

Document public

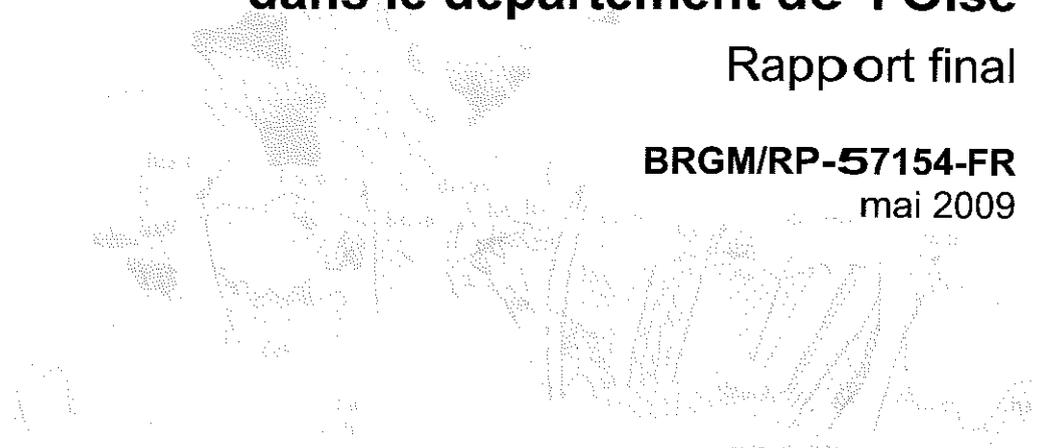


# Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Oise

Rapport final

BRGM/RP-57154-FR

mai 2009





Document public

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

Rapport final

**BRGM/RP-57154-FR**  
mai 2009

Étude réalisée dans le cadre de l'opération  
de service public 07RISD28 du BRGM

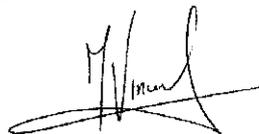
**N. Bernon** avec la collaboration de **P. Chrétien**, **B. Dècle**, **M. Imbault**  
et **M. Vincent**

## Vérificateur :

Nom : Marc Vincent

Date : 5 mai 2009

Signature :



## Approbateur :

Nom : Christian Nail

Date : 14 mai 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, susceptibilité, aléa, risque naturel, sinistre, sécheresse, catastrophe naturelle, géotechnique, cartographie, Oise

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

**Bernon N.** avec la collaboration de **Chrétien P., Dècle B. Imbault, M. et Vincent M.** (2009) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Oise. Rapport BRGM/RP-57154-FR, 129 p., 62 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, plus récemment au cours de l'été 2003.

L'Oise fait partie des départements français touchés par le phénomène, puisque 218 sinistres imputés à la sécheresse y ont été recensés et localisés dans le cadre de la présente étude. A la date du 31 mars 2009, 16 communes sur les 693 que compte le département ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, depuis 1989. Par ailleurs, 11 communes ont été concernées par la procédure exceptionnelle pour l'indemnisation de sinistres survenus en 2003, soit un total de 25 communes directement touchées par le phénomène à ce jour, ce qui correspond à un taux de sinistralité de 3,5 %.

Dans le seul cadre du régime des catastrophes naturelles, les indemnisations versées dans le département pour des sinistres de ce type ont été évaluées par la Caisse centrale de réassurance en septembre 2008 à 2,45 millions d'euros en coûts actualisés, ce qui place l'Oise en 61<sup>ème</sup> position des départements français. Quant aux indemnisations attribuées dans le cadre de la procédure exceptionnelle pour 2003, elles s'élèvent à 1,09 million d'euros (pour 45 sinistres indemnisés).

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 l'aléa retrait-gonflement des sols argileux sur l'ensemble du département de l'Oise, dans le but de définir les zones les plus exposées au phénomène. 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 d'ici fin 2010 la totalité des départements de la France métropolitaine.

L'étude a été conduite par le Service Géologique Régional Picardie, en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM. Le financement en a été assuré à hauteur de 25 % par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été financé par le Fonds national de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée le 21 juin 2007 avec la Préfecture de l'Oise.

La démarche de l'étude a d'abord consisté à établir une cartographie départementale synthétique des formations à dominante argileuse ou marneuse, affleurantes à sub-affleurantes, à partir de la carte géologique harmonisée du département, réalisée dans une première phase de l'étude (Roger, 2008) et des cartes géologiques éditées par le BRGM à l'échelle du 1/50 000. Les 29 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).

- 4,44 % de la superficie départementale a été ainsi classée en aléa fort ;
- 4,72 % a été considérée en aléa moyen ;
- 71,89 % a été caractérisée par un aléa faible ;
- 18,95 % 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 quelques sinistres.

Cette carte d'aléa retrait-gonflement des terrains argileux du département de l'Oise, dont l'échelle de validité est le 1/50 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le préalable à l'élaboration de Plans de prévention des risques naturels (PPRN), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci. Cet outil réglementaire devra insister sur l'importance d'une étude géotechnique à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par les formations géologiques à aléa 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.....	18
2.2.2. Caractérisation lithologique, minéralogique et géotechnique des formations .....	19
2.2.3. Examen des autres facteurs de prédisposition et de déclenchement ....	19
2.2.4. Carte de susceptibilité.....	20
2.2.5. Recensement et localisation géographique des sinistres .....	20
2.2.6. Détermination des densités de sinistres.....	20
2.2.7. Carte d'aléa .....	21
<b>3. Présentation du département de l'Oise .....</b>	<b>23</b>
3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE .....	23
3.2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE .....	24
3.2.1. Bassin de la Seine .....	24
3.2.2. Bassin de la Somme .....	26
3.2.3. Canaux.....	26
3.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	26
3.3.1. La nappe du Dogger (Bajo-Bathonien).....	26
3.3.2. La nappe des <i>Sables verts de l'Albien</i> (Crétacé inférieur) .....	26
3.3.3. La nappe des formations du Wealdien-Portlandien .....	27
3.3.4. La nappe de la Craie (Cénomaniens-Turonien-Sénonien) .....	27
3.3.5. La nappe des <i>Sables du Thanétien</i> (Éocène inférieur) .....	27
3.3.6. La nappe des <i>Sables de l'Yprésien supérieur</i> (Cuisien) .....	27
3.3.7. La nappe des <i>Calcaires du Lutétien</i> .....	28
3.3.8. La nappe des <i>Calcaires du Bartonien</i> .....	28
3.4. CONTEXTE CLIMATIQUE .....	28
3.4.1. Températures.....	28

3.4.2.	Pluviométrie .....	28
3.4.3.	Evapotranspiration .....	29
<b>4.</b>	<b>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 GEOLOGIQUE REGIONAL .....	34
4.3.	LITHOSTRATIGRAPHIE DES FORMATIONS ARGILEUSES AU SENS LARGE .....	37
4.3.1.	Quaternaire .....	37
4.3.2.	Paléogène .....	45
4.3.3.	Crétacé .....	57
4.3.4.	Jurassique .....	61
4.4.	REMARQUES SUR LES FORMATIONS NON ARGILEUSES .....	62
<b>5.</b>	<b>Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations retenues .....</b>	<b>63</b>
5.1.	CRITÈRES DE HIÉRARCHISATION .....	63
5.1.1.	Critères retenus .....	63
5.1.2.	Méthode de classification .....	63
5.2.	CRITÈRE LITHOLOGIQUE .....	64
5.2.1.	Définition du critère lithologique et barème .....	64
5.2.2.	Caractérisation lithologique .....	64
5.3.	CRITÈRE MINÉRALOGIQUE .....	65
5.3.1.	Définition du critère minéralogique et barème .....	65
5.3.2.	Caractérisation minéralogique .....	66
5.4.	CRITÈRE GÉOTECHNIQUE .....	69
5.4.1.	Définition du critère géotechnique et barèmes .....	69
5.4.2.	Caractérisation géotechnique .....	72
<b>6.</b>	<b>Élaboration de la carte de susceptibilité .....</b>	<b>75</b>
6.1.	DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE SUSCEPTIBILITÉ .....	75
6.2.	CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ .....	75
6.3.	SYNTHÈSE .....	76

<b>7. Analyse de la sinistralité.....</b>	<b>79</b>
7.1. PROCÉDURE DE DEMANDE DE RECONNAISSANCE DE L'ÉTAT DE CATASTROPHE NATURELLE .....	79
7.2. IDENTIFICATION DES COMMUNES SINISTRÉES.....	80
7.2.1. Localisation des communes sinistrées.....	80
7.2.2. Analyse des périodes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle .....	82
7.3. IDENTIFICATION DES SINISTRES.....	83
7.3.1. Collecte des données.....	83
7.3.2. Bilan .....	84
7.4. REPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GEOLOGIQUE .....	86
7.5. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE A LA SURFACE BATIE.....	86
7.5.1. Détermination de la densité d'urbanisation par formation .....	88
7.5.2. Détermination du critère densité de sinistres .....	88
<b>8. Carte d'aléa .....</b>	<b>93</b>
8.1. DÉTERMINATION DU NIVEAU D'ALÉA.....	93
8.2. CARTE D'ALÉA .....	95
<b>9. Conclusion.....</b>	<b>99</b>
<b>10. Bibliographie.....</b>	<b>101</b>

## Liste des illustrations

ILLUSTRATION 1 - SCHEMATISATION DE LA DESSICCATION DES SOLS ARGILEUX EN PERIODE SECHE	13
ILLUSTRATION 2 – LOCALISATION DU DEPARTEMENT DE L'OISE ET PRINCIPALES REGIONS NATURELLES	23
ILLUSTRATION 3 – PRINCIPAUX COURS D'EAU DE L'OISE .....	25
ILLUSTRATION 4 – PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES 1945-2005.....	29
ILLUSTRATION 5 – LISTE DES CARTES GEOLOGIQUES A 1/50 000 DE L'OISE.....	32
ILLUSTRATION 6 - ASSEMBLAGE DES CARTES GEOLOGIQUES A 1/50 000 DE L'OISE ....	33
ILLUSTRATION 7 - EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE LA FRANCE AU 1/1 000 000	34
ILLUSTRATION 8 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « C – COLLUVIONS INDIFFERENCIEES » .....	38
ILLUSTRATION 9 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « CEG – COLLUVIONS ISSUES DES FORMATIONS TERTIAIRES » .....	39

