,773	4,64%	3
4	A	A	Formations résiduelles argileuses	4,166	0,05%	3
5	LP	LP, OEy	Limons des plateaux	346,227	4,22%	1
6	T	T	Dépôts tourbeux	36,649	0,45%	4
7	Fz	Fz	Alluvions actuelles et récentes	649,012	7,92%	2
8	Fy	Fw, Fx, Fy, F	Alluvions fluviales anciennes	757,657	9,24%	1
9	AMB	AM	Argiles à meulière de Brie	458,653	5,59%	3
10	g1a	g1a	Argiles et marnes vertes	57,966	0,71%	3
11	e7b	e7b	Marnes supragypseuses	101,058	1,23%	4
12	e7a	e7a, e7a1, e7a2	Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes	163,475	1,99%	2
13	e6-7	e6-7	Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien	10,614	0,13%	1
14	e6a-b	e6a, e6b	Marnes et calcaires de Saint-Ouen	74,127	0,90%	1
15	e5b-7	e5b, e5-7	Calcaires, marnes et caillasses	117,852	1,44%	2
16	e4b	e4b, e4b(2)	Sables, grès et conglomérats	108,326	1,32%	2
17	e4	e4, e4a	Calcaires, sables et argiles plastiques	125,611	1,53%	3
18	e3cGM	e3cGM, e3cC	Grès et marnes du Thanétien	4,263	0,05%	3
19	e3	e3	Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaires	16,420	0,20%	3
20	c1a-b	c1a, c1b	Craie, marnes et argiles du Cénomanien	80,047	0,98%	3
21	n6cA	n6cA	Gaize d'Argonne	224,858	2,74%	2
22	n6AGB	n6a-bG, n6cB	Argiles du Gault et Marnes de Brienne	154,363	1,88%	4
23	n5b-6a	n6a, n5b, n5b-6a	Sables blancs et Sables verts	52,350	0,64%	1
24	n5a	n5a	Argiles à plicatules	7,728	0,09%	4
25	n4b-a	n4b, n4a	Argiles, sables et grès du Barrémien	16,470	0,20%	2
26	n2-3S	n3S, n2S	Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	7,252	0,09%	2
Total argiles				4 722,44		
Total département				8 199,50		

Illustration 34 - 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 et interstratifiés) contenus dans la phase argileuse du matériau, sont respectivement 25 %, 50 % et 80 %. Une note minéralogique a été attribuée à chacune de ces formations, sur la base d'un barème commun aux différentes cartes d'aléa déjà réalisées (Illustration 35) et est présentée dans le tableau de l'illustration 36.

% 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 35 - Barème du critère minéralogique

### 5.3.2. Caractérisation minéralogique

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

Les éléments tirés de la bibliographie sur ce thème sont inégalement répartis selon les formations considérées. L'essentiel des données minéralogiques utilisées dans la présente étude est issue des feuilles géologiques. De plus, les données minéralogiques recueillies à l'occasion des études d'aléa retrait-gonflement effectuées dans certains départements limitrophes ont été examinées et exploitées lorsqu'elles concernent des formations géologiques d'extension régionale. Ceci concerne les départements de l'Aube, de la Haute-Marne, de la Meuse et de la Seine-et-Marne.

Quatorze échantillons, prélevés sur le terrain spécifiquement dans le cadre de la présente étude, ont fait l'objet d'une analyse diffractométrique (rayons X). La méthode utilisée est présentée en annexe 4 avec les diffractogrammes et résultats détaillés. Huit de ces quatorze prélèvements ont aussi fait l'objet d'une caractérisation géotechnique (valeur au bleu de méthylène).

Rappelons que cet échantillonnage, bien que trop limité pour pallier l'hétérogénéité des formations en question, donne tout de même des indices fiables et réels sur la composition minéralogique de ces formations.

Nous utiliserons par la suite les abréviations suivantes : K (kaolinite), Sm (smectite), I (illite), C (chlorite), V (vermiculite), Qz (quartz) et Fd (feldspaths). Les mêmes abréviations sont généralement utilisées dans le cas des interstratifiés (ex : Sm/I pour interstratifiés smectite/illite).

## Illustration 36 - Note minéralogique des formations argileuses retenues

Form argil	% Sm+V+Sm/I+V/				Description qualitative dans les feuilles géologiques	Données relatives aux études d'autres départements (02, 10, 52, 55, 77)	Note minér
	nb val	moy	min	max			
FV	1	42	42	42			2
CC						dép 10 (CC) : 35% de minéraux gonflants	2
C							
A	2	74	53	95			4
LP	5	40	30	51	Feuille 186 (OE) : K, M et I.		2
T	1	53	53	53			3
Fz	1	71	71	71		dép 52 (Fz) : Sm 47%, I 8%, K 17%.	3
Fy	2	65	55	75			3
A M B	1	85	85	85		dép 02 (AM) : M, I et K proportion variable. dép 77 (Rfv/g) : Sm, I et souvent des attapulgites.	2
g1a	4	68,8	50	100		dép 02 (g1a) : 60 % à 80 % de M, 20 % à 40 % de I ; I = S>>K. dép 77 (g1AR) : Argile calcaireuse, 85% d'argiles (E7) = I/micas 78%, K 20%, V 2% ; 81% d'argiles (E11) = I/micas 85%, K 13%, Sm 2%.	3
e7b	3	73,3	55	95	Feuille 187 (e5-7a) : partie supérieure du Marinésien : fraction argileuse = M 70%, I 30%, 80% de calcite.	dép 02 (e7c) : M : 50 % à 60 % ; I = 30 % ; K = 10 % à 20 % ; dominance illite/smectite, att et sépio parfois présentes. dép 02 (e7b) : attapulgite + sépiolite accompagnés de S. dép 77 (e7MS) : Marnes blanches de Pantin, calcaire argileux (E5) = sépiolite 77 %, I/micas 23 %, K 13 % ; calcaire argileux (E12) = Sm 63 %, I/micas 35 %, K 2 %. Marnes bleues d'Argenteuil, Mame (E13) = Sm 58 %, I/micas 36 %, K 6 % ; Mame (E14) = Sm 80 %, I/micas 17 %, K 3 %.	3
e7a	1	57	57	57	Feuille 156 (e7a) : essentiellement I et attapulgites dans les marnes à Pholadomyes. Feuille 187 (e5-7a) : Ludien inférieur, Marnes et caillasses : - dans partie moyenne, Lutétien supérieur : argiles claires constituées de M, d'I et d'attapulgite parfois pure (100 %)	dép 77 : idem e7MS.	3
e6-7	1	34	34	34			2
e6a-b	1	40	40	40	Feuille 133 (e6-7) : principalement attapulgite, avec traces Sm et sépiolites.	dép 02 (e6bSO) : I = 60 à 100% ; S = 0 % à 35% ; K = 0 % à 20 % ; Att>70 % ds minces niveaux calcaires et Sépio 0 % à 60 % surtt ds partie sup des SO. dép 77 (e6CSO) : Dans les niveaux mameux du Calcaire de Saint-Ouen, la fraction argileuse : prédominance I et de l'attapulgite, présence de Sm, et au sommet des sépiolites.	2
e5b-7					Feuille 186 (e5c) : faciès marnes et caillasses = dans couche d'argiles claires M, I et attapulgite. Feuille 157 (e5c) : parfois 100 % d'attapulgites, composées de M et I.	dép 77 (e5C, e5MC) : Les Marnes et caillasses comportent des lits mameux ou argileux à attapulgite.	2
e4b	2	53	10	96		dép 02 (e4b(2)) : Argiles de Laon : Sm dominante, parfois traces de I et K (sur 10 échantillon). Dép 02 (E4b) : sables cuisien : K seule.	3
e4	8	64,5	10	100	Feuille 158 (e3) Sparnacien = argiles les mieux représentées sont Sm, K, interstratifiés 10-14 Sm et, à un degré moindre, I, pour les marnes blanches ; Sm, K associée à des interstratifiés 10-14 et 7-14 Sm et à très peu d'I pour les argiles et les sables ligniteux. Feuille 157 (e3) : argiles plastiques, marnes et lignites = K, M et I ; exclusivement I ; ou exclusivement K/M dit minéral X. 94 % de calcaire. Contiennent des niveaux d'argiles très purs (M 100 %, I 100 %, attapulgite 100 %)	dép 02 (e4a) : 96% M ; 3% I ; 1% K dép 77 (e4APS) : L'argile plastique : exclusivement Sm.	3
e3SGM	1	81	81	81			4
e3	3	91	90	93			4
c1a-b	3	63	32	90		dép 02 (c1a) : M = 90 % et I = 10% dép 10 (c1a) : 66 % de minéraux gonflants	3
n6cA	2	87,5	85	90	Feuille 134 (n6Gz) : smectite prédominante dans la fraction fine.		4
n6AGB	16	55	5	95	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;	dép 10 (n6AGB) : Sm 36 %, I 27 %, M 8 %, K 25 %, I/Sm 2 % avec traces de C et I/C dép 52 (n6AGB) : 62 % de minéraux gonflants (2 valeurs).	3
n5b-6a	1	45	20	25	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.	dép 10 (n6a) : Sm 55 %, I 5 %, K 4 %, I/Sm 10 %. dép 10 (n5b) : Sm 48 %, I 23 %, K 19 %, I/Sm 2 % avec traces de C et de I/C. dép 52 (n5S) : 68 % de minéraux gonflants	2
n5a	1	45	20	25		dép 10 (n5a) : Sm 9 %, I 35 %, K 38 %, C 8 %, I/Sm 2 % avec traces de I/C.	2
n4b-a	2	28	14	42	Feuille 190 (n4bG) : Dans le cortège minéralogique argileux, l'illite domine la kaolinite (75 % -15 %), la muscovite peut être présente. Feuille 190 (n4aO - ann 4A) : minéraux argileux par ordre d'importance décroissante, illite, kaolinite, chlorite, interstratifiés	dép 10 (n4b) : K 80 %, I 11 %, C 4 % avec traces de I/Sm et de I/C. Dép 10 (n4a) : K 49 %, I 36 %, C 8 % avec traces de I/C.	2
n2-3S	2	41,5	25	58	Feuille 190 (n2) : minéraux argileux par ordre d'importance décroissante, la kaolinite, l'illite, la chlorite et les interstratifiés irréguliers illite-smectite	dép 10 (n2-3S) : K 10 %, 7 % de calcite avec traces de I/C.	2

L'ensemble des données ayant servi à la caractérisation minéralogique des formations argileuses ou marneuses du département est synthétisé dans le tableau de l'illustration 36. La détermination du pourcentage moyen de minéraux gonflants a été faite en prenant en compte l'ensemble des données recueillies.

Notons que les données recueillies sont pour l'essentiel des résultats d'analyses diffractométriques aux rayons X, valeurs factuelles qui permettent une hiérarchisation des matériaux selon un critère purement local et ne sont pas nécessairement représentatifs de l'ensemble de la formation géologique, lorsque celle-ci présente de fortes variabilités spatiales.

## **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<sub>n</sub>)**

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 mètres) 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 mètres 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 mètres 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 (Ip)

Il est calculé à partir des limites d'Atterberg qui mettent en évidence l'influence de la teneur en eau sur la consistance du matériau fin. Cet indice correspond à la différence entre la limite de liquidité (Wl) et la limite de plasticité (Wp) du matériau. Il représente donc l'étendue du domaine plastique et donne une indication sur l'aptitude du matériau argileux à acquérir de l'eau.

On considère généralement que la susceptibilité d'une argile au retrait-gonflement varie en fonction de l'indice de plasticité Ip comme indiqué dans le tableau ci-dessous (Illustration 37), bien que les valeurs de coupures proposées pour les deux premières classes paraissent plutôt sous-évaluées à l'expérience :

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 37 - Barème du critère géotechnique suivant l'indice de plasticité

### 5.4.4. Essais au bleu de méthylène (Vb)

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. Elle permet d'évaluer la surface spécifique d'échange d'un matériau argileux, ce qui constitue un bon indicateur de sa susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement.

On considère généralement (Chassagneux *et al.*, 1998) que la sensibilité d'un matériau argileux varie en fonction de la valeur de bleu (Vb) selon le barème présenté dans le tableau suivant (Illustration 38) :

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 38 - Barème du critère géotechnique suivant la valeur de bleu

Les valeurs au bleu disponibles pour certaines formations concernées dans la présente étude se sont révélées assez nombreuses. Ce paramètre permet, avec le concours avantageux des limites d'Atterberg, une analyse statistique du comportement au retrait-gonflement.

#### 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 39).

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 39 - Barème du critère géotechnique suivant le retrait linéaire

#### 5.4.6. Caractérisation géotechnique

Les sources des données utilisées proviennent en grande partie de dossiers d'archives de la SNCF, issues notamment des études réalisées par des bureaux d'études sous-traitants (Sicsol, Roger Martin SA, etc.) en préalable à la construction de la LGV (ligne à grande vitesse).

Le reste des données géotechniques exploitées est issu de la consultation de dossiers d'études des CETE Nord-Picardie et de l'Est, ainsi que de résultats de rapports aimablement communiqués par différents bureaux d'études dont Fondasol, ICSEO, et CEBTP-Solen). Que tous ces organismes soient ici remerciés pour leur précieuse collaboration.

Par ailleurs 14 échantillons, prélevés sur le terrain dans le cadre spécifique de la présente étude, ont fait l'objet d'une caractérisation géotechnique (valeur au bleu de méthylène). Les points de prélèvement de ces échantillons et les résultats d'essais sont précisés en annexe 4.

- Pour l'indice de plasticité, 544 données ont ainsi été recueillies, provenant principalement du traitement de dossiers du CETE Nord-Picardie (277), des archives de la SNCF (140) et de bureaux d'études (127).
- Pour la valeur de bleu, 1 019 données ont été exploitées, provenant pour l'essentiel du traitement des dossiers d'archives de la SNCF (805), du CETE Nord-Picardie (138), et de bureaux d'études (76).

Les données provenant du CETE comprennent celles du CETE de l'Est et du CETE Nord-Picardie ; de même pour le LRPC, il s'agit là, des données du LRPC de Nancy.

Le nombre d'éléments recueillis auprès des différents partenaires consultés est précisé dans le tableau ci-dessous (Illustration 40).

Organisme ou bureau d'étude fournisseur de données	Nombre de dossiers	Nombre d'indices de plasticités relevées	Nombre de valeurs au bleu relevées	Observations
SNCF	975	140	805	Reconnaissance avant construction + expertise
CETE	411	277	138	Données d'expertise
FONDASOL	119	82	54	Reconnaissance avant construction + expertise
CEBTP SOLEN	34	5	13	Reconnaissance avant construction + expertise
ICSEO	57	40	9	Reconnaissance avant construction + expertise
<b>Total</b>	<b>1596</b>	<b>544</b>	<b>1019</b>	

*Illustration 40 - Source des données géotechniques exploitées*

De plus, les données géotechniques recueillies lors de la réalisation de l'étude de l'aléa retrait-gonflement dans les départements proches (Aube, Haute-Marne, Meuse, Seine-et-Marne) ont été utilisées.