ILLUSTRATION 10 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « LP – LIMONS DES PLATEAUX ET DE PENTE » .....	40
ILLUSTRATION 11 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « B-LPs – LIMONS ARGILEUX A SILEX » .....	41
ILLUSTRATION 12 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « T – TOURBES ET DEPOTS TOURBEUX ».....	42
ILLUSTRATION 13 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « Fz – ALLUVIONS ACTUELLES ET RECENTES » .....	43
ILLUSTRATION 14 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « FY – ALLUVIONS ANCIENNES » 43	
ILLUSTRATION 15 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « Rs – ARGILES RESIDUELLES A SILEX».....	44
ILLUSTRATION 16 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « PIII-IV – CAILLOUTIS DE GISORS ET FORMATIONS ASSOCIEES ».....	45
ILLUSTRATION 17- REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « G1D – ARGILES A MEULIERE DE MONTMORENCY».....	46
ILLUSTRATION 18 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « G1B – MARNES A HUITRES, ARGILES A CORBULES » .....	46
ILLUSTRATION 19 – REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « G1A – ARGILES VERTES DE ROMAINVILLE ET CALCAIRES SANNOISIENS » .....	47
ILLUSTRATION 20 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E7B – MARNES SUPRAGYPSEUSES ».....	48
ILLUSTRATION 21 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E7 – LUDIEN INDIFFERENCIE» .....	49
ILLUSTRATION 22 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E6B2 - SABLES, GRES ET ARGILES DU MARINESIEN ».....	50
ILLUSTRATION 23 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E6B – MARNOCALCAIRE DE SAINT-OUEN » .....	51
ILLUSTRATION 24 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E6AV – ARGILE DE VILLENEUVE-SUR-VERBERIE » .....	51
ILLUSTRATION 25 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E6AG – ARGILE DE SAINT GOBAIN » .....	52
ILLUSTRATION 26 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E6AB – SABLES D'AUVERS ET DE BEAUCHAMP» .....	53
ILLUSTRATION 27 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E5C – CALCAIRE A MILIOLES ET CERITHES, MARNES ET CAILLASSES ».....	54
ILLUSTRATION 28 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E4BAL – ARGILE DE LAON »	54
ILLUSTRATION 29 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E4B – SABLES DE CUISE S.L.»	55
ILLUSTRATION 30 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E3C-4A –MARNES ET SABLES DE SINCENY, ARGILES A LIGNITE».....	56
ILLUSTRATION 31- REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « E3B-C – SABLES ET GRES DU THANETIEN».....	57
ILLUSTRATION 32 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « C1-2 – CRAIE MARNEUSE »	58
ILLUSTRATION 33 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « N6 – SABLES VERTS, ARGILES DU GAULT ET GAIZE » .....	59
ILLUSTRATION 34 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION «N4 – ARGILES PANACHEES»	60
ILLUSTRATION 35 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « N1-4 – SABLES ET ARGILES DU WEALDIEN ET DU BARREMIEN ».....	61

ILLUSTRATION 36 - REPARTITION DEPARTEMENTALE DE LA FORMATION « J6-7 – ARGILES, CALCAIRES ET SABLES DU JURASSIQUE » .....	62
ILLUSTRATION 37 – BAREME UTILISE POUR LE CRITERE LITHOLOGIQUE.....	64
ILLUSTRATION 38 – NOTE LITHOLOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES RETENUES ..	65
ILLUSTRATION 39 – BAREME UTILISE POUR LE CRITERE MINERALOGIQUE.....	65
ILLUSTRATION 40 – SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES EXPLOITEES POUR LA CARACTERISATION MINERALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILO-MARNEUSES DE L'OISE.....	66
ILLUSTRATION 41 - NOTE MINERALOGIQUE DES FORMATIONS ARGILEUSES RETENUES.	68
ILLUSTRATION 42 – BAREME DU CRITERE GEOTECHNIQUE SUIVANT L'INDICE DE PLASTICITE	70
ILLUSTRATION 43 – BAREME DU CRITERE GEOTECHNIQUE SUIVANT LA VALEUR DE BLEU	71
ILLUSTRATION 44 – BAREME DU CRITERE GEOTECHNIQUE SUIVANT LE RETRAIT LINEAIRE	71
ILLUSTRATION 45 : BAREME DU CRITERE GEOTECHNIQUE SUIVANT LE COEFFICIENT DE GONFLEMENT	72
ILLUSTRATION 46 - SOURCE DES DONNEES GEOTECHNIQUES EXPLOITEES.....	73
ILLUSTRATION 47 - SYNTHESE DES DONNEES GEOTECHNIQUES (VALEURS DE BLEU, INDICES DE PLASTICITE) .....	74
ILLUSTRATION 48 – BAREME DE DETERMINATION DU DEGRE DE SUSCEPTIBILITE .....	75
ILLUSTRATION 49 - SUSCEPTIBILITE DES FORMATIONS ARGILEUSES RETENUES.....	76
ILLUSTRATION 50 – CARTE DE SUSCEPTIBILITE AU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX	77
ILLUSTRATION 51 – DATE DES ARRETES INTERMINISTERIELS CONCERNANT L'OISE .....	81
ILLUSTRATION 52 – REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES COMMUNES DE L'OISE RECONNUES EN ETAT DE CATASTROPHE NATURELLE POUR LE PHENOMENE DE RETRAIT-GONFLEMENT	82
ILLUSTRATION 53 – DATES ET DUREES DE RECONNAISSANCE D'ETAT DE CATASTROPHE NATURELLE	83
ILLUSTRATION 54 – SOURCE DE RECENSEMENT DES SINISTRES .....	84
ILLUSTRATION 55 – REPARTITION DES SINISTRES RECENSES PAR COMMUNE .....	85
ILLUSTRATION 56 – REPARTITION GEOLOGIQUE DES SINISTRES RECENSES ET LOCALISES.	87
ILLUSTRATION 57 – CARTE DES ZONES CONSTRUITES SUR LE DEPARTEMENT DE L'OISE (DONNEES BD TOPO© IGN) .....	89
ILLUSTRATION 58 –NOMBRE DE SINISTRES ET INDICE DE SURFACE BATIE PAR FORMATION	90
ILLUSTRATION 59 – DENSITE DE SINISTRES POUR 100 KM <sup>2</sup> DE FORMATION ARGILEUSE BATIE (NS : NON-SIGNIFICATIVE) .....	90
ILLUSTRATION 60 – NIVEAU D'ALEA DES FORMATIONS.....	94
ILLUSTRATION 61 - CLASSEMENT DES FORMATIONS SELON LEUR NIVEAU D'ALEA .....	95
ILLUSTRATION 62 - CARTE DEPARTEMENTALE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DE L'OISE	97

## Liste des annexes

ANNEXE 1 - RAPPELS SUR LE MECANISME DE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES...	109
ANNEXE 2 - SINISTRES .....	113
ANNEXE 3 - LISTE ET COORDONNEES DES ORGANISMES AYANT FOURNI DES DONNEES GEOTECHNIQUES .....	123
ANNEXE 4 - RESULTATS D'ANALYSES SPECIFIQUES DES ECHANTILLONS PRELEVES DANS LE CADRE DE L'ETUDE.....	125

### **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 partiellement 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, d'autant que les bâtiments de type maisons individuelles, souvent peu rigides et fondés superficiellement, sont particulièrement vulnérables à des tassements différentiels sous leurs semelles de fondation.

La prise en compte, par les compagnies d'assurance, des sinistres liés à la sécheresse a été rendue possible par l'application de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophe naturelle. Depuis l'année 1989 (début d'application de cette procédure aux sinistres résultant de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et la réhydratation des sols), environ 7 800 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 près de 4,3 milliards d'euros, ce qui en fait la deuxième cause d'indemnisation derrière les inondations.

La Picardie, bien que nettement moins concernée que d'autres régions françaises, a été affectée par ce phénomène, notamment au cours des années 1990, 1995 à 1997, 2005, 2006 et pendant l'été 2003. Le département de l'Oise, d'une superficie de 5 900 km<sup>2</sup> (estimée d'après la BD CARTO© de l'IGN), compte 812 454 habitants (source INSEE : population légale en 2006). Au total, à la date du 31 mars 2009, 16 des 693 communes y ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle sécheresse, pour des périodes allant d'avril 1989 à mars 2006. Par ailleurs, 11 communes ont été concernées par la procédure exceptionnelle pour l'indemnisation de sinistres survenus en 2003, soit 25 communes au total directement touchées par le

phénomène à ce jour, ce qui correspond à un taux de sinistralité de 3,5 %. Le montant cumulé des indemnités versées à ce jour pour ce type de sinistres serait ainsi de l'ordre de 3,5 millions d'euros.

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 sols argileux 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 Picardie en collaboration avec le Service Aménagement et Risques Naturels du BRGM. Le financement en a été assuré à hauteur de 25 % par la dotation de service public du BRGM, le complément ayant été financé par le Fonds national de prévention des risques naturels majeurs, dans le cadre d'une convention de cofinancement signée le 21 juin 2007 avec la Préfecture de l'Oise.

Cette étude s'intègre à un programme national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux qui concerne désormais l'ensemble du territoire métropolitain, dont plus de la moitié des départements est déjà couvert par de telles cartes d'aléa à ce jour.

## 2. Méthodologie

### 2.1. FACTEURS INTERVENANT DANS LE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Les phénomènes de retrait-gonflement sont dus pour l'essentiel à des variations de volume de formations argileuses sous l'effet de l'évolution de leur teneur en eau, comme rappelé en Illustration 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.