En définitive, les données dont nous avons pu disposer permettent de caractériser la totalité des formations. Ces données sont synthétisées dans le tableau de l'illustration 41.

Code	Nom des formations argileuses	Données du département								Données relatives aux études d'autres départements (10, 52, 55, 77)								Note géotechnique
		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	
FV	Formations de versants	83	0,75	0,11	2	17	9,27	4	18,6									1
CC	Colluvions sur substratum crayeux	49	0,9	0,29	2,4	46	11,61	4	26									1
C	Colluvions issues des formations argileuses	3	2,33	2	3	11	17,77	3	56									2
A	Formations résiduelles argileuses	1	2,44	2,4	2,4													1
LP	Limons des plateaux	267	3,5	0,179	25,6	58	15,1	1	67	347	3,59	0,6	8,77	671	18,13	3	56	2
T	Dépôts tourbeux	1	1,37	1,4	1,4	4	20,6	14	27,5					50	25	10	40	3
Fz	Alluvions actuelles et récentes	29	0,8	0,09	2,81	22	18,6	7	34	145	3,37	0,05	11,9	215	26,41	1	144	1
Fy	Alluvions fluviatiles anciennes	43	0,7	0,02	2,2	74	13,2	2	29,8	83	1,27	0,04	6,7	101	19,22	2	48	1
AMB	Argiles à meulrières de Brie	52	6,7	2,39	16,2	46	35	11	86	31	5,1	1,1	12,5	286	28,3	2	112	3
g1a	Argiles et marnes vertes	2	3,76	3,22	4,3	6	42,8	10	60	18	9,7	6	14	409	42,1	17	78	4
e7b	Marnes supragypseuses	182	6,5	1,25	15,2	39	37,2	16,9	68,2	16	4,7	2,4	8,5	305	37,7	4	101	3
e7a	Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes	5	4,49	3,43	6,91	2	34,6	24,1	45					50	34,4	11	66	2
e6-7	Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien	1	5,6	5,6	5,6	12	59,8	31	127									3
e6a-b	Marnes et calcaires de Saint-Ouen	77	6,5	0,29	17,7	10	33,2	17	46	36	2,3	0,7	5,9	201	26	5	65	3
e5b-7	Calcaires, marnes et caillasses	115	5,2	0,25	15,8	20	44,5	14	99					72	16,5	5	63	2
e4b	Sables, grès et conglomérats	14	1,56	0,2	2,2	20	20,6	6	40									1
e4	Calcaires, sables et argiles plastiques	8	3	0,61	9,1	115	38,1	4	108					109	40,5	8	90	4
e3cGM	Grès et marnes du Thanétien	77	1,5	0,13	6	6	14,7	1	33,3									1
e3	Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaires	1	9,94	9,9	9,9													4
c1a-b	Craie, marnes et argiles du Cénomanién	1	1,2	1,2	1,2					2	2,52	0,9	4,25	7	18,5	12	31	2
n6cA	Gaize d'Argonne	1	5,73	5,73	5,73					1	3,87	3,87	3,87					2
n6AGB	Argiles du Gault et Marnes de Brienne	1	1,83	1,83	1,83	18	31,4	18	42	82	5,13	1,2	8,6	104	28,7	15	55	3
n5b-6a	Sables blancs et Sables verts	1	4,62	4,62	4,62					90	3,63	1,6	7,1	28	24,69	11,1	50	2
n5a	Argiles à plicatules	1	3,47	3,47	3,47					52	3,67	1,2	5,12	77	21,33	12	50	2
n4b-a	Argiles, sables et grès du Barrémien	2	3,165	1,58	4,75					14	3	1,1	5,1	50	23,5	5	48	2
n2-3S	Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	3	2,41	0,8	3,83					6	1,1	0,8	3,85	14	24	10	48	1

Illustration 41 - Synthèse des données géotechniques (Indice de plasticité, Valeurs au bleu)



## 6. Élaboration de la carte de susceptibilité

### 6.1. DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE SUSCEPTIBILITÉ

Au total, chaque formation a donc été caractérisée par trois notes, une pour chacun des critères pris en compte selon les classifications présentées précédemment. La moyenne des trois notes obtenues permet de calculer, pour chaque formation, un degré de susceptibilité générale vis à vis du retrait-gonflement.

Pour les formations dont l'une des caractéristiques n'a pu être évaluée, la moyenne est effectuée à partir des deux autres notes. La moyenne ainsi obtenue est potentiellement comprise entre 1 et 4. Les classes de susceptibilité déterminées à partir de la valeur moyenne ainsi calculée sont les suivantes (Illustration 42) :

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

Illustration 42 - Barème de détermination du degré de susceptibilité

Moyennant ce traitement, les notes de susceptibilité attribuées aux 26 formations retenues comme argileuses sont les suivantes (Illustration 43) :

N°	Code	Nom des formations argileuses	Notes			
			Litho	Minéralo	Géotech	Susceptibilité
1	FV	Formations de versants	2	2	1	1,67
2	CC	Colluvions sur substratum crayeux	2	-	1	1,00
3	C	Colluvions issues des formations argileuses	3	2	2	2,33
4	A	Formations résiduelles argileuses	3	4	1	2,67
5	LP	Limons des plateaux	1	2	2	1,67
6	T	Dépôts tourbeux	4	3	3	3,33
7	Fz	Alluvions actuelles et récentes	2	3	1	2,00
8	Fy	Alluvions fluviatiles anciennes	1	3	1	1,67
9	AMB	Argiles à meulière de Brie	3	2	3	2,67
10	g1a	Argiles et marnes vertes	3	3	4	3,33
11	e7b	Marnes supragypseuses	4	3	3	3,33
12	e7a	Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes	2	3	2	2,33
13	e6-7	Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien	1	2	3	2,00
14	e6a-b	Marnes et calcaires de Saint-Ouen	1	2	3	2,00
15	e5b-7	Calcaires, marnes et caillasses	2	2	2	2,00
16	e4b	Sables, grès et conglomérats	2	3	1	2,00
17	e4	Calcaires, sables et argiles plastiques	3	3	4	3,33
18	e3cGM	Grès et marnes du Thanétien	3	4	2	3,00
19	e3	Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaires	3	4	4	3,67
20	c1a-b	Craie, marnes et argiles du Cénomani	3	3	2	2,67
21	n6cA	Gaize d'Argonne	2	4	2	2,67
22	n6AGB	Argiles du Gault et Marnes de Brienne	4	3	3	3,33
23	n5b-6a	Sables blancs et Sables verts	1	2	2	1,67
24	n5a	Argiles à plicatules	4	2	2	2,67
25	n4b-a	Argiles, sables et grès du Barrémien	2	2	2	2,00
26	n2-3S	Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	2	2	1	1,67

Illustration 43 - Susceptibilité des formations argileuses retenues

## 6.2. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ

L'illustration 44 représente la carte départementale de susceptibilité au phénomène de retrait-gonflement, réalisée d'après les résultats présentés dans le tableau précédent. La carte départementale de susceptibilité a été établie à partir de la carte interprétée des formations potentiellement favorables 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 trois 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 environ 35,5 % de la superficie du département. Les 12 formations suivantes ont été rattachées à cette catégorie :

- FV – Formations de versants (459,09 km<sup>2</sup> soit 5,60 % de la superficie totale du département)
- CC – Colluvions sur substratum crayeux (307,42 km<sup>2</sup> soit 3,75 %)
- LP – Limons des plateaux (346,2 km<sup>2</sup> soit 4,22 %)
- Fz – Alluvions actuelles et récentes (649 km<sup>2</sup> soit 7,92 %)
- Fy – Alluvions fluviales anciennes (757,6 km<sup>2</sup> soit 9,24 %)
- e6-7 – Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien (10,6 km<sup>2</sup> soit 0,13 %)
- e6a-b – Marnes et calcaires de Saint-Ouen (74,1 km<sup>2</sup> soit 0,90 %)
- e5b-7 – Calcaires, marnes et caillasses (117,8 km<sup>2</sup> soit 1,44 %)
- e4b – Sables, grès et conglomérats (108,3 km<sup>2</sup> soit 1,32 %)
- n5b-6a – Sables blancs et Sables verts (52,3 km<sup>2</sup> soit 0,64 %)
- n4b-a – Argiles, sables et grès du Barrémien (16,5 km<sup>2</sup> soit 0,20 %)
- n2-3S – Calcaires à spatangues et Sables valanginiens (7,2 km<sup>2</sup> soit 0,09 %)

Les formations moyennement susceptibles couvrent environ 16,7 % de la superficie du département et sont au nombre de huit :

- C – Colluvions issues des formations argileuses (380,7 km<sup>2</sup> soit 4,64%)
- A – Formations résiduelles argileuses (4,1 km<sup>2</sup> soit 0,05 %)
- AMB – Argiles à meulière de Brie (458,6 km<sup>2</sup> soit 5,59 %)
- e7a – Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes (163,4 km<sup>2</sup> soit 1,99 %)
- e3cGM – Grès et marnes du Thanétien (4,3 km<sup>2</sup> soit 0,05 %)
- c1a-b – Craie, marnes et argiles du Cénomaniens (80 km<sup>2</sup> soit 0,98 %)
- n6cA – Gaize d'Argonne (224,8 km<sup>2</sup> soit 2,74 %)
- n5a – Argiles à plicatules (7,7 km<sup>2</sup> soit 0,09 %)

Enfin, les 6 formations suivantes, couvrant 6 % de la superficie totale du département, ont été considérées comme fortement susceptibles :

- T – Dépôts tourbeux (36,6 km soit 0,45 %)

- g1a – Argiles et marnes vertes (57,9 km<sup>2</sup> soit 0,71 %)
- e7b – Marnes supragypseuses (101 km<sup>2</sup> soit 1,23 %)
- e4 – Calcaires, sables et argiles plastiques (125,6 km<sup>2</sup> soit 1,53 %)
- e3 – Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaire (16,4 km<sup>2</sup> soit 0,20 %)
- n6AGB – Argiles du Gault et Marnes de Brienne (154,3 km<sup>2</sup> soit 1,88 %)

Les formations *a priori* non argileuses occupent 42,41% de la surface du département.

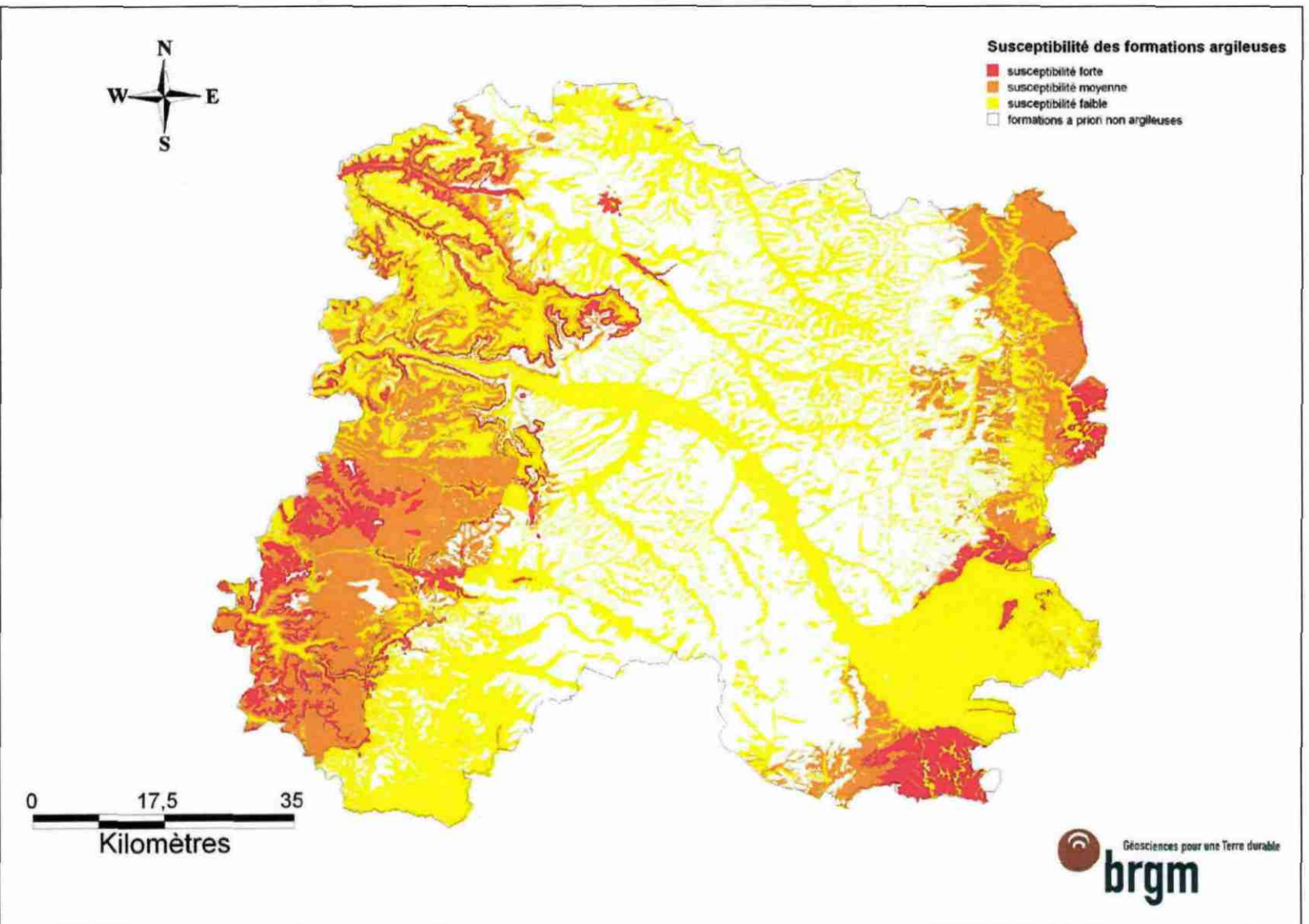


Illustration 44 - Carte de susceptibilité au retrait-gonflement des sols argileux

## **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.

De surcroît, ces études préalables sont généralement très succinctes. Une visite de terrain permet de réaliser un bref audit des sinistres, de noter les dates d'apparition des premiers désordres (pour les comparer avec les chroniques pluviométriques), d'observer les pathologies et la nature des terrains, de noter la présence éventuelle de végétation arborée à proximité du bâti sinistré et de recueillir le témoignage des propriétaires. L'examen de la carte géologique du BRGM à l'échelle 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 ne constituent donc qu'une première approche, souvent très sommaire, du problème. Après reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle dans la commune, des études plus approfondies sont généralement réalisées à la demande des compagnies d'assurance afin de déterminer le niveau de remboursement des dégâts et proposer des solutions de confortement. Les experts en charge de ces diagnostics font alors souvent appel à des bureaux d'études spécialisés pour réaliser des études géotechniques qui permettent de préciser l'origine des désordres. Ces études de sols ne sont cependant pas systématiques.