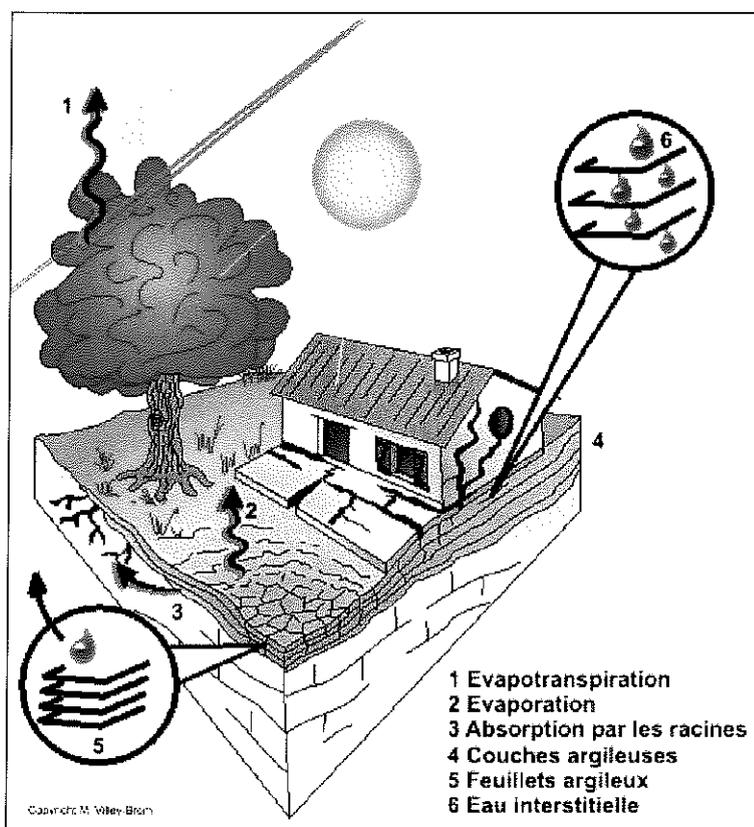


Illustration 1 - Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche

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 cartographiées 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  $\mu\text{m}$ ).

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

#### **2.1.1.2. Contexte hydrogéologique**

Parmi les facteurs de prédisposition, les conditions hydrogéologiques constituent un des facteurs environnementaux régissant les conditions hydrauliques in situ. Or la présence d'une nappe phréatique rend plus complexe le phénomène de retrait-gonflement. En effet, les conditions hydrauliques in situ (teneur en eau et degré de saturation) varient dans le temps non seulement en fonction de l'évapotranspiration (dont l'action est prépondérante sur une tranche très superficielle de l'ordre de 1 à 2 m d'épaisseur) mais aussi en fonction des fluctuations de la nappe éventuelle (dont l'action devient prépondérante en profondeur).

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

#### **2.1.1.3. Géomorphologie**

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

La présence d'une pente favorise le ruissellement et le drainage par phénomène gravitaire, tandis qu'une morphologie plate sera d'avantage susceptible de recueillir des eaux stagnantes qui ralentiront la dessiccation du sol. Par ailleurs, un terrain en pente exposé au sud sera plus sensible à l'évaporation du fait de l'ensoleillement, qu'un terrain plat ou exposé différemment. En outre, les formations argileuses et marneuses qui affleurent sur le flanc des vallées peuvent occasionner, localement, un

fluage lent du versant et la formation de loupes argileuses. Ce phénomène vient s'ajouter aux désordres consécutifs à la seule dessiccation du sol.

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

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

#### **2.1.1.4. Végétation**

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

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

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

#### **2.1.1.5. Défauts de construction**

Ce facteur de prédisposition, dont l'existence peut être révélée à l'occasion d'une sécheresse exceptionnelle, se traduit par la survenance ou l'aggravation des désordres. L'importance de ce facteur avait déjà été mise en évidence par les études menées en 1990 par l'Agence Qualité Construction et en 1991 par le CEBTP, lesquelles montraient que la plupart des sinistres concernaient des maisons

individuelles dépourvues de chaînage horizontal et fondées sur semelles continues peu ou non armées et peu profondes (de 40 à 80 cm).

L'examen de dossiers d'expertises 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 en climat tempéré, 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 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 permettra de cartographier de manière homogène l'ensemble du territoire métropolitain (Vincent *et al.*, 2008). Il est à noter que, pour la région Picardie, la carte d'aléa retrait-gonflement est en cours de réalisation pour la Somme et quasiment achevée pour l'Aisne. Par ailleurs, les cartes des autres départements limitrophes de l'Oise sont déjà publiées concernant l'Eure (Duriez et Lereculey, 2008), le Val d'Oise (Donsimoni *et al.*, 2004) et la Seine-et-Marne (Donsimoni *et al.*, 2005).

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

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'en déduire une carte géologique départementale harmonisée (Roger, 2008). Ce document a servi de point de départ pour la cartographie des formations argileuses et marneuses du département qui intègre également certaines données ponctuelles issues de coupes de forage de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM, ou provenant de rapports d'études géotechniques.

Pour cela, toutes les formations argileuses ou marneuses du département, y compris les formations superficielles d'extension locale, ont été inventoriées puis

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

### **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 établie à partir des nombreux rapports d'expertise de sinistres et d'aménagement réalisés par différents bureaux d'études (CEBTP-Solen, Fondasol, ICSEO, GEOTEC, Hydro Geotechnique...). Le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Saint-Quentin a par ailleurs procédé au géoréférencement et à la synthèse des données géotechniques contenues dans ses propres rapports d'études, dans le cadre d'une convention de mise à disposition spécifique.

Pour des formations géologiques qui s'étendent au delà du département et pour lesquelles les données sont rares, nous avons repris les caractéristiques recueillies à l'occasion des études du même type effectuées dans les départements voisins déjà traités ou en cours de réalisation.

### **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 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 corrigée en prenant également en compte la sinistralité observée à ce jour pour chacune des formations identifiées comme potentiellement sujettes au phénomène.

Pour ce faire, un recensement des sinistres sécheresse a été effectué auprès des 693 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, certaines mutuelles d'assurance et plusieurs bureaux d'études géotechniques 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 finalement 218 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 50 communes et l'échantillon peut donc être considéré comme représentatif de l'occurrence spatiale du phénomène dans le département de l'Oise.

#### **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 à partir de la couche Bâtiment de la BD TOPO© de l'IGN.

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 bâtie.

### **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, conformément à la méthodologie validée au niveau national. La carte ainsi obtenue est numérisée et son échelle de validité est le 1/50 000.



### 3. Présentation du département de l'Oise

#### 3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

Situé dans la moitié nord de la France, le département de l'Oise appartient à la région Picardie et est limitrophe de la région Ile-de-France. Il s'insère entre les départements de la Somme, de l'Aisne, de la Seine et Marne, du Val d'Oise, de l'Eure et de la Seine-Maritime (Illustration 2). Le département de l'Oise doit son nom à la rivière qui le traverse du nord-est vers le sud du département, rejoignant ainsi le Val d'Oise.

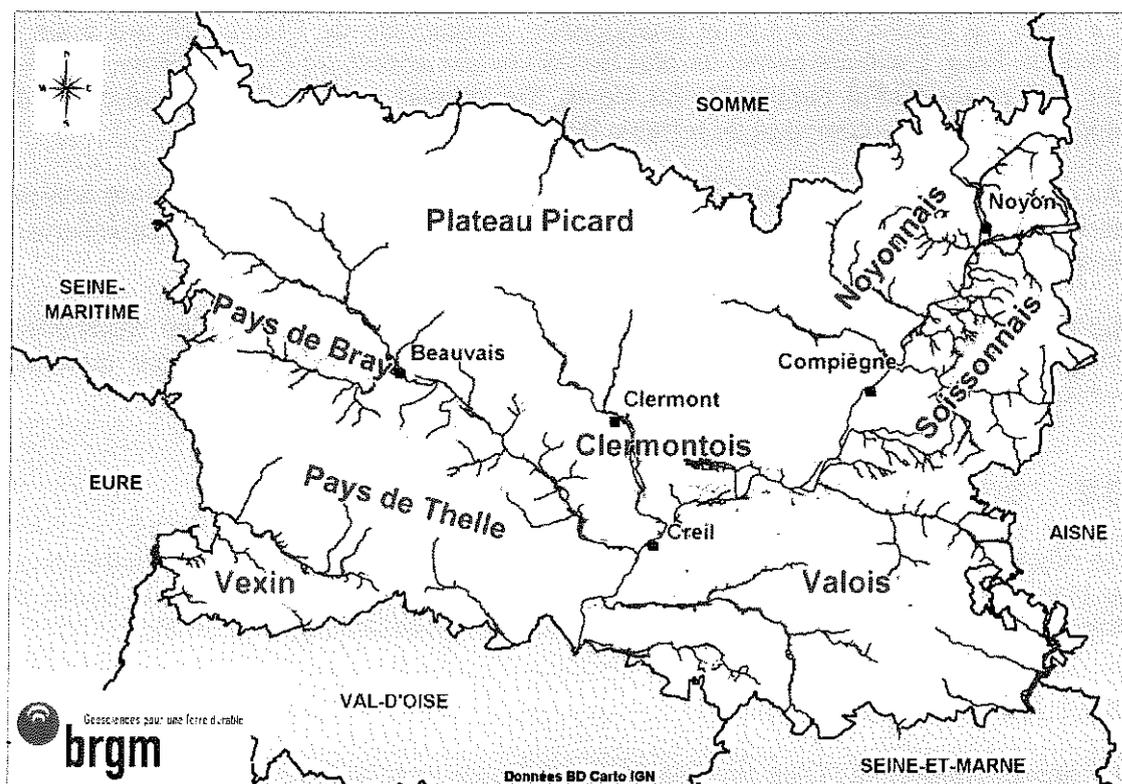


Illustration 2 – Localisation du département de l'Oise et principales régions naturelles

La population de l'Oise s'élevait en 2006 à 812 454 habitants (d'après les estimations de l'INSEE), répartis en 693 communes. D'une superficie totale évaluée à 5 900 km<sup>2</sup> (d'après les données de la BD CARTO<sup>®</sup> IGN, en coordonnées cartésiennes calculées sous MapInfo<sup>®</sup>), le département de l'Oise couvre 30,2% de la région Picardie, avec une densité de population moyenne de 138 habitants au km<sup>2</sup>. Une dizaine de villes dépasse les 10 000 habitants, parmi lesquelles Beauvais (plus de 50 000 habitants, préfecture de département), Compiègne, Creil, ou encore Senlis.