## **7.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTRÉES**

### **7.2.1. Localisation des communes sinistrées**

Dans le département de la Marne, à la date du 30 novembre 2008, 14 communes ont toute été reconnues une seule fois 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 juillet et septembre 2003.

Les 14 communes reconnues en état de catastrophe naturelle lié à la sécheresse, représentent 2,3 % des 620 communes du département et couvrent également environ 2,3 % de sa superficie totale.

Au total, 7 arrêtés interministériels successifs reconnaissant l'état de catastrophe naturelle sécheresse ont été pris dans le département de la Marne, dont les dates s'échelonnent entre le 11/01/2005 et le 11/06/2008. Le nombre total d'occurrences reconnues, en distinguant par commune et par période, s'élève à 14. 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.

Arrêtés interministériels	nombre de communes
11/01/2005	8
22/11/2005	1
30/03/2006	1
05/05/2006	1
16/06/2006	1
27/07/2007	1
11/06/2008	1

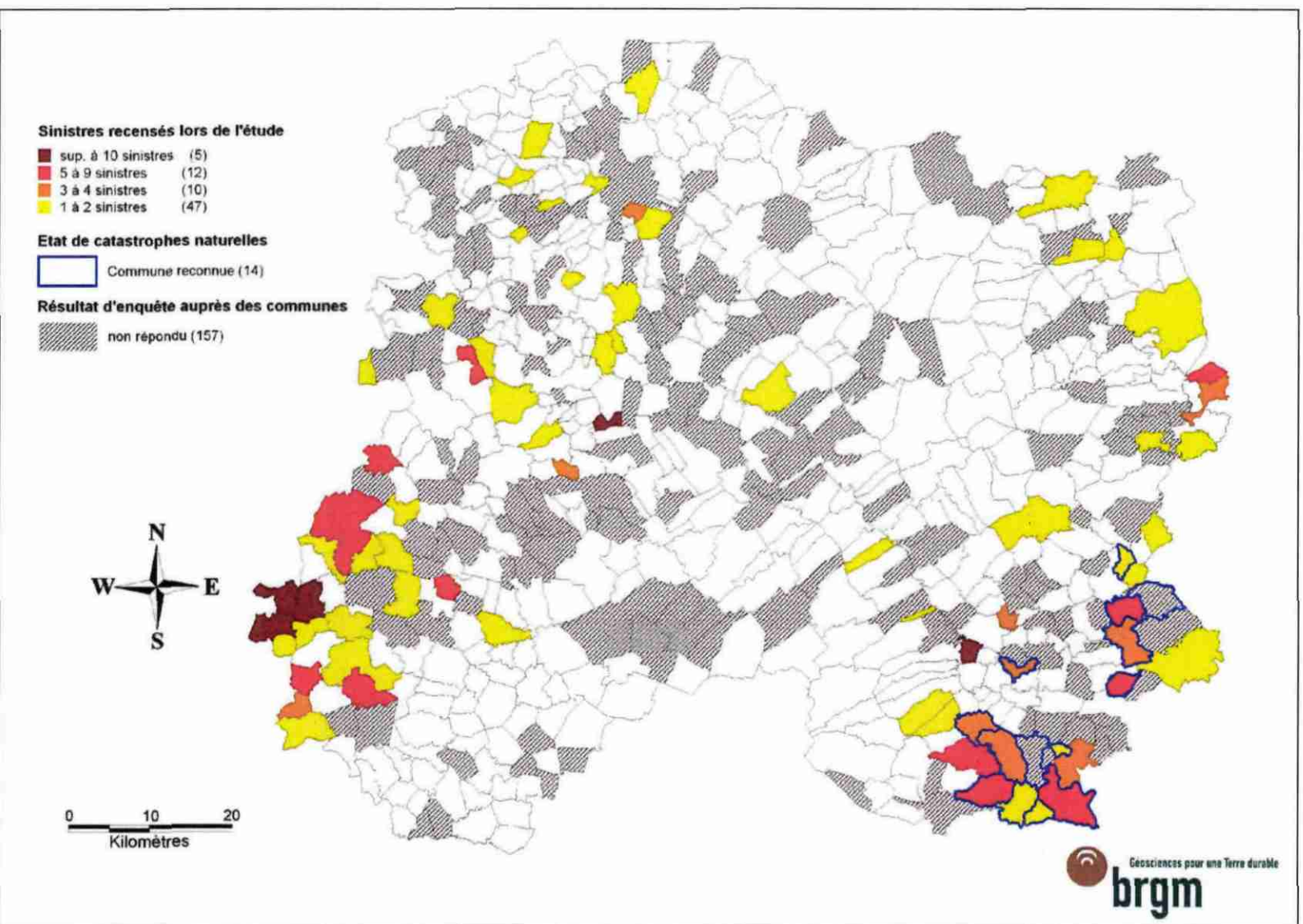
*Illustration 45 - Arrêtés interministériels et occurrences*

D'après les données disponibles sur le site internet « prim.net » du MEEDDAT à fin octobre 2008, ce nombre d'occurrences reconnues place le département à la 66<sup>ème</sup> position des départements français les plus touchés, loin derrière certains du Sud-Ouest (1 395 occurrences reconnues en Haute-Garonne, 1 251 dans le Gers, 1 071 en Dordogne, par exemple).

Si l'on se réfère au classement des départements français en termes de coût d'indemnisation, la Marne occupait la 69<sup>ème</sup> place en septembre 2008, avec un cumul indemnisé, dans le seul cadre des régimes des catastrophes naturelles, estimé par la CCR à 892 000 euros en coûts actualisés. A cette somme s'ajoutent 895 000 euros d'indemnisations versées au titre de la procédure exceptionnelle mise en place par la loi de finance 2006 pour indemniser les désordres les plus graves survenus au cours de l'été 2003 dans des communes non reconnues en état de catastrophe naturelle (soit 40 communes concernées dans le département). Dans ce cadre, 52 dossiers de sinistres ont été déposés en préfecture et 37 ont effectivement été retenus comme éligibles à une indemnisation (d'après les données du rapport du gouvernement au parlement sur l'indemnisation des dommages aux bâtiments causés par la sécheresse survenue durant l'été 2003, rapport publié en 2007).

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 parution au Journal Officiel. La carte de l'illustration 46 permet de localiser les 14 communes qui ont fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance à ce jour, ainsi que le nombre respectif de sinistres par commune localisés dans le cadre de la présente étude.

Cette carte illustre la principale localisation des communes reconnues en état de catastrophe naturelle pour le retrait-gonflement des argiles dans la partie sud-est du département.



*Illustration 46 - Communes concernées par un arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse et nombre de sinistres recensés et localisés*

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

Les 14 communes de la Marne reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse ne l'ont été qu'une seule fois, uniquement pour la période de l'été 2003 (aucune reconnaissance avant).

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).

La période « sèche » majeure correspond dans le département à l'année 2003, pour laquelle les 14 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse pour la seule et unique fois à ce jour (annexe 2).

### **7.3. COLLECTE DES DONNÉES DE SINISTRES**

Le recensement des sinistres a été réalisé à partir de sources d'informations complémentaires, à savoir la consultation des dossiers de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle archivés au SIRACEDPC de la Préfecture de Châlons-en-Champagne, une enquête auprès de l'ensemble des communes de la Marne, et le recueil de données auprès de la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) ainsi que dans les archives du BRGM.

L'enquête effectuée auprès des communes pour le recensement des sinistres (et d'éventuelles données d'études de sol) s'est faite par envoi d'un courrier adressé, par l'intermédiaire de la Préfecture de la Marne, aux maires des 620 communes. Les réponses sont parvenues entre février 2007 et novembre 2008. Le taux de réponse a été correct puisque 74,68% des communes de la Marne ont répondu. Parmi les communes reconnues en état de catastrophe naturelle, seule Arrigny n'a pas répondu, soit un taux d'échec de 7,1 %. Ceci n'a pas d'incidence sur la fiabilité globale des données.

Finalement, 276 sites de sinistres ont été recensés dont 275 ont pu être localisés avec précision. En effet, le seul sinistre déclaré par la commune de Sermaize-les-Bains n'a pas été suffisamment renseigné pour que sa localisation soit possible. La localisation des sinistres a été effectuée sur fonds topographiques de l'IGN à 1/25 000. Ce travail a été réalisé grâce aux plans de localisation renvoyés par les communes, ou figurant dans les dossiers préfectoraux et ceux des différents bureaux d'étude, ainsi que par la consultation des sites internet [www.maporama.fr](http://www.maporama.fr), [www.viamichelin.fr](http://www.viamichelin.fr). Ces sinistres se répartissent dans 74 communes, soit près de 12 % des 620 communes du département.

Il est à noter que 173 des 275 sinistres localisés se sont produits au cours de l'année 2003, ce qui représente 62,7 % des sinistres localisés, 26 étant postérieurs à 2003.

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

Le nombre de sinistres par commune est très variable : sur les 74 communes touchées, 57 d'entre elles comptent moins de 5 sinistres, 12 en comptent entre 5 et 9, et 3 communes entre 17 et 28 sinistres.

D'un point de vue géographique, les communes les plus sinistrées sont majoritairement présentes dans le sud-ouest du département (sud-est de la Brie), et le pays du lac du Der, en limite avec le nord de la Haute-Marne.

Finalement, ces données indiquent que la répartition géographique des sinistres est très inégale, mais qu'elle n'est pas le fruit du hasard et qu'elle est étroitement liée aux zones d'affleurement de certaines formations géologiques.

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

L'examen des études réalisées après sinistres indique que 98,5 % des sinistres répertoriés et localisés (271 sur 275) sont répartis sur les formations argilo-marneuses retenues comme étant potentiellement sujettes au phénomène de retrait-gonflement, ces dernières occupant 58,24 % de la surface du département (Illustration 47).

4 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 surtout le fait que la représentation cartographique des formations argileuses, en l'état actuel des connaissances n'est pas parfaite dans le détail, même si elle reflète assez fidèlement la réalité à l'échelle départementale.

Parmi les formations retenues comme argileuses au sens large, 8 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 actuelles et récentes : 11
- Fy – Alluvions fluviales anciennes : 52
- AMB – Argiles à meulière de Brie : 27
- e7b – Marnes supragypseuses : 10
- e7a – Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes : 32
- e6a-b – Calcaires lagunaires, marnes et calcaires de Saint-Ouen : 21
- c1a-b – Craie, marnes et argiles du Cénomaniens : 21
- n6AGB – Argiles du Gault et Marnes de Brienne : 37

Parmi les formations identifiées comme argilo-marneuses, 6 ne comptent aucun sinistre recensé à ce jour. Il s'agit des formations A, T, e3cGM, n5b-6a, n5a et n2-3S. Il faut cependant noter que ces formations n'affleurent que de manière très marginale dans le département (taux d'affleurement toujours inférieur à 0,65 %).

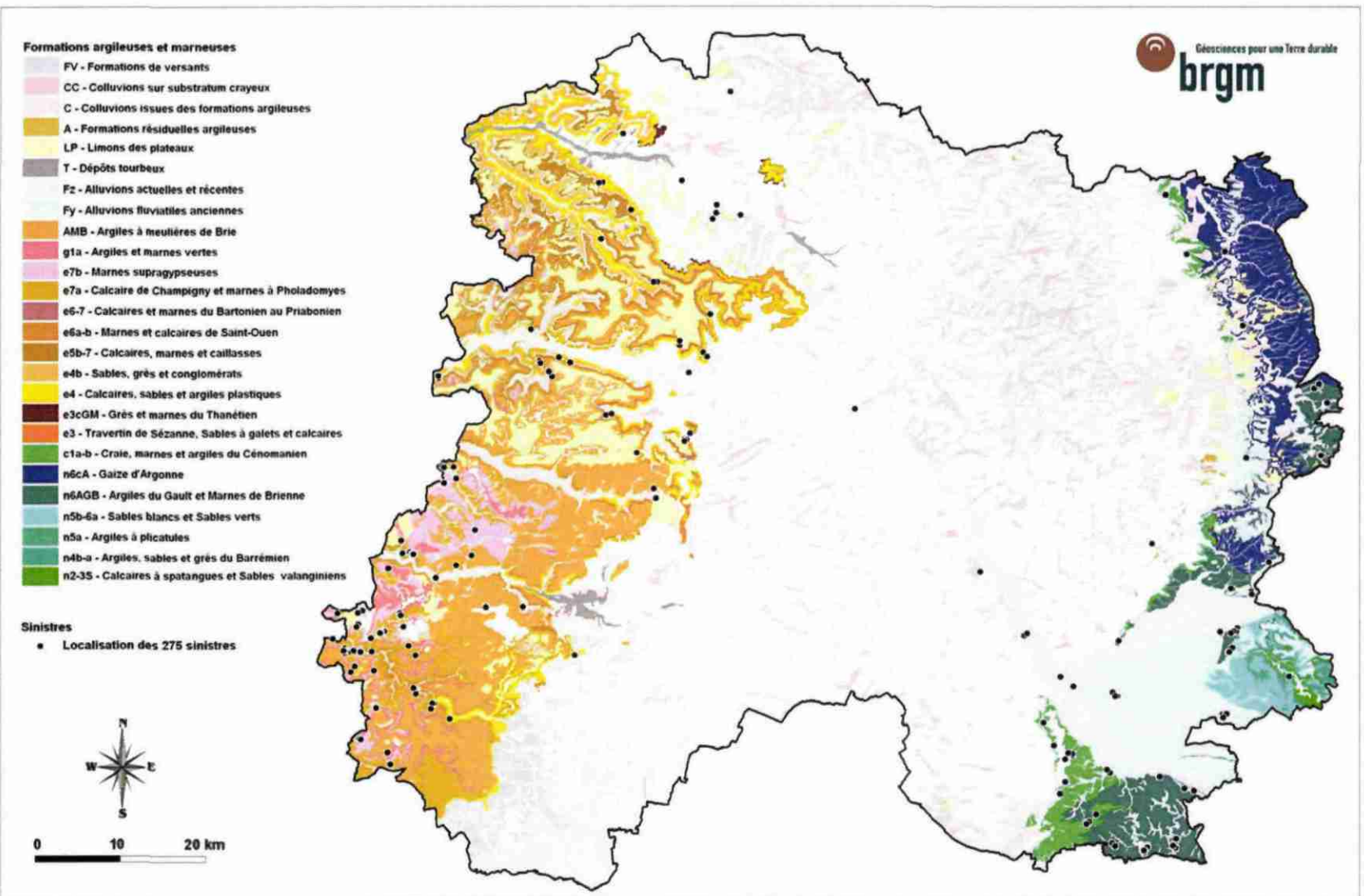


Illustration 47 - Répartition géologique des sinistres recensés et localisés

## **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 km<sup>2</sup> de surface d'affleurement). Cependant, il faut garder à l'esprit que l'urbanisation n'est pas uniforme sur l'ensemble du département, ce qui pourrait 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. Aussi, les densités de sinistres par formation géologique ont été ramenées à 100 km<sup>2</sup> 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. Ils ont ensuite été numérisés et superposés à la carte synthétique des formations argileuses et marneuses. Ceci a permis de calculer, pour chacune des 26 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 246,5 km<sup>2</sup>, soit environ 3 % de la superficie totale (Illustration 48).

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 153,6 km<sup>2</sup>, soit environ 3,2 % 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 49.

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 le cas de 3 formations (A, n5a et n2-3S) dont la surface d'affleurement urbanisée est si réduite que la présence d'un seul sinistre aboutirait à une note de densité élevée qui ne pourrait être considérée comme réellement significative.

Étant donnée la faible valeur statistique des données de sinistralité recueillies à ce jour dans le département, il convient en tout état de cause de traiter avec prudence les notes attribuées sur cette base, y compris pour certaines formations qui semblent présenter une sinistralité élevée mais dont la surface d'affleurement urbanisée est en réalité très faible, ce qui oblige à relativiser ce résultat. Ceci concerne notamment les formations g1a et e6-7 pour lesquelles la forte sinistralité découle du recensement de 9 sinistres seulement pour chacune d'elles.

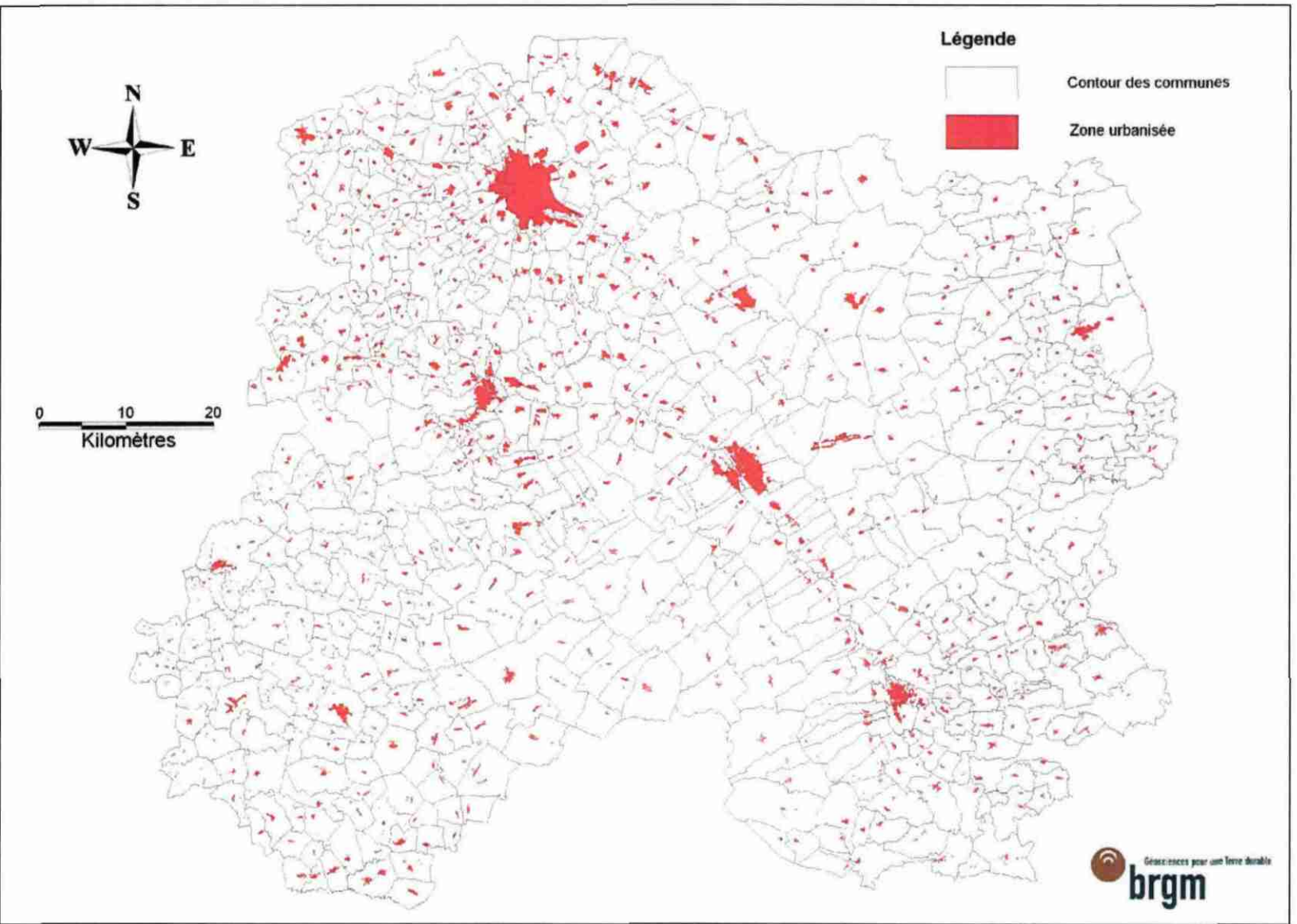


Illustration 48 - Carte des zones urbanisées sur le département de la Marne

N°	Code	Nom des formations argileuses	SINISTRES		AFFLEUREMENT		URBANISATION		Densité de sinistres (pour 100km <sup>2</sup> urbanisés)
			Nombre de sinistres	% de sinistres	Surface d'affleurement (km <sup>2</sup> )	%	Surface urbanisée	% urbanisation	
1	FV	Formations de versants	3	1,09%	459,098	5,60%	13,3173	5,40%	23
2	CC	Colluvions sur substratum crayeux	2	0,73%	307,425	3,75%	10,5239	4,27%	19
3	C	Colluvions issues des formations argileuses	9	3,27%	380,773	4,64%	14,6142	5,93%	62
4	A	Formations résiduelles argileuses	0	0,00%	4,166	0,05%	0,0828	0,03%	0
5	LP	Limons des plateaux	6	2,18%	346,227	4,22%	5,4062	2,19%	111
6	T	Dépôts tourbeux	0	0,00%	36,649	0,45%	0,8666	0,35%	0
7	Fz	Alluvions actuelles et récentes	11	4,00%	649,012	7,92%	34,5783	14,03%	32
8	Fy	Alluvions fluviatiles anciennes	52	18,91%	757,657	9,24%	40,3489	16,37%	129
9	AMB	Argiles à meulrières de Brie	27	9,82%	458,653	5,59%	4,2181	1,71%	640
10	g1a	Argiles et marnes vertes	9	3,27%	57,968	0,71%	0,5355	0,22%	1 681
11	e7b	Marnes supragypseuses	10	3,64%	101,058	1,23%	1,6209	0,66%	617
12	e7a	Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes	32	11,64%	163,475	1,99%	3,1059	1,26%	1 030
13	e6-7	Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien	9	3,27%	10,614	0,13%	0,2134	0,09%	4 218
14	e6a-b	Marnes et calcaires de Saint-Ouen	21	7,64%	74,127	0,90%	2,1651	0,88%	970
15	e5b-7	Calcaires, marnes et caillasses	2	0,73%	117,852	1,44%	1,5326	0,62%	130
16	e4b	Sables, grès et conglomérats	9	3,27%	108,326	1,32%	4,3360	1,76%	208
17	e4	Calcaires, sables et argiles plastiques	7	2,55%	125,611	1,53%	7,4708	3,03%	94
18	e3cGM	Grès et marnes du Thanétien	0	0,00%	4,263	0,05%	0,4270	0,17%	0
19	e3	Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaires	1	0,36%	16,420	0,20%	0,7093	0,29%	141
20	c1a-b	Craie, marnes et argiles du Cénomanién	21	7,64%	80,047	0,98%	1,6969	0,69%	1 238
21	n6cA	Gaize d'Argonne	2	0,73%	224,858	2,74%	2,8647	1,16%	70
22	n6AGB	Argiles du Gault et Marnes de Brienne	37	13,45%	154,363	1,88%	2,0671	0,84%	1 790
23	n5b-6a	Sables blancs et Sables verts	0	0,00%	52,350	0,64%	0,6750	0,27%	0
24	n5a	Argiles à picatules	0	0,00%	7,728	0,09%	0,0332	0,01%	0
25	n4b-a	Argiles, sables et grès du Barrémien	1	0,36%	16,470	0,20%	0,1732	0,07%	577
26	n2-3S	Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	0	0,00%	7,252	0,09%	0,0368	0,01%	0
<b>Total des formations argileuses</b>			<b>271</b>	<b>98,55%</b>	<b>4 722,44</b>	<b>57,59%</b>	<b>153,6197</b>	<b>62,32%</b>	<b>176</b>
<b>Formations a priori non argileuses</b>			<b>4</b>	<b>1,45%</b>	<b>3 477,06</b>	<b>42,41%</b>	<b>92,8943</b>	<b>37,68%</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>			<b>275</b>	<b>100,00%</b>	<b>8 199,50</b>	<b>100,00%</b>	<b>246,514</b>	<b>100,00%</b>	<b>112</b>

Illustration 49 - Taux d'urbanisation et nombre de sinistres par formation

#### 7.4.2. Détermination du critère densité de sinistres

Les éléments décrits dans la méthodologie, permettent de calculer des densités de sinistres par formation géologique, en prenant en compte la surface urbanisée de la formation. Sous réserve des limites évoquées précédemment quant à la faiblesse statistique de l'échantillon considéré pour certaines formations de faible extension géographique, les résultats obtenus permettent néanmoins de hiérarchiser les formations géologiques en termes de densité de sinistres (Illustration 50) en tenant compte de leur taux d'urbanisation effectif.

La densité de sinistres moyenne calculée sur l'ensemble des formations considérées comme argileuses s'élève à 176 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> d'affleurement réellement urbanisé alors qu'elle ne dépasse pas 4 pour les formations considérées comme a priori non argileuses. La moyenne des densités calculées pour chacune des formations argileuses s'élève quant à elle à 530. Au total, 8 formations, soit un tiers des formations identifiées comme argileuses ou marneuses, présentent une densité de sinistre supérieure à cette valeur moyenne, qui peut être considérée comme référence pour classer les formations en fonction de leur degré de sinistralité, au vu des données actuellement disponibles.

Afin de hiérarchiser les formations argileuses selon leur degré de sinistralité, c'est ce seuil (530 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> d'affleurement urbanisé) 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 530 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité inférieure à la moyenne des zones argileuses) ;

- note 2 : entre 530 et 1060 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> 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 1060 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> de surface urbanisée dans la formation (ce qui correspond aux formations ayant une densité supérieure à deux fois la moyenne).

Quatre formations obtiennent ainsi une note de densité de sinistres de 3 : les *Argiles et marnes vertes* (g1a) du Rupélien, les *Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien* (e6-7), les *Craie, marnes et argiles du Cénomaniens* (c1a-b), et les *Argiles du Gault et Marnes de Brienne* (n6AGB).

Code	Nom des formations argileuses	Nb de sinistres	Densité de sinistres (pour 100km <sup>2</sup> urbanisés)	Note densité de sinistres
FV	Formations de versants	3	23	1
CC	Colluvions sur substratum crayeux	2	19	1
C	Colluvions issues des formations argileuses créacés et tertiaires	9	62	1
A	Formations résiduelles argileuses	0	0	NS
LP	Limons des plateaux	6	111	1
T	Dépôts tourbeux	0	0	1
Fz	Alluvions actuelles et récentes	11	32	1
Fy	Alluvions fluviatiles anciennes	52	129	1
AMB	Argiles à meulières de Brie	27	640	2
g1a	Argiles et marnes vertes	9	1 681	3
e7b	Marnes supragypseuses	10	617	2
e7a	Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes	32	1 030	2
e6-7	Calcaires et marnes	9	4 218	3
e6a-b	Marnes et calcaires de Saint-Ouen	21	970	2
e5b-7	Calcaires, marnes et caillasses	2	130	1
e4b	Sables, grès et conglomérats	9	208	1
e4	Calcaires, sables et argiles plastiques	7	94	1
e3cGM	Grès et marnes du Thanétien	0	0	NS
e3	Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaire	1	141	1
c1a-b	Craie, marnes et argiles du Cénomaniens	21	1 238	3
n6cA	Gaize d'Argonne	2	70	1
n6AGB	Argiles du Gault et Marnes de Brienne	37	1 790	3
n5b-6a	Sables blancs et Sables verts	0	0	1
n5a	Argiles à plicatules	0	0	1
n4b-a	Argiles, sables et grès	1	577	2
n2-3S	Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	0	0	NS
			Moyenne = 530	Seuil ≈ 530

Illustration 50 - Sinistralité (densité de sinistres par formation argileuse).

On constate que trois formations, caractérisées par une très faible extension géographique de leur surface d'affleurement dans le département, présentent une urbanisation trop limitée pour permettre de calculer une densité de sinistre représentative à partir d'un nombre de données aussi réduit. La note de sinistralité attribuée à ces trois formations n'est donc pas significative. Il s'agit des *Formations résiduelles argileuses* (A), des *Grès et marnes du Thanétien* (e3cGM) et des *Calcaires à spatangues et Sables valanginiens* (n2-3S).

Egalement de très faible extension, les *Argiles à plicatules* (n5a) ont été traités différemment. En effet, il s'agit d'une formation relativement homogène qui se poursuit de manière sensiblement plus étendue et sans changement notable de faciès sur les départements voisins de la Meuse et surtout de la Haute-Marne. Or, dans ces deux départements, aucun sinistre n'a non plus été signalé sur cette formation dont le niveau de sinistralité peut donc être considéré comme significativement faible.



## 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 prend donc la valeur 1, 2 ou 3.

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

Étant donné que la susceptibilité des formations géologiques a été définie en se basant sur trois critères différents (lithologique, minéralogique et géotechnique) et qu'elle représente une caractéristique intrinsèque de la formation, il a été décidé d'accorder deux fois plus de poids à l'indice de susceptibilité qu'à la note de densité de sinistres, ceci conformément à la méthodologie retenue au niveau national.