Du plateau picard au nord essentiellement agricole, aux villes dortoirs du sud proches de la région parisienne, en passant par les zones forestières de la vallée de l'Oise, les paysages de ce département sont variés. Le territoire peut être divisé en huit unités géographiques aux paysages variés (Illustration 2).

Le Plateau Picard au nord du département est un vaste plateau crayeux entaillé par de nombreuses vallées sèches et quelques vallées humides, d'une altitude passant de 200 m au nord-ouest à 50 m au sud-est. Couvert d'un sol limoneux, ce secteur est un domaine largement cultivé.

Le Pays de Bray à l'ouest du département est une entité géologique structurale remarquable. Connu des géographes et géologues sous le nom de boutonnière du Pays de Bray, il s'agit d'un anticlinal largement érodé, laissant apparaître les terrains jurassiques en son cœur. Ce contexte particulier donne naissance à un paysage bocager typique, au relief ondulé d'une altitude moyenne de 150 m, et au couvert végétal varié.

Le Pays de Thelle, constitue la prolongation méridionale du Plateau Picard sous le Pays de Bray. L'altitude passe de plus de 200 m aux abords du Pays de Bray, à moins de 100 m au sud à l'approche du Vexin. Ce dernier occupe l'angle sud-ouest du département, et se compose de terrains tertiaires.

Au centre et à l'est, les monts du Clermontois et du Noyonnais, succession de collines tertiaires boisées soulignent encore, ça et là, la Cuesta de l'Île de France, partiellement érodée, d'une altitude moyenne supérieure à 150 m.

Le plateau du Valois, au sud-est, d'une altitude moyenne de 100 m, se caractérise, comme le Soissonnais, par de vastes étendues cultivées, entaillées par quelques vallées encaissées et boisées.

## 3.2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

Le département de l'Oise est concerné par deux bassins hydrographiques principaux : le bassin de la Somme dans l'extrême nord du plateau picard, et celui de la Seine, de loin le plus important, en terme de superficie départementale (Illustration 3).

### 3.2.1. Bassin de la Seine

Le bassin versant de l'Oise représente la principale unité hydrologique du bassin de la Seine dans le département. Il se constitue essentiellement de l'Oise elle-même et de ses principaux affluents : l'Aisne, l'Automne, La Nonette et la Thève en rive gauche ; la Verse, le Matz, la Brèche, le Thérain et l'Esches en rive droite.

**Sous-bassin de l'Oise** : L'Oise draine un bassin de 16 970 km<sup>2</sup> répartis essentiellement sur 4 régions (Lorraine, Champagne-Ardenne, Picardie et Ile-de-France) et 6 départements (Meuse, Marne, Ardennes, Aisne, Oise, et Val d'Oise).

Affluent de la Seine (rive droite) d'une longueur totale de 330 km, l'Oise prend sa source en Belgique, à 30 km de la frontière française, et traverse ensuite le département de l'Aisne. À Appilly, elle pénètre à l'intérieur du département qui lui doit son nom et le traverse sur 100 km, en direction du sud-ouest, avant de rejoindre le département du Val d'Oise.

La rivière traverse aussi bien les terrains tertiaires que des zones d'affleurement de la craie, dont les aquifères produisent un effet tampon sur les débits moyens. Son débit spécifique annuel moyen est de l'ordre 7 l/s/km<sup>2</sup> à Creil (1968-1976).

La différence des apports des affluents entre l'amont et l'aval du bassin est particulièrement flagrante si on compare l'apport de la Cousance, petit affluent de l'Aire situé à l'amont du bassin (dans la Meuse) et celui du Thérain situé à l'aval du bassin (dans l'Oise) : le débit maximum observé de la Cousance à Aubreville est de  $46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  pour une superficie de  $166 \text{ km}^2$  alors qu'il n'est que de  $41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  sur le Thérain à Maysel pour une superficie de  $1\,200 \text{ km}^2$ .

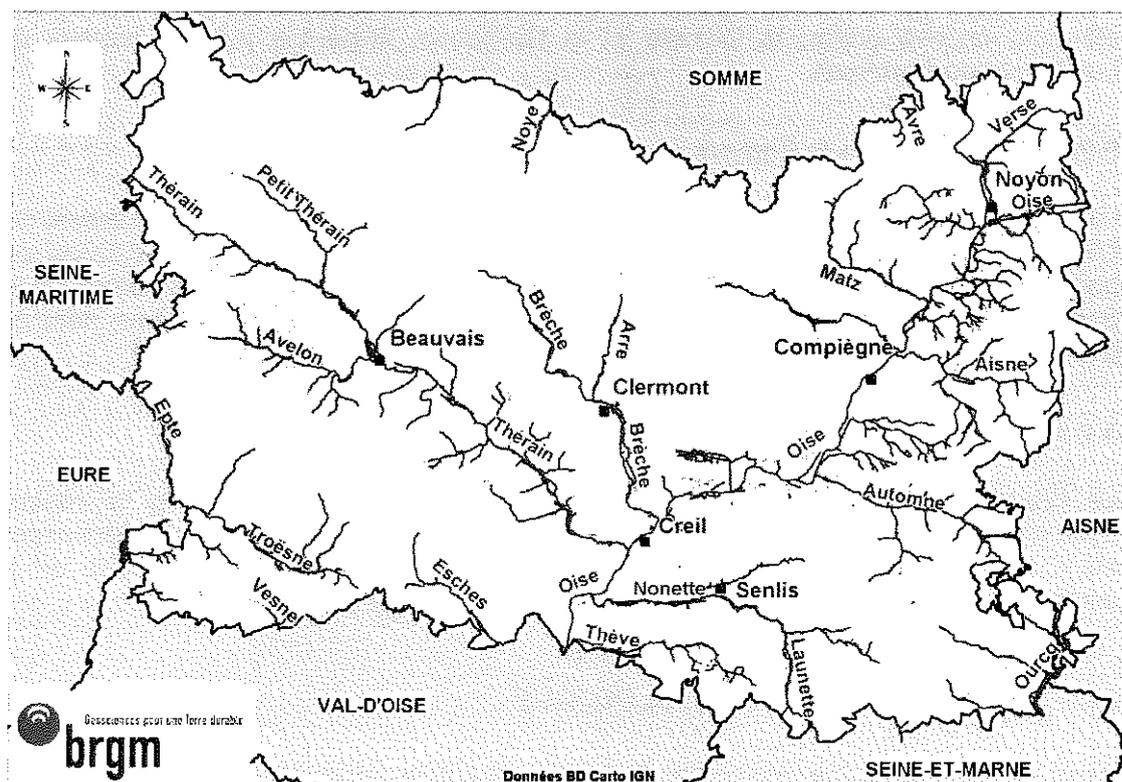


Illustration 3 – Principaux cours d'eau de l'Oise

**Sous-bassin de l'Aisne :** L'Aisne constitue le principal affluent de l'Oise en rive gauche. Elle prend sa source à Sommaisne dans le département de la Meuse pour finalement se jeter dans l'Oise à Compiègne (Oise). Elle parcourt seulement 25 km dans le département, soit 1/11 de ses 280 km de longueur totale.

L'Aisne présente la particularité d'apporter un débit plus important que l'Oise lors des crues concomitantes (près du double), s'expliquant par une prédominance des terrains imperméables sur la haute vallée de l'Aisne par rapport à celle de l'Oise. Néanmoins, le débit spécifique annuel moyen de l'Aisne est tout à fait comparable à celui de l'Oise, de l'ordre de  $7,1 \text{ l/s/km}^2$  (Choisy-au-Bac, 1968-1976). Comme l'Oise, il s'agit d'une rivière exogène par rapport aux aquifères qu'elle traverse.

**Sous-bassin du Thérain :** Le Thérain est le principal affluent de l'Oise en rive droite, parcourant 75 km du département, du nord-ouest en direction du sud-est. Il reçoit les eaux du Pays de Bray à Beauvais par l'intermédiaire de l'Avallon, avant de rejoindre l'Oise à Montataire, et est influencé par la nappe de la craie qui soutient sensiblement son débit d'étiage.

**Sous-bassin de l'Epte :** Situé dans l'angle sud-ouest du département, ce sous-bassin hydrographique est représenté par l'Epte elle-même, qui entre Gournay et Gisors, représente la frontière avec l'Eure et la Seine-Maritime. Son principal affluent dans l'Oise est la Troësne, drainant la nappe de la craie dans le Pays de Thelle, en bordure du Vexin.

**Sous-bassin de la Marne :** Dans l'angle sud-est se trouve l'Ourcq, et deux petits affluents en rive droite, la Givrette et la Gorgogne, alimentés par les nappes du Lutétien et du Bartonien.

### 3.2.2. Bassin de la Somme

La Somme prend sa source à Fonsommes dans le nord-ouest du département de l'Aisne. Elle est caractérisée par un débit régulier, des eaux lentes et une vallée qui est ponctuée de marais, étangs, canaux, et de beaucoup de méandres. Le bassin de la Somme dans l'Oise couvre une faible superficie et se situe dans l'extrême nord du département par l'intermédiaire des hauts cours de la Selle, la Noye et l'Avre.

### 3.2.3. Canaux

Le département de l'Oise possède un réseau de canaux qui double le réseau hydrographique lorsque les rivières ne sont pas navigables, et permet des échanges entre bassins hydrographiques. Ils sont présents au nord-ouest en amont de la confluence avec l'Aisne, et sur l'Ourcq, à l'extrême sud-est du département.

## 3.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Situé dans la partie septentrionale du bassin de Paris, l'Oise se compose de terrains sédimentaires constitués de couches perméables qui sont autant de réservoirs aquifères potentiels.

### 3.3.1. La nappe du Dogger (Bajo-Bathonien)

Il s'agit du seul réservoir profond assez bien connu étendu à l'ensemble du département. Le mur de ce réservoir est constitué des argiles et marnes du Toarcien et du Lias, tandis que le toit est formé par les marnes callovo-oxfordiennes. Il s'agit d'un aquifère calcaire dont la perméabilité est assurée par les nombreuses diaclases qui le fissurent. Plusieurs forages pétroliers ou à des fins géothermiques ont traversé ce réservoir, le localisant à 1 060 mètres de profondeur à Saint Just-en-Chaussée (185 m d'épaisseur). Dans la région de Creil, il se situe à 1 700 m de profondeur.