Pour chaque formation argileuse ou marneuse, on calcule donc un indice d'aléa en additionnant la note de densité de sinistres et le double de la note de susceptibilité. La valeur ainsi obtenue est un entier potentiellement compris entre 3 et 9. Les formations sont ensuite hiérarchisées 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

En ce qui concerne les formations A, e3cGM et n2-3S, pour lesquelles la densité de sinistres s'est avérée non significative, le niveau d'aléa est déterminée par la susceptibilité.

Les notes et le classement ainsi obtenus sont présentés dans le tableau de l'illustration 51.

Code	Nom des formations argileuses	Niveau de susceptibilité	Densité de sinistres (pour 100km <sup>2</sup> urbanisés)	Indice d'aléa	Aléa
FV	Formations de versants	1	1	3	Faible
CC	Colluvions sur substratum crayeux	1	1	3	Faible
C	Colluvions issues des formations argileuses Crétacé et Tertiaire	2	1	5	Faible
A	Formations résiduelles argileuses	2	NS	-	Moyen
LP	Limons des plateaux	1	1	3	Faible
T	Dépôts tourbeux	3	1	7	Moyen
Fz	Alluvions actuelles et récentes	1	1	3	Faible
Fy	Alluvions fluviales anciennes	1	1	3	Faible
AMB	Argiles à meulière de Brie	2	2	6	Moyen
g1a	Argiles et marnes vertes	3	3	9	Fort
e7b	Marnes supragypseuses	3	2	8	Fort
e7a	Calcaire de Champagne et marnes à Pholadomyes	2	2	6	Moyen
e6-7	Calcaires et marnes	1	3	5	Faible
e6a-b	Marnes et calcaires de Saint-Ouen	1	2	4	Faible
e5b-7	Calcaires, marnes et caillasses	1	1	3	Faible
e4b	Sables, grès et conglomérats	1	1	3	Faible
e4	Calcaires, sables et argiles plastiques	3	1	7	Moyen
e3cGM	Grès et marnes du Thanétien	2	NS	-	Moyen
e3	Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaire	3	1	7	Moyen
c1a-b	Craie, marnes et argiles du Cénomaniens	2	3	7	Moyen
n6cA	Gaize d'Argonne	2	1	5	Faible
n6AGB	Argiles du Gault et Marnes de Brienne	3	3	9	Fort
n5b-6a	Sables blancs et Sables verts	1	1	3	Faible
n5a	Argiles à plicatules	2	1	5	Faible
n4b-a	Argiles, sables et grès	1	2	4	Faible
n2-3S	Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	1	NS	-	Faible

Illustration 51 - Niveau d'aléa des formations

Trois formations sont ainsi considérées en aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Les *Argiles et marnes vertes* du Rupélien (g1a), les *Marnes supragypseuses* (e7b) et les *Argiles du Gault et Marnes de Brienne* (n6AGB). Elles résultent toutes d'une susceptibilité forte associée à une densité de sinistres moyenne à forte. Ces trois formations représentent au total 3,82 % de la superficie départementale (Illustration 52).

Huit formations ont été finalement considérées en aléa moyen. Ce classement résulte, généralement d'une susceptibilité moyenne associées à une densité de sinistre moyenne (ou non significative pour une formation de faible extension géographique). Pour 3 formations, ce classement traduit une susceptibilité qui avait été jugée élevée mais associée à une sinistralité faible. Ce dernier cas concerne les formations suivantes : les *Dépôts tourbeux*, les *Calcaires, sables et argiles plastiques* et les *Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaires*. Ces 8 formations classées en aléa moyen couvrent au total 10,85 % de la superficie départementale.

Enfin, quinze formations, couvrant au total 42,93 % de la superficie départementale, ont été considérées comme présentant un aléa faible vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Elles résultent d'une susceptibilité faible assortie d'une sinistralité faible à moyenne (voire non significative), ou d'une susceptibilité moyenne combinée à une densité de sinistres faible.

N°	Code	Formation	Surface d'affleurement (km <sup>2</sup> )	Proportion superficielle totale	Niveau d'aléa
10	g1a	Argiles et marnes vertes	57,966	0,71%	3
11	e7b	Marnes supragypseuses	101,058	1,23%	3
22	n6AGB	Argiles du Gault et Marnes de Brienne	154,363	1,88%	3
<b>Total formations classées en aléa fort</b>			<b>313,39</b>	<b>3,82%</b>	
4	A	Formations résiduelles argileuses	4,166	0,05%	2
6	T	Dépôts tourbeux	36,649	0,45%	2
9	AMB	Argiles à meulrières de Brie	458,653	5,59%	2
12	e7a	Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes	163,475	1,99%	2
17	e4	Calcaires, sables et argiles plastiques	125,611	1,53%	2
18	e3cGM	Grès et marnes du Thanétien	4,263	0,05%	2
19	e3	Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaires	16,420	0,20%	2
20	c1a-b	Craie, marnes et argiles du Cénomanién	80,047	0,98%	2
<b>Total formations classées en aléa moyen</b>			<b>889,28</b>	<b>10,85%</b>	
1	FV	Formations de versants	459,098	5,60%	1
2	CC	Colluvions sur substratum crayeux	307,425	3,75%	1
3	C	Colluvions issues des formations argileuses crétacés et tertiaires	380,773	4,64%	1
5	LP	Limons des plateaux	346,227	4,22%	1
7	Fz	Alluvions actuelles et récentes	649,012	7,92%	1
8	Fy	Alluvions fluviales anciennes	757,657	9,24%	1
13	e6-7	Calcaires et marnes	10,614	0,13%	1
14	e6a-b	Marnes et calcaires de Saint-Ouen	74,127	0,90%	1
15	e5b-7	Calcaires, marnes et caillasses	117,852	1,44%	1
16	e4b	Sables, grès, conglomérats	108,326	1,32%	1
21	n6cA	Gaize d'Argonne	224,858	2,74%	1
23	n5b-6a	Sables blancs et Sables verts	52,350	0,64%	1
24	n5a	Argiles à plicatules	7,728	0,09%	1
25	n4b-a	Argiles, sables et grès	16,470	0,20%	1
26	n2-3S	Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	7,252	0,09%	1
<b>Total formations classées en aléa faible</b>			<b>3 519,77</b>	<b>42,93%</b>	
<b>Formations a priori non argileuses</b>			<b>3 477,06</b>	<b>42,41%</b>	
<b>Total département</b>			<b>8 199,50</b>		

Illustration 52 - Classement des formations argilo-marneuses par niveau d'aléa

La comparaison des niveaux d'aléa ainsi caractérisés par formation avec ceux attribués dans les départements voisins déjà couverts par de telles cartes d'aléa, on observe une cohérence globale assez bonne. Il apparaît néanmoins une légère différence d'interprétation concernant la formation des *Dépôts tourbeux* : cette formation avait été caractérisée par un niveau d'aléa fort dans l'Aube et la Seine-et-Marne alors qu'elle apparaît en aléa moyen dans la Marne. Dans tous les cas, la susceptibilité a été jugée élevée mais la différence résulte d'une sinistralité faible dans la Marne alors qu'elle avait dû être considérées comme non significative dans l'Aube et la Seine-et-Marne où l'extension géographique de cette formation est très restreinte.

En revanche et comme expliqué ci-dessus, pour la formation des *Argiles à plicatules*, l'aléa a été calqué sur celui de la Haute-Marne pour pallier l'impossibilité de prendre en compte la sinistralité réelle calculée dans la Marne (non significative du fait d'une urbanisation marginale). De ce point de vue, les données de sinistralité du département de la Haute-Marne apparaissent davantage représentatives et ont donc été extrapolées dans la mesure où cette formation géologique, d'extension régionale, apparaît relativement homogène.

## 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 53 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 trois couleurs (jaune, orange et rouge) correspondant à leur niveau d'aléa retrait-gonflement (respectivement faible, moyen et fort).

Les zones blanches de la carte correspondent aux formations *a priori* non argileuses, et donc théoriquement dépourvues de tout aléa. Elles couvrent 42,41 % de la superficie départementale.

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

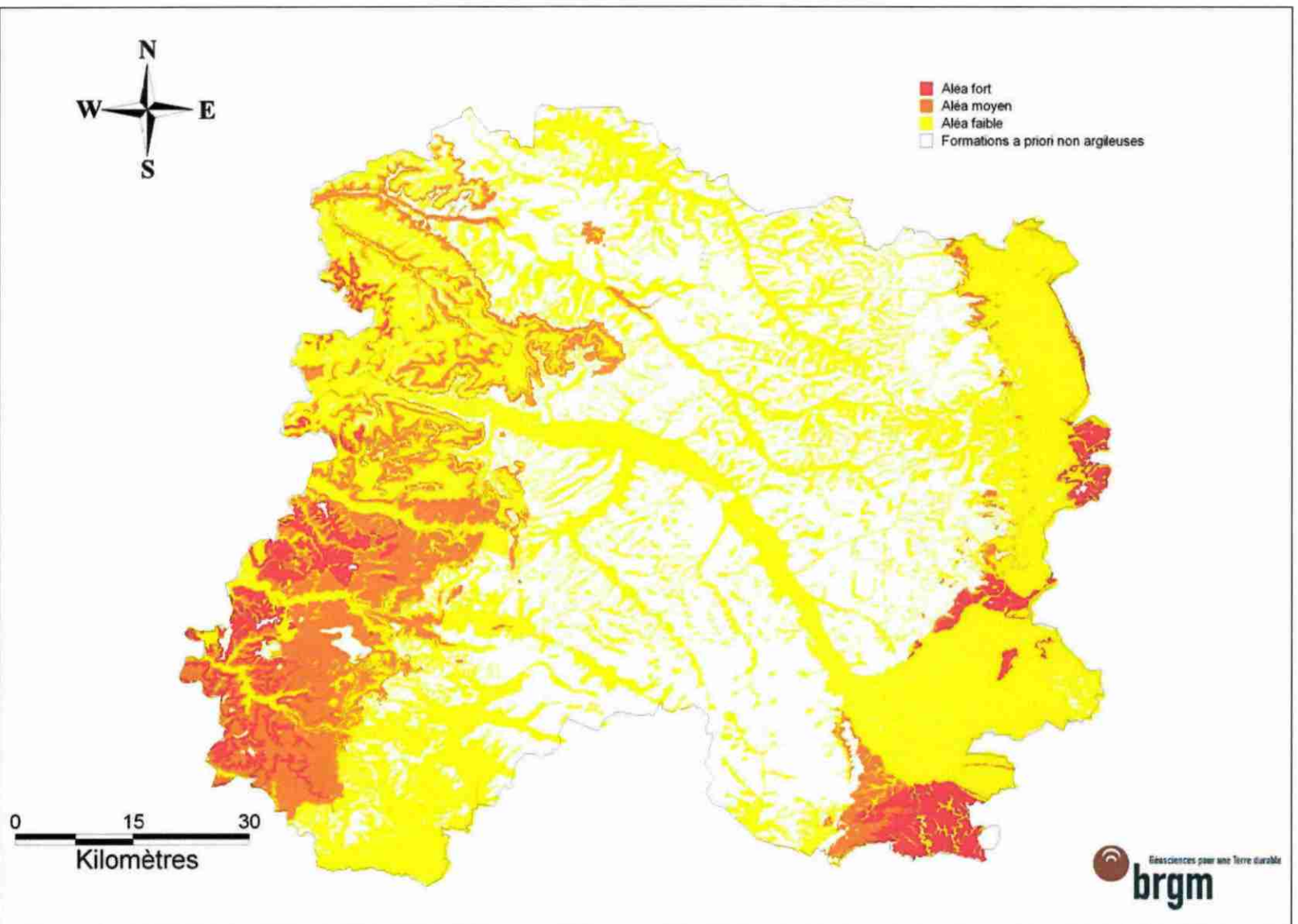


Illustration 53 - Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement de la Marne



## 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 Marne. La démarche retenue est fondée essentiellement sur une interprétation de la carte géologique et sur la synthèse d'un grand nombre d'informations concernant la susceptibilité au phénomène des formations à dominante argileuse, ainsi que sur la localisation des sinistres liés aux mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'une méthodologie générale développée par le BRGM à la demande du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) 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 cinquantaine d'autres départements. D'autres études départementales sont en cours de réalisation, l'objectif actuel étant de couvrir la totalité du territoire métropolitain d'ici fin 2010.

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 26 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, 275 sinistres répartis dans 74 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 Marne, la méthodologie mise au point au niveau national, trois niveaux d'aléa (faible, moyen et fort) 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 près de 8 200 km<sup>2</sup>,

- 3,82 % de la superficie départementale a été classé en aléa fort ;
- 10,85 % a été caractérisé par un aléa moyen ;
- 42,93 % a été considéré comme présentant un niveau d'aléa faible ;
- 42,41 % correspond à des zones jugées *a priori* non concernées par le phénomène car dépourvue de composante argileuse identifiée.

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 Marne, 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 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.

## 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

**CEBTP** sous l'égide de l'AQC, l'APSAD, l'AFAC, la CCR et la FNB (1991) – Détermination des solutions adaptées à la réparation des désordres des bâtiments provoqués par la sécheresse. *Guide pratique CEBTP*, 3 fascicules

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

**Chassagneux D., Stieljes L., Mouroux P., Ménillet F., Ducreux G.H.** (1996) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols (sécheresse-pluie) à l'échelle départementale. Approche méthodologique dans les Alpes de Haute-Provence. *Rapport BRGM R39218*, 33 p., 6 fig., 1 tabl., 4 ann., 1 pl. 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. h.-t.

**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., Kerneis M., Giraud F.**, avec la collab. de **Imbault M. et Le Roy S.** (2005) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de Seine-et-Marne. Rapport BRGM/RP-53212-FR, 114 p., 38 ill., 3 ann., 3 pl. h.-t., 1 CD Rom

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

**Le Roy S., Odent B.E. et 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., 3 cartes h.-t., 2 ann., 1 CD-Rom

**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.

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

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

**Odent B.E.**, avec la collaboration de **Baillet L.** (2005) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de l'Yonne. Rapport final – Rapport BRGM/RP-54100-FR. 177 p., 41 ill., 6 ann., 3 pl. h.-t.

**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

**Vernhet Y.** (2007) – Carte géologique harmonisée du département de l'Aube. Rapport géologique. BRGM/RP-55722-FR, 103 p., 3 fig., 4 tabl., 3 pl. h.-t.