### 3.3.2. La nappe des Sables verts de l'Albien (Crétacé inférieur)

Contenue dans les *Sables verts*, ils forment à l'affleurement une frange autour du cœur de l'anticlinal du Pays de Bray. La nappe est alors libre et directement alimentée par l'impluvium et le déversement des nappes sus-jacentes (Cénomaniens, Sénoniens). L'épaisseur de l'aquifère est de 20 à 30 mètres, et le mur est constitué par les argiles du Barrémien. En s'éloignant de l'axe de l'anticlinal, les Sables verts plongent sous les *Argiles du Gault*, constituant alors le toit de la nappe qui devient progressivement captive.

### 3.3.3. La nappe des formations du Wealdien-Portlandien

Les formations sablo-calcaires du Wealdien et du Tithonien (anciennement Portlandien) constituent un réservoir complexe, encadré par les marnes du Kimméridgien à la base et les argiles du Barrémien au sommet. Libre dans les zones du Pays de Bray où ces formations affleurent, la nappe du Wealdien-Portlandien devient, comme celle des Sables verts, captive en s'éloignant de l'axe de l'anticlinal. Peu profonde, elle est drainée par de nombreux rus qui rejoignent l'Avelon, affluent du Thérain.

### 3.3.4. La nappe de la Craie (Cénomaniens-Turonien-Sénonien)

La nappe de la Craie est une des ressources en eau les plus importantes du département, tant par son extension que par son degré d'exploitation. Libre dans la zone du Plateau Picard et du Pays de Thelle, elle devient captive sous les formations tertiaires du bassin de Paris.

L'aquifère est constitué par un ensemble de formations à dominante crayeuse (Sénonien), dont la craie est d'autant moins franche qu'elle est ancienne, passant à une craie marneuse au Cénomaniens -Turonien, et entrecoupées d'horizons argilo-marneux ou de gaize au Cénomaniens. Il est limité à la base par les *Argiles du Gault*, qui affleurent dans le Pays de Bray.

La nature lithographique de cet aquifère lui confère une double porosité, à la fois matricielle (ou d'interstice) et de fissure. La fissuration de la craie est d'origine tectonique et climatique (altération météorique). Seuls les cinquante premiers mètres sous le niveau de la nappe sont concernés par ce phénomène. Au-delà, ces fissures disparaissent, la craie devient compacte constituant alors le mur de la nappe. Par ailleurs, moins exposée à l'érosion sous recouvrement tertiaire, la nappe de la craie y est alors moins productive.

### 3.3.5. La nappe des Sables du Thanétien (Éocène inférieur)

Le réservoir des *Sables du Thanétien* (*Sables de Bracheux*) est généralement en continuité hydraulique avec la craie : ils constituent ainsi un aquifère bicouche. La nappe y est continue, libre à la périphérie des dépôts tertiaires puis captive sous les *Argiles du Sparnacien*. La perméabilité d'interstices qui caractérise ces terrains leur confère, selon leur épaisseur, une transmissivité plutôt faible, mais beaucoup plus homogène que celle de la craie.

### 3.3.6. La nappe des Sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien)

Les sables de l'Yprésien supérieur, localement appelés *Sables de Cuise*, forment une réserve importante, étendue à toute la zone tertiaire. Le régime de la nappe est généralement libre, et celle-ci devient captive sous les plateaux du Valois. Le mur de la nappe est constitué par les *Argiles du Sparnacien*, et le toit par les *Argiles de Laon*, lorsqu'elles existent. En leur absence, la nappe de l'Yprésien supérieur est en continuité hydraulique avec celle du Lutétien sus-jacente. Les caractéristiques hydrauliques des *Sables de Cuise* sont sensiblement identiques à celles des *Sables du Thanétien*.

### **3.3.7. La nappe des Calcaires du Lutétien**

La nappe des *Calcaires du Lutétien* présente un régime libre. A sa base se retrouvent les *Argiles de Laon* et au sommet les *Marnes et Caillasses* du Lutétien supérieur. Le calcaire, communément qualifié de grossier en raison de son hétérogénéité structurelle, peut procurer des valeurs de transmissivité élevées dans les calcaires fissurés et en fournir des plus faibles dans les bancs marneux (l'aquifère est productif du fait de son réseau de fissures). Épais de 20 à 30 mètres, l'aquifère peut présenter localement une certaine karstification (Valois, région de Senlis).

### **3.3.8. La nappe des Calcaires du Bartonien**

Le Bartonien constitue un aquifère multicouche qui couvre les hauteurs des plateaux. Très peu représenté dans le département (Valois, Vexin) il est constitué par les *Sables d'Auvers et de Beauchamp* et par les *Marno-calcaires de Saint-Ouen*. L'aquifère du Bartonien donne naissance à de petites sources de déversement.

## **3.4. CONTEXTE CLIMATIQUE**

L'Oise dispose d'un climat à dominante océanique.

### **3.4.1. Températures**

D'après la DDAF de l'Oise, la température moyenne annuelle dans le département est égale à 10,1 °C. Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 3 °C et juillet est le mois le plus chaud avec 17,6 °C. Il gèle sous abri en moyenne 62 jours par an. Les étés sont assez frais avec 29 jours de température maximale supérieure à 25 °C.

La durée d'insolation est peu élevée, en moyenne 1589 heures par an soit 4,3 heures par jour. C'est en décembre que le soleil est le moins généreux (43 heures). En juillet, la durée d'insolation atteint 210 heures en moyenne.

L'amplitude thermique entre les mois les plus chauds (juillet-août) et le plus froid (janvier) est d'environ 15°C.

### **3.4.2. Pluviométrie**

Le cumul annuel de précipitation enregistré à Creil entre 1945 et 2005 est en moyenne d'environ 650 mm (Illustration 4) avec des déficits bien marqués notamment lors des années 1989-91, en 1997 et durant les années récentes 2003 à 2005. Les mois les plus pluvieux sont novembre, décembre, et le mois d'août en raison des orages. La répartition spatiale des pluies montre une inégale répartition avec des valeurs croissantes vers le sud et l'ouest, le cumul annuel de précipitation atteignant en moyenne de l'ordre de 750 mm en limite sud-ouest du département.

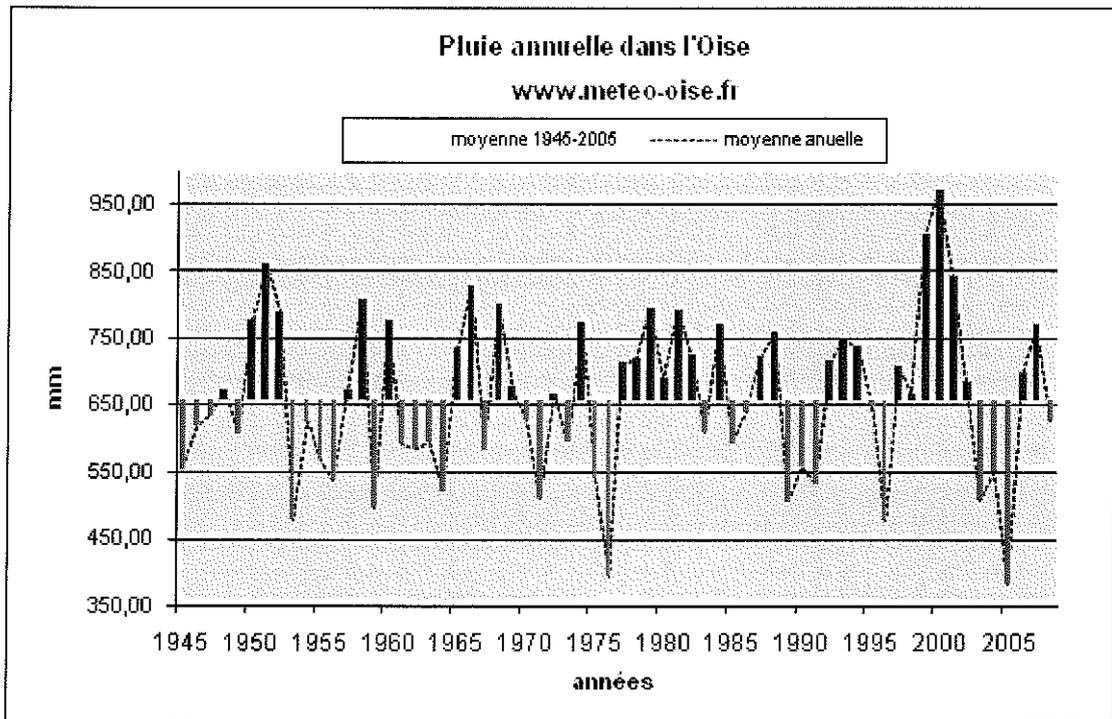


Illustration 4 – Précipitations moyennes annuelles 1945-2005

### 3.4.3. Evapotranspiration

L'évapotranspiration dans l'Oise reprend une grande partie des précipitations s'abattant sur le territoire. Calculée à partir de formules empiriques comme celles de Turc ou de Penmann, elle permet de déduire la part des eaux de pluie, appelée pluie efficace, qui participera *in fine* à la réhydratation des sols et à l'alimentation des aquifères souterrains. L'évapotranspiration réelle annuelle, calculée selon la méthode de Turc sur la période 1946-1981 et à partir des données de la station météorologique de Beauvais-Tille, s'élève en moyenne à 75 % des pluies totales. Les pluies efficaces correspondent donc en moyenne à 25 % du total des précipitations tombées en un an sur le département.



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

La première étape a consisté à dresser, à partir d'une synthèse des différentes cartes géologiques couvrant le département, un inventaire de toutes les formations argilo-marneuses présentes, y compris les formations superficielles d'extension locale, et d'en cartographier les contours. 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.

Cette cartographie a été réalisée pour l'essentiel à partir des cartes géologiques éditées par le BRGM à l'échelle 1/50 000 et de la carte départementale géologique harmonisée (Roger, 2008) qui a été établie spécifiquement dans le cadre de la présente étude, lors de la première phase de ce travail. Les cartes au 1/50 000, levées pour la plupart entre les années soixante et quatre-vingt (Illustration 5), avec une représentation répondant aux objectifs de l'époque, peuvent présenter localement des lacunes en ce qui concerne notamment les formations superficielles, et leur fiabilité ponctuelle est souvent limitée.

Elles ont été partiellement complétées par la consultation de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) gérée par le Service Géologique Régional du BRGM, même si toutes les données disponibles n'ont pu être intégrées en raison de leur nombre très élevé. Les études géotechniques recueillies spécifiquement dans le cadre de la présente opération ont aussi été prises en compte pour corriger localement la carte des formations à composante argileuse. Par ailleurs, l'analyse des publications scientifiques portant sur la zone d'étude a permis d'améliorer la connaissance de la lithologie et de la minéralogie de certaines formations. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle 1/50 000 (qui correspond donc à l'échelle de validité de la donnée brute), numérisée, puis synthétisée.

L'assemblage des cartes géologiques (Illustration 6) comporte tout ou partie des 23 coupures suivantes : Neufchâtel (61), Poix (62), Moreuil (63), Roye (64, Ham (64), Forges-les-Eaux (78), Crèvecœur-le-Grand (79), Saint Just-en-Chaussée (80), Montdidier (81), Chauny (82), Gournay (101), Beauvais (102), Clermont (103), Compiègne (104), Attichy (105), Gisors (125), Méru (126), Creil (127), Senlis (128), Villers-Cotterêts (129), L'Île-Adam (153), Dammartin-en-Goële (154) et Meaux (155). Les références détaillées de ces cartes sont présentées en fin de bibliographie.

Nom de la carte géologique à 1/50 000	N° d'après le tableau d'assemblage de la France	Date des levés	Date de publication
Neufchatel	60	1976	1979
Poix	61	1969-1971	1974
Moreuil	62	1980	1982
Roye	63	1976	1979
Ham	64	1977-1978	1981
Forges-les-Eaux	78	1973-1976	1978
Crèvecœur-le-Grand	79	1971-1974	1981
S <sup>t</sup> -Just-en-Chaussée	80	1973-1974	1978
Montdidier	81	1973-1974	1976
Chauny	82	1971-1973	1976
Goumay	101	1975	1977
Beauvais	102	1969-1972	1974
Clermont	103	1966-1968	1970
Compiègne	104	1967-1969	1970
Attichy	105	1970-1972	1974
Gisors	125	1973	1976
Méru	126	1975-1976	1979 (2 <sup>de</sup> édition)
Creil	127	1958-1964	1967
Senlis	128	1963-1964	1967
Villers-Cotterêts	129	1973	1976
L'Isle-Adam	153	1984-1986	1991 (3 <sup>ème</sup> édition)
Dammartin-en-Goële	154	1969	1971 (2 <sup>de</sup> édition)
Meaux	155	1970-1974	1977

*Illustration 5 – Liste des cartes géologiques à 1/50 000 de l'Oise*

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

Une carte de ces différentes formations a été établie en homogénéisant et raccordant entre elles les 23 coupures géologiques à l'échelle 1/50 000. Elle servira de support à l'élaboration de la carte finale de l'aléa retrait-gonflement.

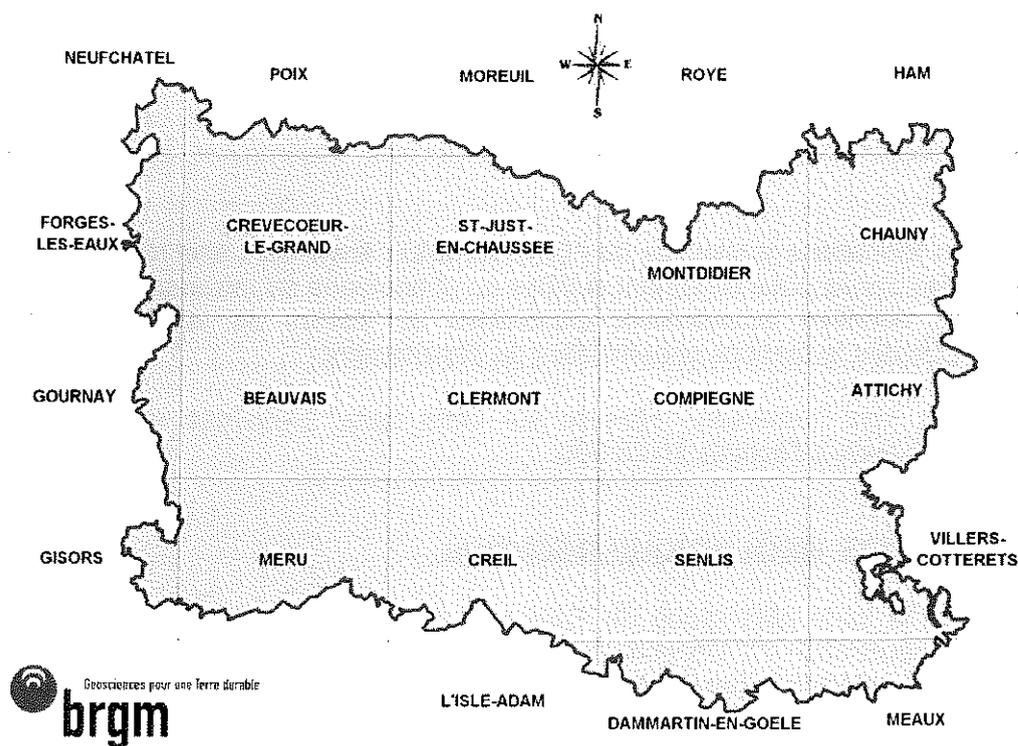


Illustration 6 - Assemblage des cartes géologiques à 1/50 000 de l'Oise

#### 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 *Marnes à huîtres et argiles à corbules*, des *Argiles Vertes de Romainville*, des *Marnes Supragypseuses*, des *Argiles de Villeneuve-sur-Verberie*, des *Argiles de Saint-Gobain*, des *Argiles de Laon*, des *Marnes et Sables de Sinceny*, *Argiles à lignite* et enfin des *Argiles panachées du Barrémien* ;
- les formations géologiques argileuses ou marneuses, majoritaires en nombre dans le département de l'Oise, 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 dans la note lithologique.

La carte des formations argileuses de l'Oise constitue finalement une représentation interprétée des zones potentiellement sujettes au phénomène de retrait-gonflement, en fonction des données actuellement disponibles au travers de la représentation cartographique des formations superficielles du département.

29 formations sont finalement retenues sur cette carte, présentée également en illustration hors-texte à l'échelle 1/125 000.

## 4.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

Un extrait de la carte géologique de France, à l'échelle 1/1 000 000, résume cette présentation (Illustration 7). L'histoire géologique de la région Picardie correspond à celle de la bordure nord du bassin de Paris.

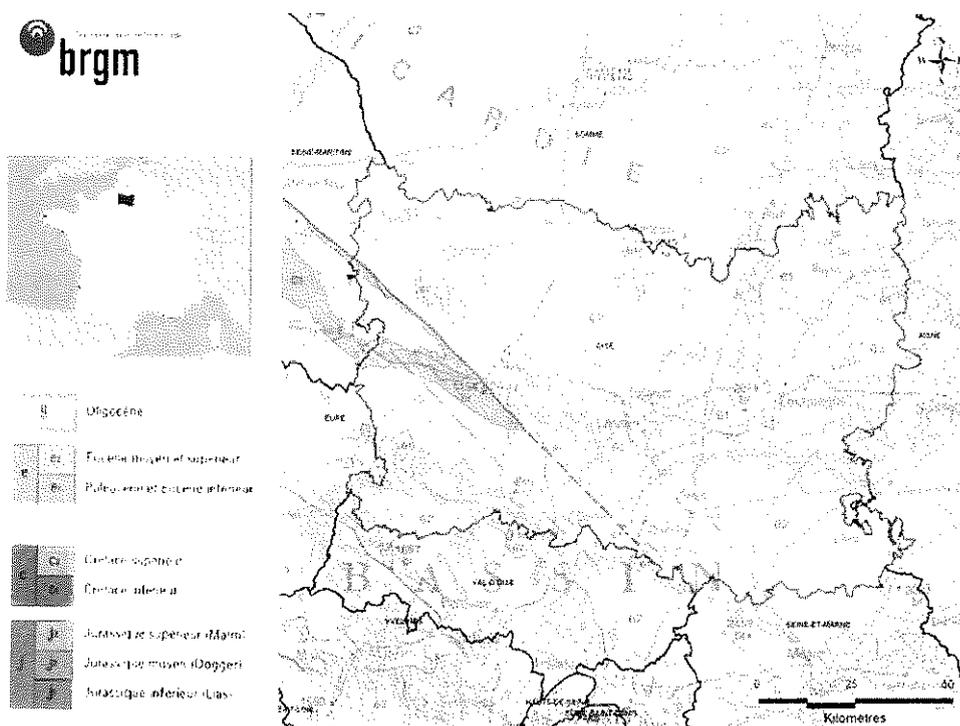


Illustration 7 - Extrait de la carte géologique de la France au 1/1 000 000

### Les terrains primaires et triasiques

Les terrains primaires constituent le socle du Bassin Parisien et affleurent en Picardie uniquement dans le massif des Ardennes. Ils ont été reconnus dans l'Oise par de nombreux forages de recherche ou de prospection (pétrole, stockage, géothermie). Le socle se situe entre 800 et 2000 mètres de profondeur et est formé de roches

métamorphiques de type gneiss, schistes et micaschistes. Au Permien, une longue période marine débute. Directement superposées au socle métamorphique, apparaissent des formations aux faciès détritiques grossiers de type grès, conglomérat, quartzite. Ce type de sédimentation se poursuit au Trias, si bien que le passage des terrains permien à ceux du Trias est difficile à individualiser.

### **Les terrains jurassiques**

Au Lias (Jurassique inférieur), le Bassin Parisien est ouvert sur l'Allemagne et est marqué par une longue période transgressive. Il s'y dépose des formations détritiques fines, de type silts ou argiles, entrecoupées d'épisodes calcaires bioclastiques. Affleurant dans le massif des Ardennes, ce sont des terrains essentiellement marneux qui caractérisent cet étage (marnes à ovoïdes, marnes schisteuses). Les différents étages du Lias ont pu être bien individualisés grâce à l'évolution morphologique rapide des ammonites, appuyée par l'étude micropaléontologique des ostracodes et des foraminifères.