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

**Vincent M., 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.

**Vincent M., Le Roy S., Dubus I., Surdyk N.** (2007) - Suivi expérimental des profils hydriques et des déplacements verticaux dans des sols argileux sujets au phénomène de retrait-gonflement. *Revue Française de Géotechnique* n° 120-121, 4<sup>ème</sup> trim. 2007, pp. 45-58

**Vincent M., Hédou F., Chirouze M., Plat E., Le Roy S.** (2008) – Cartographie à l'échelle départementale de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux à des fins préventives. *Symposium international Sécheresse et Construction, Marne-la-Vallée, 1-3 sept. 2008, éd. du LCPC, Paris*, pp. 55-62

**Warin J. et Zornette N.** (2008) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Aube. Rapport BRGM/RP-56710-FR, 105 p., 46 ill., 4 ann., 3 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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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.

**Philipponat G.** (1991) – Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie. *Rev. Fr. Géotech.*, 57, p. 5-22

**Philipponat G.** (1987) – Sols expansifs en France. Identification et recommandations pour les fondations. 6<sup>e</sup> Int. Conf. Exp. Soils, 7-10, New Delhi

**Piantone P.** (1986) – Minéralogie et cristallographie des phyllosilicates : application à l'étude des altérations hydrothermales. Rap. BRGM 86 DAM 019 GMX, 61 p.

**Robinet J.C., Pakzad M., Plas F.** (1994) – Un modèle rhéologique pour les argiles gonflantes. *Rev. Fr. Géotech.*, 67, p. 57-67

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

**Scherer M.** (1996) – Bilan des périodes récentes de sécheresse en France. « Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse ». Journées d'étude de l'École des Ponts. Paris, 11-12/12/1996

**Serratrice J.F., Soyez B.** (1996) – Les essais de gonflement. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, 204, p. 65-85

**Taibi S.** (1994) – Comportement mécanique et hydraulique des sols partiellement saturés. Thèse de doctorat, École Centrale, Paris

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

**Tessier D.** (1990) – Organisation des matériaux argileux en relation avec leur comportement hydrique. *In* Decarreau (Éd.) : Matériaux argileux : structure, propriétés et applications

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

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

**Vernhet Y.** (2007) – Carte géologique harmonisée du département de la Marne. *Rapport BRGM/RP-55732-FR*, 112 p., 2 fig., 5 tabl., 3 pl. h.-t.

**Vincent M.** (2003) – Retrait-gonflement des sols argileux : méthode cartographique d'évaluation de l'aléa en vue de l'établissement de PPR. – 3<sup>ème</sup> 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.* pp. 38-39

### **Cartes géologiques à 1/50 000**

**Goguel J., Lemoine M., Maubeuge P.L.** (1959) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Longwy Audun-Le-Roman (112). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par J. Goguel, M.Lemoine, P.L. Maubeuge (1959)

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

**Goguel J., Clermonté J., Maubeuge P.L.** (1964) - 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., Clermonté J.** (1965) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Chambley (163). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique par J., Goguel (1965)

**Goguel J., Laugier R.** (1966) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Lunéville (269). Orléans : BRGM, 11p. Carte géologique par J. Goguel (1969)

**Guillaume L., Guillaume M., Limasset J.Cl.** (1968) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Sarrebourg (232). Orléans : BRGM, 11p. Carte géologique par L. Guillaume, M. Guillaume, J.Cl. Limasset (1968)

**Jurain G., Meyer R., Verbecq F., Chrétien J.C.** (1974) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Rambervilliers (305). Orléans : BRGM, 8 p. Carte géologique coordination générale par G. Jurain, R. Meyer, F. Verbecq, J.C. Chrétien (1974)

**Laugier R., Marchal Cl., Maréchal B.** (1972) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Parroy (231). Orléans : BRGM, 11p. Carte géologique par R. Laugier, Cl. Marchal, B. Maréchal (1972)

**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)

**Marchal Cl., Allouc J.** (1977) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Bayon (268). Orléans : BRGM, 28 p. Carte géologique par J. Hilly, J. Allouc, Cl. Marchal, R. Laugier, J. Avias, G. Vocel, G. Wild, J. Castaing, D. Geisler, J.P. Denis, V. Eschenbrenner, G. Minoux (1977)

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

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

**Maubeuge P.L.** (1973) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), Nomeny (194). Orléans : BRGM, 11p. Carte géologique par P.L. Maubeuge (1973)

**Ménillet F., Durand M., Clermonté J., Von Eller J.P., Juteau T., Hollinger J., Maïaux C., Lounon J.** (1978) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Cirey-sur-Vézouze (270). Orléans : BRGM, 48p. Carte géologique par F. Ménillet, M. Durand, J. Clermonté, H. Bücking, J. Hollinger, J.P. Von Eller, T. Juteau, Y. Chapetier, P.J. Fauvel, B. Haguenauer (1978)

**Minoux G.** (1967) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Châtenois (303). Orléans : BRGM, 16 p. Carte géologique par J. Goguel, R. Dormois, P.L. Maubeuge, G. Minoux (1967)

**Minoux G., Marotel Cl., Guillaume Ch.** (1978) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Mirecourt (304). Orléans : BRGM, 26 p. Carte géologique par G. Minoux (1978)

**Vincent P.L., Le Roux J., Haguenauer B., Flageollet J.C., Gury M., Timbal J., Billoret R., Guillaume Ch., Thomas A., Ricour J.** (1976) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Nancy (230). Orléans : BRGM, 44 p. Carte géologique coordination générale par P.L. Vincent (1976)

**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, 57p. 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

<http://www.weatherbase.com> : site internet compilant les informations météorologiques de plusieurs milliers de villes dans le monde développé par Canty and Associates LLC

## **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 ( $\text{SiO}_3$ ) et d'aluminates ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 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**

Communes reconnues en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols et nombre de sinistres (données actualisées au 30 novembre 2008) :

- Nombre d'arrêtés par commune
  - Nombre de sinistres recensés par commune
- Dates des périodes de reconnaissance, de l'arrêté, et de parution de l'arrêté au Journal Officiel
- Liste des sinistres localisés et formations géologiques identifiées

Nombre d'arrêtés par commune

Arrigny	1	Outines	1
Arzillières-Neuville	1	Pargny-sur-Saulx	1
Châtillon-sur-Broué	1	Saint-Rémy-en-Bouzemont-Saint-Genest-et-Isson	1
Drosnay	1	Sermaize-les-Bains	1
Ecollemont	1	Vauclerc	1
Giffaumont-Champaubert	1	Villers-le-sec	1
Maurupt-le-Montois	1	Vouillers	1

Nombre de sinistres recensés par commune

Allemant	1	Eclaires	4	Saint-Bon	3
Alliancelles	2	Ecollemont	2	Sainte-Marie-du-Lac-Nuisement	3
Arzillières-Neuville	4	Esternay	2	Sainte-Ménéhould	1
Ay	1	Germaine	1	Saint-Martin-d'Ablois	2
Belval-en-Argonne	2	Giffaumont-Champaubert	9	Saint-Rémy-en-Bouzemont-Saint-Genest-et-Isson	4
Bergères-sous-Montmirail	1	Gigny-Bussy	5	Sermaize-les-Bains	NR
Berzieux	1	Givry-en-Argonne	1	Soizy-aux-Bois	5
Bligny	2	Janvilliers	2	Taissy	1
Boissy-le-Repos	2	Joiselle	2	Tingueux	2
Bouchy-Saint-Genest	2	Juvigny	1	Tréfol	17
Bourgogne	2	Leuvrigny	5	Trigny	1
Cernay-en-Dormois	1	Maurupt-le-Montois	4	Trois-Fontaines-l'Abbaye	1
Champguyon	2	Mécringes	1	Vanault-le-Chatel	1
Charleville	2	Merlaut	3	Vandières	1
Châtelraould-Saint-Louvent	2	Montmirail	8	Vauclerc	4
Châtillon-sur-Broué	1	Morangis	1	Verdon	6
Châtillon-sur-Morin	5	Morsains	5	Vézier	10
Cormontreuil	4	Mutigny	2	Vienne-la-Ville	1
Coulommès-sur-la-Montagne	1	Oeuilly	2	Villeneuve-la-Lionne	19
Courgivaux	6	Outines	2	Villers-aux-Bois	3
Courtagnon	2	Pargny-sur-Saulx	6	Villers-le-Sec	2
Courthiézy	2	Passavant-en-Argonne	5	Vitry-la-Ville	1
Cramant	11	Réveillon	2	Vitry-le-François	28
Drosnay	5	Rivières-Henrue	1	Vouillers	8
Drouilly	2	Rosnay	2	Vroil	1

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

<b>Communes</b>	<b>Début</b>	<b>Fin</b>	<b>Date arrêté</b>	<b>Date parution au JO</b>
Arrigny	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
Arzillières-Neuville	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
Châtillon-sur-Broué	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
Drosnay	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
Ecollemont	01/07/2003	30/09/2003	22/11/2005	13/12/2005
Giffaumont- Champaubert	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
Maurupt-le-Montois	01/07/2003	30/09/2003	05/05/2006	14/05/2006
Outines	01/07/2003	30/09/2003	16/06/2006	14/07/2006
Pargny-sur-Saulx	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
Saint-Rémy-en- Bouzemont-Saint- Genest-et-Isson	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
Sermaize-les-Bains	01/07/2003	30/09/2003	27/07/2007	01/08/2007
Vauclerc	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006
Villers-le-sec	01/07/2003	30/09/2003	11/06/2008	14/06/2008
Vouillers	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005

## Liste des sinistres localisés

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
BERGERES-SOUS-MONTMIRAIL	691846.77	2428101.9	été 2003	C
CHATILLON-SUR-MORIN	691633.24	2413520.08	1998	e6a-b
CHATILLON-SUR-MORIN	691438.85	2413486.99	2000	e7a
CHATILLON-SUR-MORIN	693445.57	2411717.26	2003	e4
COURTHIEZY	692176.98	2451275.66	2000	NON ARGILEUX
COURTHIEZY	692135.61	2451533.79	2000	e4a
MORSAINS	687636.59	2423706.94	été / automne 2003	e7a
MORSAINS	687618.39	2424024.59	été / automne 2003	e7a
MORSAINS	687712.69	2423796.28	été / automne 2003	C
MORSAINS	687878.14	2422447.08	été / automne 2003	e7b
MORSAINS	687990.64	2422483.48	été / automne 2003	e7b
PASSAVANT-EN-ARGONNE	794806.68	2450230.25	2003	n6AGB
PASSAVANT-EN-ARGONNE	795069.77	2450402.33	2003	n6AGB
PASSAVANT-EN-ARGONNE	794578.33	2450183.91	2003	n6AGB
PASSAVANT-EN-ARGONNE	795298.12	2450547.95	2003	n6cA
PASSAVANT-EN-ARGONNE	795139.27	2450680.32	2003	n6AGB
SAINT-BON	682824.33	2409455.88	2003	g1a
SAINT-BON	682858.24	2409489.79	2003	g1a
SAINT-BON	683078.27	2409362.41	2003	e7b
LEUVRIGNY	705481.23	2451472.57	2003	e7a
LEUVRIGNY	703962.18	2453301.88	2003	e4b
LEUVRIGNY	704102.83	2453050.36	2003	NON ARGILEUX
LEUVRIGNY	705103.95	2452190.73	2003	e7a
LEUVRIGNY	705128.77	2452076.55	2003	e7a
COURGIVAUX	684701.74	2413199.18	été 2003	e7a
COURGIVAUX	684896.95	2413099.92	été 2003	g1a
COURGIVAUX	684891.99	2412959.3	été 2003	AMB
COURGIVAUX	684873.79	2413023.82	été 2003	g1a
COURGIVAUX	684830.78	2413171.06	été 2003	e7b
SOIZY-AUX-BOIS	702131.61	2424525.5	2003	C
SOIZY-AUX-BOIS	702168.01	2424495.72	2003	C
SOIZY-AUX-BOIS	702105.14	2424601.6	2003	AMB
SOIZY-AUX-BOIS	701989.33	2424608.22	2003	AMB
SOIZY-AUX-BOIS	702027.38	2424768.7	2003	AMB
ALLIANCELLES	787230.57	2426257.32	2003	Fz
ALLIANCELLES	787202.44	2426579.94	2003	Fy
BERZIEUX	779603.21	2465754.54	août-03	c1a-b
ARZILLIERES-NEUVILLE	766286.5	2407581.27	2003	c1a-b
ARZILLIERES-NEUVILLE	765418.01	2407131.3	2003	NON ARGILEUX

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

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
ARZILLIERES-NEUVILLE	766226.95	2407769.85	2003	c1a-b
ARZILLIERES-NEUVILLE	765786.91	2407847.61	2003	c1a-b
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778304.73	2397015.59	2006	n6AGB
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778304.74	2396969.27	2003	n6AGB
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778256.76	2396995.74	2003	n6AGB
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778332.86	2396999.05	2006	n6AGB
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778365.94	2397022.21	2006	n6AGB
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778197.21	2398062.7	2003	n6AGB
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778380.83	2398135.49	2003	n6AGB
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778394.06	2398084.21	2003	n6AGB
VILLERS-AUX-BOIS	717588.96	2437381.27	1998	LP
VILLERS-AUX-BOIS	717279.55	2438479.09	2003	AMB
MORANGIS	715339.89	2442550.45		e5b-7
BLIGNY	711233.9	2467381.18		e4b
BLIGNY	711175.05	2467457.96		e4b
CHAMPGUYON	688622.74	2420196.71	sept-02	g1a
CHAMPGUYON	689446.64	2419081.63	1989	g1a
CHATILLON-SUR-BROUE	775059.48	2397317.1	2003	n6AGB
CHATILLON-SUR-BROUE	775105.8	2397201.3	2003	n6AGB
CHATILLON-SUR-BROUE	775029.7	2397093.78	2003	n6AGB
CHATILLON-SUR-BROUE	774750.14	2396729.85	2003	n6AGB
CHATILLON-SUR-BROUE	774664.12	2396721.58	2003	n6AGB
COURTAGNON	717732.74	2462374.62	1965	e6a-b
COURTAGNON	717294.21	2462382.89		e5b-7
DROSNEY	768048.45	2399885.51	2003	c1a-b
DROSNEY	767975.67	2399931.82	2003	c1a-b
DROSNEY	769019.48	2400853.23	2003	c1a-b
DROSNEY	768242	2400002.96	2003	c1a-b
DROSNEY	767921.08	2399769.71	2003	c1a-b
ECLAIRES	795925.8	2448465.63	?	n6AGB
ECLAIRES	795995.29	2448444.12	?	n6AGB
ECLAIRES	796058.17	2448470.59	2004	n6AGB
ECLAIRES	796127.66	2448508.65	?	n6AGB
GIVRY-EN-ARGONNE	786572.71	2442041.06	2006	c1a-b
JOISELLE	684590.86	2417316	juillet-août 2003	e7a
JOISELLE	684331.12	2419547.78	juillet-août 2003	e6a-b
MERLAUT	771691.35	2420904.67	oct-03	c1a-b
MERLAUT	771576.88	2420688.24	oct-03	c1a-b
MERLAUT	771670.3	2420876.81	oct-03	c1a-b
LES RIVIERES-HENRUEL	764126.24	2408748.82	fin 1998	c1a-b
ROSNEY	711295.39	2473931.68	août-03	e4b
ROSNEY	710914.75	2473900.24	août-03	e4b
SAINT-REMY-EN-BOUZEMONT-SAINT-GENEST-ET-ISSON	770683.86	2405631.79	été 2003	Fy
SAINT-REMY-EN-BOUZEMONT-SAINT-GENEST-ET-ISSON	770685.52	2405597.06	été 2003	Fy
SAINT-REMY-EN-BOUZEMONT-SAINT-GENEST-ET-ISSON	770683.86	2405565.62	été 2003	Fy
SAINT-REMY-EN-BOUZEMONT-SAINT-GENEST-ET-ISSON	770304.21	2405905.99	été 2003	Fz
TINQUEUX	720584.34	2474135		Fz
TINQUEUX	720597.36	2474130.88	2006	Fz
TREFOLS	685416.92	2421707.97	nov-03	e6a-b
TREFOLS	685759.39	2422042.17	nov-03	e6a-b
TREFOLS	685825.98	2421972.27	nov-03	e7a
TREFOLS	685385.9	2421798.13	nov-03	e6a-b
TREFOLS	685452.9	2421821.3	nov-03	e6a-b
TREFOLS	685443.8	2421719.55	28/10/2003	e6a-b
TREFOLS	685387.55	2421757.6	05/11/2003	e6a-b
TREFOLS	685482.27	2421607.46	25/11/2003	e6a-b
TREFOLS	685391.69	2421748.5	10/11/2003	e6a-b
TREFOLS	685482.68	2421847.35	10/11/2003	e6a-b
TREFOLS	684267.5	2421151.25	06/11/2003	e7b

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

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
TREFOLS	685382.59	2421774.15	07/11/2003	e6a-b
TREFOLS	685408.23	2421786.14	09/03/2004	e6a-b
TREFOLS	685340.4	2421815.51	10/03/2004	e6a-b
VOUILLERS	783841.19	2412063		Fy
VOUILLERS	783809.76	2412175.5		Fy
VOUILLERS	783783.29	2412326.04		Fy
VOUILLERS	783821.34	2412321.08		Fy
VOUILLERS	784114.16	2412210.24		Fy
VOUILLERS	784284.55	2412352.51		Fy
VOUILLERS	784309.37	2412364.09		Fy
VOUILLERS	783905.71	2411991.86		Fy
SAINTE-MARIE-DU-LAC-NUISEMENT	779361.22	2403724.42	1989 -2003	Fy
SAINTE-MARIE-DU-LAC-NUISEMENT	780408.37	2403615.24	2003	Fy
SAINTE-MARIE-DU-LAC-NUISEMENT	780471.23	2403472.97	1999	Fy
CHATELRAOULD-SAINT-LOUVENT	762892.44	2411375.81	1989	c1a-b
CORMONTREUIL	724578.46	2470505.12		FV
CORMONTREUIL	724787.1	2470412.75		LP
CORMONTREUIL	724609.9	2471311.05		Fz
CORMONTREUIL	724224.31	2469782.75		FV
CORMONTREUIL	724681.06	2471386.35		Fz
CORMONTREUIL	724657.89	2470484.43		LP
ECOLLEMONT	776455.66	2405113.83	début 2004	n6AGB
ECOLLEMONT	776516.87	2405135.33	oct-04	n6AGB
MAURUPT-LE-MONTOIS	784527.59	2419542.88	2004	n6AGB
MAURUPT-LE-MONTOIS	784977.57	2420058.21	2004	n6AGB
MAURUPT-LE-MONTOIS	784563.16	2419557.36	2004	n6AGB
MAURUPT-LE-MONTOIS	784608.65	2419574.73	2004	n6AGB
VANDIERES	702961.96	2456964.36	1990	e4b
MECRINGES	686282.45	2429201.95	été 2003	e7b
TROIS-FONTAINES-L'ABBAYE	791635.86	2416735.61	2ème semestre 2002	n4b-a
SAINT-MARTIN-D'ABLOIS	711730.51	2446975.21	2006	C
SAINT-MARTIN-D'ABLOIS	712397.65	2447119.14	2006	C
VITRY-LE-FRANCOIS	766271.59	2415662.74		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766296.41	2415663.57		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766273.25	2415641.23		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766294.75	2415642.89		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766271.59	2415616.42		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766296.41	2415622.21		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766273.25	2415594.91		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766294.75	2415599.05		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766281.52	2415573.41		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766384.09	2415350.07		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766362.58	2415357.52		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766382.43	2415379.85		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766360.92	2415391.43		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766377.47	2415407.98		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766299.72	2415700.79		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766327.84	2415689.21		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766341.07	2415714.02		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766428.75	2415441.06		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766303.02	2415573.41		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766316.26	2415603.19		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766327.84	2415573.41		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766336.11	2415603.18		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	764967.98	2416776.93		Fz
VITRY-LE-FRANCOIS	766380.78	2415450.16		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766355.96	2415465.05		Fy
VITRY-LE-FRANCOIS	766374.16	2415488.21		Fy
OEUILLY	707590.33	2453073.99	2003	e4b

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

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
OEUILLY	706291.4	2453680.43	2003	e4b
DROUILLY	760613.64	2421479.31	1999	Fy
DROUILLY	760974.29	2421725.81	1999	Fy
GIGNY-BUSSY	765526.42	2404602.52	2003	c1a-b
GIGNY-BUSSY	765511.53	2404635.61	2003	c1a-b
GIGNY-BUSSY	765410.18	2404505.64	2003	c1a-b
GIGNY-BUSSY	764720.82	2403217.13	1987	c1a-b
GIGNY-BUSSY	764815.93	2403153.02	1970	c1a-b
VERDON	692617.32	2441045.97	2003	AMB
VERDON	692809.25	2439102.69	2003	e7b
VERDON	693940.96	2440928.91	2003	e7a
VERDON	694113.04	2439665.66	2003	C
VERDON	694199.07	2439612.71	2003	C
VERDON	692772.85	2440896.65	2003	e7a
MUTIGNY	723545.33	2453750.46	2003	e4
MUTIGNY	723125.04	2454271.69	2003	e4
PARGNY-SUR-SAULX	783634.72	2421806.87	2003	Fy
PARGNY-SUR-SAULX	783565.24	2421959.07	2003	Fy
PARGNY-SUR-SAULX	785585.21	2422334.61	2003	Fy
PARGNY-SUR-SAULX	785447.89	2421945.01		n6AGB
PARGNY-SUR-SAULX	785105.44	2422001.25	1996	n6AGB
PARGNY-SUR-SAULX	784822.55	2421807.69	1996	n6AGB
VIENNE-LA-VILLE	784077.97	2466074.09	2003	n6cA
VITRY-LA-VILLE	755487.11	2428861.39	2003	FV
CERNAY-EN-DORMOIS	777176.63	2472627.25	août-01	c1a-b
MONTMIRAIL	687917.54	2431020.46	1998/9	e7a
VILLERS-AUX-BOIS	717338.82	2438436.15	été 2003	AMB
GERMAINE	723918.61	2458670.57	mars-04	e4
CHATILLON-SUR-MORIN	691269.22	2412920.36	août-99	e7a
VANAULT-LE-CHATEL	775611.15	2432243.86	juil-04	Fz
COULOMMES-LA-MONTAGNE	714655.64	2470810.01	2003	e4b
BOISSY-LE-REPOS	695993.9	2430747.96	2003	AMB
REVEILLON	681898.45	2417185.46	sept-03	g1a
REVEILLON	682361.69	2417824.05	sept-03	e7b
OUTINES	770912.86	2397575.51		n6AGB
OUTINES	771282.58	2397217.37		n6AGB
BOURGOGNE	726188.78	2484406.32	2003	CC
BOURGOGNE	726199.96	2484424.21	2003	CC
ALLEMANT	708093.39	2419100.69	1999/2000	LP
JUVIGNY	740823.64	2447700.46	1998	Fz
VAUCLERC	770964.69	2414894.29	2003	Fy
VAUCLERC	771539.69	2414410.93	2003	Fy
VAUCLERC	771290.47	2414396.4	2002/2003	Fy
VAUCLERC	771299.41	2414425.46	2002/2003	Fy
VILLERS-LE-SEC	785004.37	2426864.65	2004-2005	Fy
VILLERS-LE-SEC	784815.23	2426940.3	2004	n6AGB
TAISSY	727509.68	2470239.25	2003-2005	Fy
AY	721449.89	2451896.48	2003	Fz
BELVAL-EN-ARGONNE	795255.48	2442440.71	2003	n6AGB
BELVAL-EN-ARGONNE	795413.82	2442332.64	2003	n6AGB
BOISSY-LE-REPOS	694236.02	2429598.51	2003	AMB
BOUCHY-SAINT-GENEST	686163.1	2407876.69	2003	AMB
BOUCHY-SAINT-GENEST	686495.65	2406494.52	2003	e7a
CHAMPILLON	720385.44	2455075.24	2003	AMB
CHAMPILLON	720342.42	2455586.52	2003	AMB
CHARLEVILLE	697667.47	2424859.75	2003	AMB
CHARLEVILLE	697695.97	2424692.38	2003	AMB
COURGIVAUD	684881.46	2412993.98	2003	AMB
GRAMANT	720780.1	2444194.7	2003	e6-7

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

Commune	XL2e	YL2e	Date du premier désordre	Formation argileuse
CRAMANT	720938.02	2444131.52	2003	e6-7
CRAMANT	721596.03	2444842.07	2003	e3
CRAMANT	720957.33	2444164.03	2003	e6-7
CRAMANT	720932.15	2444025.4	2003	e6-7
CRAMANT	720948.68	2443961.89	2003	e6-7
CRAMANT	720801.02	2444237.59	2003	e6-7
CRAMANT	720933.09	2444191.3	2003	e6-7
CRAMANT	721174.58	2444090.84	2003	e4a
CRAMANT	720955.44	2444052.9	2003	e6-7
CRAMANT	720935.38	2443946.09	2003	e6-7
ESTERNAY	689508.95	2414604.78	2003	e7a
JANVILLIERS	696407.12	2433774.36	2003	e7b
JANVILLIERS	696392.99	2433749.12	2003	e7b
ESTERNAY	689177.65	2415293.35	2003	e6a-b
LE VEZIER	682485.14	2422519.56	2003	e7a
LE VEZIER	683287.99	2424327.88	2003	g1a
LE VEZIER	682724.55	2424082.03	2003	LP
LE VEZIER	680323.05	2424024.31	2003	LP
LE VEZIER	682493.91	2422454.77	2003	e7a
LE VEZIER	682560.63	2422437.49	2003	e7a
LE VEZIER	682495.99	2422509.65	2003	e7a
LE VEZIER	682538.33	2422472.19	2003	e7a
LE VEZIER	682798.26	2422761.23	2003	C
LE VEZIER	682560.63	2422482.81	2003	e7a
MONTMIRAIL	688760.84	2431139.71	2003	AMB
MONTMIRAIL	689303.49	2430886.59	2003	AMB
MONTMIRAIL	689123.54	2430947.65	2003	AMB
MONTMIRAIL	689004.3	2430949.42	2003	AMB
MONTMIRAIL	689149.56	2430953.34	2003	AMB
MONTMIRAIL	687768.6	2432543.83	2003	e7a
MONTMIRAIL	689201.18	2430926.58	2003	AMB
SAINTE-MENEHOULD	786161.23	2457438.9	2003	NON ARGILEUX
TREFOLS	685470.32	2421816.15	2003	e6a-b
TREFOLS	685461.31	2421791.01	2003	e6a-b
TREFOLS	685315.37	2421767.38	2003	e6a-b
TRIGNY	713674.83	2479602.51	2003	e4
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682956.62	2419438.98	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682959.16	2419402.79	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682263.25	2419635.18	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	681187.33	2419521.53	2003	AMB
VILLENEUVE-LA-LIONNE	681175.65	2419944.6	2003	g1a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	681260.74	2419736.31	2003	AMB
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682928.65	2419416.86	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682997.98	2419395.11	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	681319.19	2419725.43	2003	AMB
VILLENEUVE-LA-LIONNE	683034.68	2419512.02	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	681222.68	2419420.94	2003	AMB
VILLENEUVE-LA-LIONNE	681961.13	2419495.54	2003	e6b
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682296.56	2419521.53	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	681180.54	2419639.8	2003	AMB
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682321.92	2419515.63	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	681062.27	2419680.58	2003	AMB
VILLENEUVE-LA-LIONNE	679762.74	2421082.06	2003	e6a-b
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682174.86	2419748.71	2003	e7a
VILLENEUVE-LA-LIONNE	682234.03	2419666.98	2003	e7a
VITRY-LE-FRANCOIS	764890.19	2416650.17	2003	Fz
VITRY-LE-FRANCOIS	766380.37	2415529.99	2003	Fy
VROIL	789253.08	2430036.48	2003	n6AGB
GIFFAUMONT-CHAMPAUBERT	778047.25	2397276.29	2006	n6AGB

## **Annexe 3 - Liste et coordonnées des organismes ayant fourni des données géotechniques**

### **FONDASOL**

34 Rue Baussonnet  
51100 REIMS

Tel : 03 26 82 13 00  
Fax : 03 26 82 24 03

### **ICSEO**

27 Rue Œuvre  
21140 SEMUR-EN-AUXOIS

Tel : 03 80 97 48 80  
Fax : 03 80 97 48 89

### **CETE Est :**

71, rue de la Grande Haie  
BP 8  
54510 TOMBLAINE

Tel : 03 83 18 41 41  
Fax : 03 83 18 41 00

### **CETE Nord Picardie**

151 r de Paris  
02100 Saint Quentin

Tel : 03 23 06 18 00  
Fax : 03 23 64 11 22

### **CEBTP Solen**

Agence de Reims  
27 A, rue des Blancs-Monts  
51350 Cormontreuil

Tel : 03 26 87 86 00  
Fax : 03 26 87 86 01

**SNCF**

6 Rue de Courcelles  
51096 Reims Cedex

Tel : 03 26 88 09 36  
Fax : 03 26 88 09 80

Infrapôle Est européen  
Rue de Navut  
54530 Pagny-sur-Moselle

Tel : 03 83 80 26 71  
Fax : 03 83 80 26 70

## **Annexe 4 - Résultats d'analyses spécifiques des échantillons prélevés dans des formations jurassiques et triasiques**