Le passage du Lias au Dogger (Jurassique moyen) se traduit par une lacune sédimentaire et par un changement de la sédimentation marine devenant beaucoup plus carbonatée. C'est ainsi qu'apparaissent les faciès calcaires du Bajocien et du Bathonien, représentée dans les Ardennes par des calcaires à polypiers et des calcaires oolithiques.

Au Malm (Jurassique supérieur), les dépôts kimméridgiens attestent d'une sédimentation en milieu de plate-forme calme et homogène. Ils sont constitués d'une alternance de marnes – prédominantes - et de calcaires. Ces dépôts se retrouvent aujourd'hui à l'affleurement, au cœur de l'anticlinal du Pays de Bray. Leur succèdent des niveaux argileux tels que les argiles à *Exogyra virgula* du Kimméridgien supérieur, passant progressivement à des calcaires lithographiques au Tithonien inférieur, et à des marnes, sables et grès au Tithonien moyen et supérieur.

### **Les terrains crétacés**

Les dépôts crétacés présents dans le département de l'Oise appartiennent au Crétacé inférieur et supérieur, depuis le Berriasien (Crétacé inférieur) pour les plus anciens jusqu'au Campanien supérieur (Crétacé supérieur) pour les plus récents.

Le passage du Callovien basal (Jurassique moyen) au Berriasien (Crétacé inférieur) marque le retour très progressif vers un milieu de dépôt marin, après une période d'exondation infra-Crétacé. Les premiers sédiments d'âge crétacé sont encore franchement continentaux, avec des faciès dits « wealdiens » mis en place en milieu lacustre et constitués de sables grossiers, de graviers, de petits galets, de grès, souvent limoniteux (minerai de fer anciennement exploité) à débris de végétaux (fougères, cycadophytes, conifères) et troncs silicifiés. Ces dépôts se mettent en place sous un climat chaud avec une succession de périodes de sécheresse et de pluies abondantes. Les faciès argileux attestent déjà d'une évolution progressive vers un milieu marin.

La transgression marine s'amorce très nettement à partir de l'Aptien avec la mise en place de dépôts sableux glauconifères à huîtres et spongiaires mais renfermant encore des fragments ligniteux, et se poursuit au cours de l'Albien et du Cénomaniens inférieur, marquée notamment par des faciès de gaize et des sables et argiles glauconieux. Pendant toute cette période, les dépôts s'effectuent en milieu marin, lagunaire à

deltaïque, mais sous influence continentale encore assez marquée. Tous ces dépôts affleurent sur les contreforts du massif des Ardennes et à la faveur de l'anticlinal du Pays de Bray, où ils sont disposés selon une frange bordant le cœur jurassique de la « boutonnière ».

La transgression marine s'accroît à partir du Cénomaniens moyen avec invasion progressive du sud vers le nord, et marque le début de la grande période *crayeuse* marine qui va s'étager depuis le Cénomaniens moyen jusqu'au Campanien supérieur. Cette période se caractérise par le dépôt d'épaisses couches de craie de plusieurs centaines de mètres de puissance, argileuse ou non, avec ou sans silex, subdivisées grâce à l'étude de la macrofaune (*Micraster*, bélemnites, ammonites) et de la microfaune (foraminifères, etc.). La fin du Campanien marque le retrait de la mer crétacée, l'émersion totale de la région et le début d'une profonde érosion et altération de ces niveaux crayeux qui va aboutir progressivement, au cours du Cénozoïque, à la formation d'importantes couches d'altérites et notamment d'argiles à silex.

### Les terrains tertiaires

Les premiers terrains paléogènes identifiés dans le département se mettent en place au cours du Thanétien moyen et attestent d'une petite incursion marine marquée notamment par des calcaires dano-montiens, représentés par des faciès de récif. Les affleurements dans l'Oise de cette formation sont très limités.

Au cours du Thanétien supérieur, les conditions de sédimentation évoluent, avec le passage progressif d'un milieu marin vers un milieu lagunaire à deltaïque, puis fluvial, avant de devenir franchement continental. Cette évolution se traduit par le passage progressif de sables marins tels que ceux de Bracheux à des argiles et marnes à faune et flore typiquement continentales, lacustres, tels que les formations de Sinceny, ou à des sables tels que ceux du Quesnoy.

Durant l'Yprésien le milieu va fluctuer selon les secteurs, évoluant entre des faciès lagunaires à laguno-lacustres, des faciès fluvio-marins, des faciès de mangrove, de deltas, marqués par la présence quasi-permanente de lignite. Ces faciès sont essentiellement représentés par des argiles plastiques plus ou moins sableuses, des sables argileux et des marnes.

Le Sparnacien terminal et le Cuisien marquent le retour d'un environnement franchement marin avec de grandes accumulations de sables siliceux, glauconieux, plus ou moins argileux à faune abondante (nummulites, turrnelles, ditrupes, serpules, scaphopodes, gastéropodes, vertébrés...). La fin du Cuisien est marquée par la régression de la mer cuisienne avec la mise en place de faciès plus continentaux de type laguno-deltaïque, tels que les argiles de Laon, à nombreux débris végétaux et restes de bois fossiles.

Ces formations continentales sont ensuite remaniées par la transgression marine lutétienne, soulignée par des calcaires à nummulites, miliolites et orbitolines, fréquemment dolomités ou silicifiés. Le Lutétien supérieur illustre le retour progressif à une sédimentation continentale avec des faciès marins carbonatés et marneux passant progressivement à des marnes et caillasses lagunaires à franchement lacustres. L'Auversien marque un nouveau retour de la mer avec invasion de lagunes (gisement de mammifères ponctuellement) ou de mers fermées ou isolées. Cette période se caractérise par des dépôts de sables et de grès à nummulites, miliolides, cérithes.

Le Marinésien correspond à une nouvelle phase régressive se matérialisant par des dépôts lagunaires à lacustres à limnées, planorbes et characées (*Marnes et calcaires de Saint-Ouen*), et se prolongeant au cours du Priabonien (**Calcaire de Champigny**, *Masses du gypse*). Les niveaux sus-jacents, à cyrènes du Sannoisien (*Marnes vertes de Romainville*, *Calcaire de Sannois*) caractérisent quant à eux un milieu marin saumâtre. Les *Sables et grès de Fontainebleau* attribués au Rupélien (Oligocène) marque la dernière incursion marine sur la région.

### **Les terrains superficiels**

Depuis la fin du Rupélien, la région est restée soumise à un régime de dépôts en milieu continental marqué par la mise en place de sables, de graviers, de galets et d'argiles au niveau des cours d'eau (terrasses alluviales), de meulière en milieu lacustre, de formations argileuses résultant notamment de la décalcification de la craie ou des calcaires, avec ou sans silex, et de dépôts limoneux très fins formés *in situ* à partir d'argiles d'altération ou résultant du soufflage de particules fines siliceuses et argileuses (limon éolien). L'altération et la dégradation des différentes formations vont également se traduire par la mise en place de dépôts dits de « pente » plus ou moins importants, résultant du colluvionnement et de la solifluxion des matériaux issus de la roche mère.

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

Ce chapitre dresse l'inventaire des formations géologiques argileuses *s. l.* du département de l'Oise retenues dans le cadre de cette étude. Le choix des formations et leur regroupement s'appuient sur les notices des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000, sur la Synthèse Géologique du bassin de Paris (Mégnien, 1980) et sur des visites de terrain.

La sélection et le regroupement des formations argilo-marneuses dans le département réalisés a abouti finalement à l'identification de 29 formations, décrites dans les paragraphes suivants.

### **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 ne sont pas systématiquement représentées sur les cartes géologiques éditées à l'échelle 1/50 000. 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.

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

#### **4.3.1.1. C - Colluvions indifférenciées, Quaternaire**

Cette formation regroupe deux types de colluvions, dont la cartographie est hétérogène à l'échelle départementale. Elle couvre au total 214,7 km<sup>2</sup> dans le département.

Les colluvions de dépression et de fond de vallée sèche résultent de l'accumulation par gravité, solifluxion ou ruissellement d'un matériau d'origine locale dans les zones basses. Le plus souvent, les colluvions de dépression proviennent du remaniement des limons, qui s'accumulent dans les dépressions des plateaux crayeux. Sur les bas des flancs des vallées, ces colluvions recouvrent la craie ou les formations résiduelles à silex. Leur composition est limono-argileuse, pouvant contenir des silex brisés et des grains de sables quartzeux. Leur épaisseur excède rarement 5 mètres au nord du département mais peut atteindre 10 mètres au sud et à l'ouest. Ces colluvions sont particulièrement abondantes dans les régions du Plateau Picard et du Pays de Thelle, remplissant les dépressions des plateaux crayeux (Illustration 8).

Dans les parties méridionale et orientale du département, les colluvions se chargent en pied de cuesta en débris tertiaires de tailles diverses, ce qui permet de les distinguer des précédents et justifie leur appellation de colluvions issues des formations tertiaires. Celles-ci proviennent du remaniement, par fluage et glissement sur les versants des plateaux, des niveaux sableux, argileux et calcaires du Tertiaire. Elles forment un complexe hétérogène où se mêlent des matériaux argileux, limoneux, sableux, des fragments de silex, de grès et de calcaire. Leur composition est généralement limoneuse avec présence de silex à proximité de la craie, argileuse et plutôt sableuse aux abords des collines tertiaires. L'épaisseur des colluvions issues des formations tertiaires varie de quelques décimètres à 5 mètres environ. Elles n'ont pas été distinguées des colluvions de dépression et de fond de vallée sèche au nord-ouest du département.