- Localisation
- Analyses minéralogiques par diffraction des Rayons X et résultats
  - Analyses géotechniques (Vb) et résultats

Ech	Commune	Formations	Coordonnées X - Lambert II carto-Paris (en mètres)	Coordonnées Y - Lambert II carto-Paris (en mètres)
RG51-001	Berzieux	c1a-b - Craie, marnes et argiles du Cénomanién	780 391,50	2 465 452,10
RG51-002	Vienne-la-Ville	n6cA - Gaize d'Argonne	783 670,30	2 466 200,90
RG51-003	Noirlieu	A - Formations résiduelles argileuses	781 178,30	2 439 445,40
RG51-004	Noirlieu	A - Formations résiduelles argileuses	781 178,30	2 439 445,50
RG51-005	Cheminon	n5b-6a - Sables blancs et Sables verts	789 039,60	2 418 206,30
RG51-006	Cheminon	n4b-a - Argiles, sables et grès	791 069,80	2 417 800,40
RG51-007	Cheminon	n4b-a - Argiles, sables et grès	791 069,80	2 417 800,40
RG51-008	Cheminon	n4b-a - Argiles, sables et grès	791 616,40	2 416 723,10
RG51-009	Cheminon	n4b-a - Argiles, sables et grès	791 616,40	2 416 723,10
RG51-010	Trois - Fontaines - l'Abbaye	n5a - Argiles à plicatules	791 363,30	2 146 705,90
RG51-011	Trois - Fontaines - l'Abbaye	n2-3S - Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	795 269,80	2 413 421,10
RG51-012	Trois - Fontaines - l'Abbaye	n2-3S - Calcaires à spatangues et Sables valanginiens	795 269,80	2 413 421,10
RG51-013	Giffaumont - Champaubert	n6AGB - Argiles du Gault et Marnes de Brienne	779 299,20	2 397 101,30
RG51-014	Vitry - la - Ville	FV - Formations de versants	724 314,00	2 469 577,40
RG51-015	Juvigny	Fz - Alluvions actuelles et récentes	740 404,80	2 448 109,70
RG51-016	Cramant	e3 - Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaire	721 546,80	2 444 809,20
RG51-017	Cramant	e3 - Travertin de Sézanne, Sables à galets et calcaire	721 546,80	2 444 809,20
RG51-018	Champillon	e6-7 - Calcaires, argiles et marnes	719 487,80	2 456 028,80
RG51-019	Champillon	e6-7 - Calcaires, argiles et marnes	719 487,80	2 456 028,80
RG51-020	Courtagnon	e5b-7 - Calcaires, marnes et caillasses	717 479,70	2 462 247,90
RG51-021	Prunay	T - Dépôts tourbeux	714 438,60	2 468 319,70
RG51-022	Prunay	T - Dépôts tourbeux	714 438,60	2 468 319,70
RG51-023	Rosnay	e4b - Sables, grès et conglomérats	710 924,70	2 473 969,00
RG51-024	Witry - les -Reims	e3SGM - Sables, grès et marnes du Thanétien	731 468,10	2 473 749,20
RG51-025	Le Vezier	LP - Limons des plateaux	680 366,43	2 442 386,60
RG51-026	Villeneuve - la - Lionne	e7a - Calcaires de Champigny indifférencié et marnes à Pholadomyes	682 916,10	2 419 498,90

*Intitulés et localisation des échantillons*

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

Nom	Stratigraphie	Minéraux gonflants % (smectite + interstratifiés illite/smectite + interstratifiés smectite/kaolinite)	Illite %	Interstratifiés non-gonflants / vermiculite / palygorskite	Chlorite%	Kaolinite%	Minéraux accessoires
RG51004		53 (44 + 9 + 0)	17	-	5	26	-
RG51007		42 (24 + 18 + 0)	17	-	11	30	Quartz ++
RG51009		14 (4 + 10 + 0)	30	-	15	41	Quartz +
RG51012		58 (44 + 14 + 0)	10	-	10	22	Quartz +++
RG51014		42 (32 + 10 + 0)	30	-	8	20	-
RG51015		71 (63 + 7 + 0)	8	-	5	16	Quartz traces
RG51017		93 (0 + 0 + 93**)	0	-	0	7	-
RG51019		34 (30 + 4 + 0)	5	55*	1	5	Quartz +
RG51020		0	89	-	-	11	-
RG51022		53 (48 + 5 + 0)	10	-	5	32	-
RG51023		96 (96 + 0 + 0)	2	-	1	1	-
RG51024		81 (65 + 3 + 13**)	1	-	2	16	Quartz +
RG51025		51 (36 + 15 + 0)	17	-	8	24	Quartz +
RG51028		57 (50 + 7 + 0)	22	-	8	13	-

Composition minéralogique de l'assemblage argileux (fraction < 2 µm) – précision ± 5%

Nom	VBS (g/100g de sol sec)
RG51-001	1,18
RG51-002	5,73
RG51-003	2,44
RG51-005	4,62
RG51-006	1,58
RG51-008	4,75
RG51-010	3,47
RG51-011	3,83
RG51-013	1,83
RG51-016	9,94
RG51-018	5,62
RG51-021	1,37
RG51-026	4,64
RG51-027	3,22

*Valeur au bleu de méthylène par essai à la tache*



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

**Service géologique régional Champagne-Ardenne**  
12 rue Clément Ader  
BP 137  
51685 – Reims cedex 2 - France  
Tél. : 03 26 84 47 70

Carte 1

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

## Carte départementale synthétique des formations argileuses et marneuses

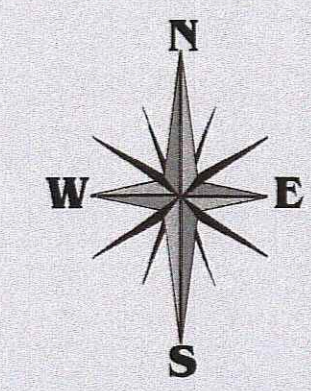
Echelle 1/125 000

BRGM/RP-56828-FR  
décembre 2008



AISNE

ARDENNES



0 5 km 10 km

REIMS

EPERNAY

CHALONS-EN-CHAMPAGNE

SAINTE-MENHOULOU

VITRY-LE-FRANCOIS

MEUSE

SEINE-ET-MARNE

AUBE

HAUTE-MARNE



- Formations argileuses et marneuses**
- FV - Formations de versants
  - CC - Colluvions sur substratum crayeux
  - C - Colluvions issues des formations argileuses
  - A - Formations résiduelles argileuses
  - LP - Limons des plateaux
  - T - Dépôts tourbeux
  - Fz - Alluvions actuelles et récentes
  - Fy - Alluvions fluviales anciennes
  - AMB - Argiles à meulière de Brie
  - g1a - Argiles et marnes vertes
  - e7b - Marnes supragypseuses
  - e7a - Calcaire de Champigny et marnes à Pholadomyes
  - e6-7 - Calcaires et marnes du Bartonien au Priabonien
  - e6a-b - Marnes et calcaires de Saint-Ouen
  - e6b-7 - Calcaires, marnes et callasses
  - e4b - Sables, grès et conglomérats
  - e4 - Calcaires, sables et argiles plastiques
  - e3cDM - Grès et marnes du Thanétien
  - e3 - Traverlin de Sézanne, Sables à galets et calcaires
  - o1a-b - Craie, marnes et argiles du Cénomanién
  - n6aA - Gaze d'Argonne
  - n6AGS - Argiles du Gault et Marnes de Brie
  - n5b-6a - Sables blancs et Sables verts
  - n5a - Argiles à plicatules
  - n4b-a - Argiles, sables et grès du Barrémien
  - n2-3S - Calcaires à spatangues et Sables valanginiens
- Limite de commune

Carte 2

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

Carte départementale de susceptibilité au retrait-gonflement des sols argileux

Echelle 1/125 000

BRGM/RP-56828-FR  
décembre 2008



89 3740.45 - 625.5



Reconnu pour ses 70 ans  
**brgm**

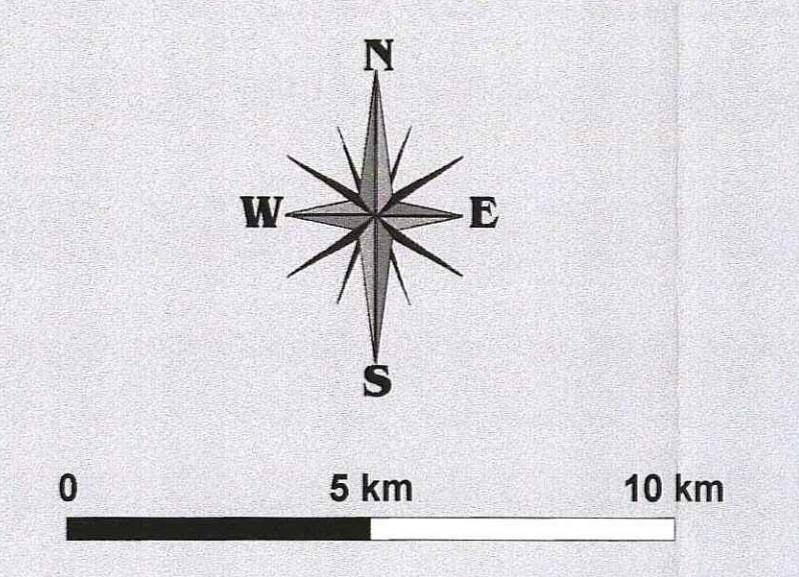
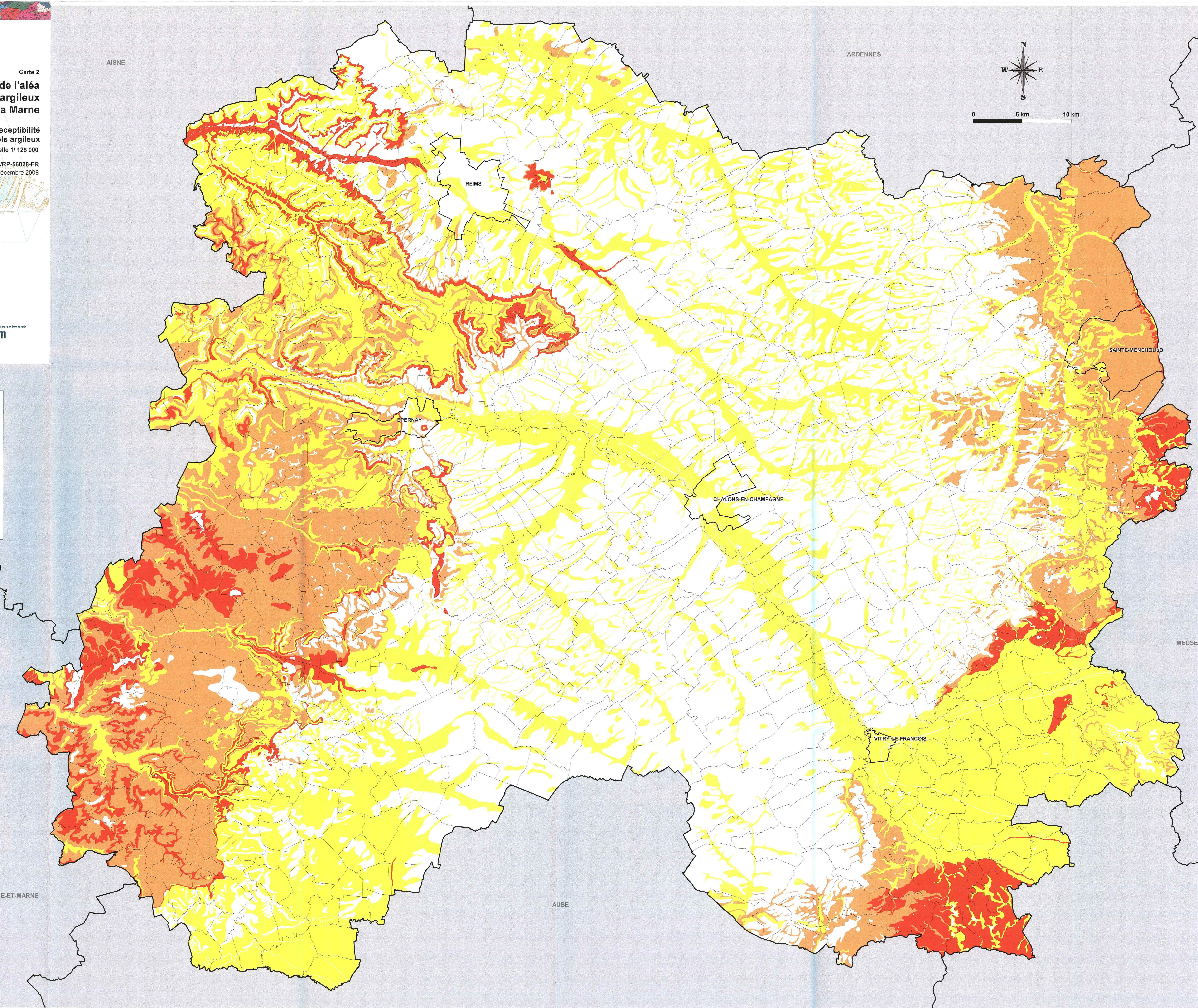
**LÉGENDE**

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

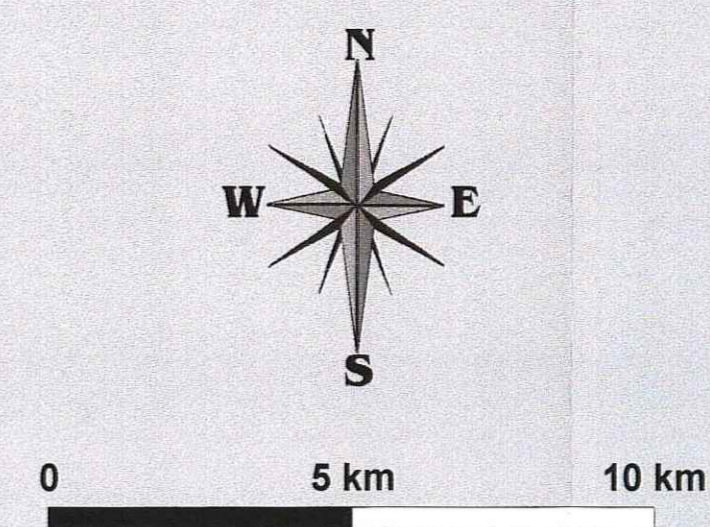
Limite de commune





Carte 3  
**Cartographie de l'aléa  
 retrait-gonflement des sols argileux  
 dans le département de la Marne**

Carte départementale de l'aléa  
 retrait-gonflement des sols argileux  
 Echelle 1/ 125 000  
 BRGM/RP-56828-FR  
 décembre 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