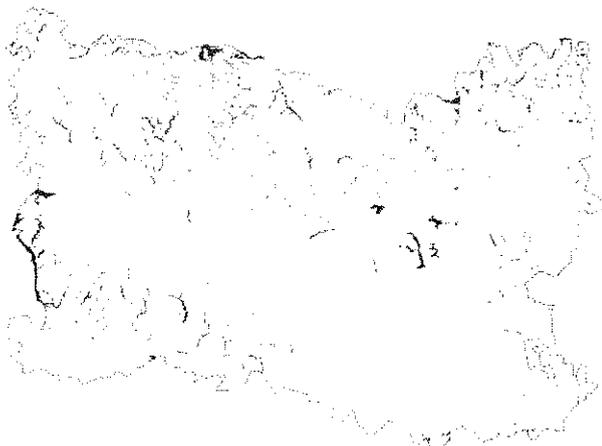


Illustration 8 – Répartition départementale de la formation « C – Colluvions indifférenciées »

#### **4.3.1.2. Ceg – Colluvions issues des formations tertiaires**

Les colluvions issues des formations tertiaires, décrites dans le chapitre précédent, ont fait l'objet d'une cartographie particulière sur les feuilles de Gisors, Méru, Clermont, Compiègne, Creil, Senlis, Dammartin et Meaux (Illustration 9). La superficie couverte par les colluvions issues des formations tertiaires est de 40,8 km<sup>2</sup>.



*Illustration 9 – Répartition départementale de la formation « Ceg – Colluvions issues des formations tertiaires »*

#### **4.3.1.3. LP – Limons des plateaux et de pente - Quaternaire, Pléistocène et Holocène**

Les limons des plateaux sont des limons bruns argilo-sableux, à composante loessique, mis en place en période périglaciaire.

Le complexe des limons des plateaux occupe de grandes étendues (1504,6 km<sup>2</sup>) et sa puissance est très variable (Illustration 10). Son épaisseur et son faciès sont influencés par la topographie et les conditions de gisement. A la base de la formation se trouvent des niveaux de limons anciens, présentant une répartition très irrégulière et dont la nature est liée à celle du substrat (sables tertiaires, résidus à silex, craies, fragment de grès ou de meulière...).

La majeure partie du complexe est formée de limons récents éoliens rattachés à la dernière phase de climat sec du Würm. Il s'agit de limons loessiques argilo-sableux d'aspect jaunâtre, ocre, brun, ou de teinte claire et doux au toucher. Ils sont constitués de très fines particules siliceuses, argileuses et calcaires qui pour plus de 90 % d'entre elles sont inférieures à 50 microns. Sur le terrain il n'est pas toujours aisé de distinguer les limons anciens des limons récents. Le lessivage et la décalcification des limons holocènes ont conduit à la formation en surface de la « terre à brique » ou lehm de teinte brunâtre, et, en profondeur, de « poupées de loess » calcaires.

A cette formation ont été rattachés les limons bruns de pentes, issus des limons des plateaux par colluvionnement ou solifluxion. Vers le bas des versants, ils passent insensiblement aux alluvions modernes et récentes (vallées actives) ou aux limons de fond de vallées sèches.

Ils sont absents sur tous les terrains du Jurassique et du Crétacé inférieur du Pays de Bray et assez peu représentés sur la craie au sud de la vallée du Thérain. Au voisinage des massifs sableux auversiens et thanétiens, au nord-est et au sud-ouest, leur charge en sable augmente et les limons des plateaux s'apparentent plutôt à un limon sableux.

Leur épaisseur varie en général de 0,50 à 5 m, mais peut atteindre 10 m. La distinction avec les autres dépôts superficiels (colluvions, limons sableux, argiles à silex ou à meulière) est souvent délicate.



Illustration 10 – Répartition départementale de la formation « LP – Limons des plateaux et de pente »

#### **4.3.1.4. B-LPs – Limons argileux à silex, Quaternaire**

Cette formation limoneuse à forte charge caillouteuse, repose sur l'argile à silex festonnée par la cryoturbation quaternaire. Il s'agit généralement de silex fragmentés dans une matrice argilo-sableuse (biefs) ou limoneuse (limons à silex).

Les limons à silex en place, de couleur brun-rouge à rougeâtre, s'intercalent sur la Plaine Picarde et dans le secteur du Bray entre le limon brun des plateaux et la craie altérée (Illustration 11). Ils peuvent aussi couvrir des surfaces importantes sur les plateaux ou les pentes douces. Leur matrice devient parfois accessoire, devant les innombrables blocs résiduels qu'ils contiennent : silex branchus dérivant directement des assises crétacées démantelées, grès à patine rougeâtre, galets avellanaires de silex noir, silex verdis thanétiens, calcaires silicifiés lutétiens, meulières...

L'origine de cette formation est diverse : brassage mécanique par les labours de limon des plateaux et de la formation résiduelle à silex (Rs), résidu de limon ancien chargé en silex dont les fines ont été en partie éliminées par ruissellement, accumulation par colluvionnement et solifluxion sur les pentes douces de limons, limons anciens à silex, formation résiduelle à silex, etc.

Sur la feuille n°127 de Creil, une formation appelée cailloutis des plateaux a été distinguée, bien qu'apparaissant rarement à l'affleurement car en général recouverte par les limons des plateaux. Ces cailloutis d'origine fluviatile sont pour l'essentiel des fragments de silex très usés mais aussi des débris de calcaire et de grès bartoniens. Il est à noter que des fragments de roches « ardennaises » plus lointaines entrent également dans la composition de ces cailloutis, permettant une datation Pliocène-Pléistocène de cette formation.

Les limons à silex, généralement peu épais sur les plateaux (moins d'un mètre), peuvent représenter plusieurs mètres d'épaisseur sur les pentes où ils se sont mis en place par colluvionnement. La surface départementale de cette formation atteint au total 943,5 km<sup>2</sup>.

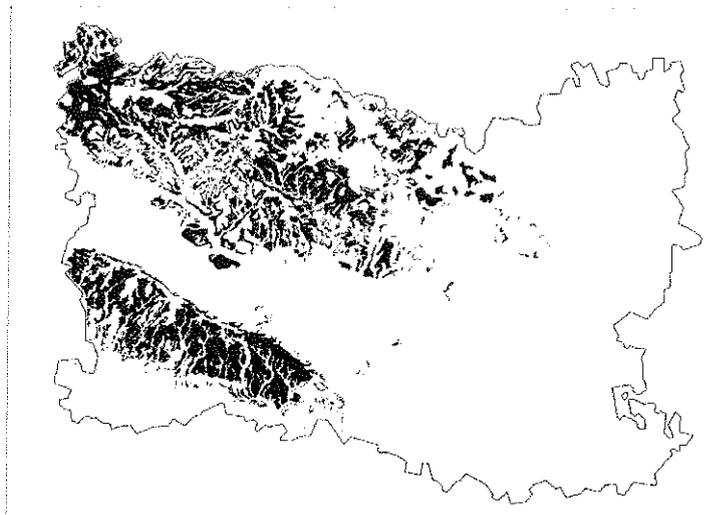


Illustration 11 – Répartition départementale de la formation « B-LPs – Limons argileux à silex »

#### **4.3.1.5. T – Tourbes et dépôts tourbeux - Quaternaire, Holocène**

Les tourbes n'ont pas toujours fait l'objet d'une distinction cartographique à l'échelle départementale par rapport aux alluvions actuelles et récentes. Leur représentation sur les cartes géologiques disponibles couvre néanmoins 24,6 km<sup>2</sup> dans le département de l'Oise (Illustration 12).

Elles sont particulièrement développées dans les affluents de l'Oise : la Brèche, l'Aronde. On constate la présence presque constante de tourbes intercalées généralement entre des alluvions modernes argilo-sableuses peu épaisses et les alluvions récentes, mais elle disparaît presque toujours dans les zones de confluence. Selon la notice de la carte n°108 de Senlis, la tourbe remonte au Néolithique ; des pieux d'habitations palafittiques y ont été retrouvés sur la rive droite de l'Oise.

Dans les vallées des affluents de l'Aisne, on rencontre assez souvent de petites tourbières calciques perchées au niveau des *Argiles de Laon*. Enfin, une zone tourbeuse importante a été cartographiée dans la vallée de la Troësne, sur le trajet du canal de Marquemont.



Illustration 12 – Répartition départementale de la formation « T – Tourbes et dépôts tourbeux »

#### **4.3.1.6. Fz – Alluvions actuelles et récentes - Quaternaire, Holocène**

Les alluvions récentes et modernes sont généralement limoneuses et vaseuses, comportant une composante sableuse et/ou argileuse variable. Elles contiennent parfois des passées de tourbes qui se sont surtout développées dans les affluents des grands cours d'eau du département.

Les alluvions modernes de l'Oise et de l'Aisne sont tributaires des limons et des formations tertiaires de la vallée. Dans la région de Compiègne, elles sont argilo-sableuses, parfois argilo-crayeuses ou franchement sableuses. Leur épaisseur excède rarement 6 mètres.

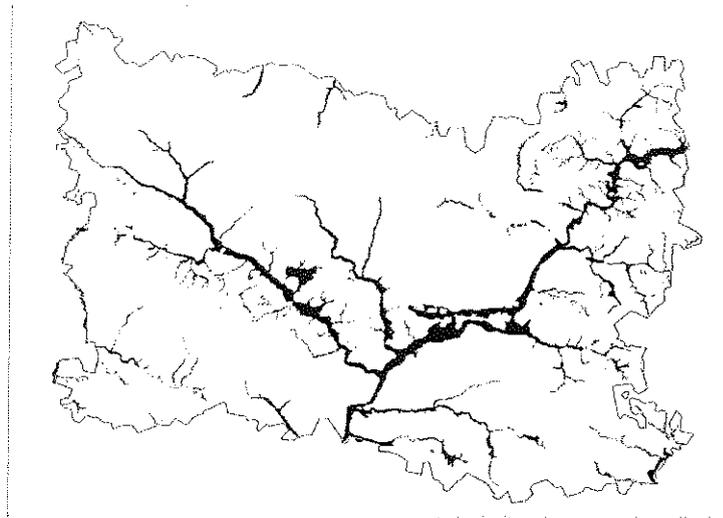
Dans les vallées des affluents de l'Aisne, toujours très encaissées, les alluvions sont de texture à dominante limoneuse avec une composante calcaire variable, et des niveaux plus ou moins riches en matières organiques.

Dans la vallée du Thérain, les alluvions sont sableuses et argileuses. Vers l'amont du cours d'eau, leur composition est influencée par les terrains argilo-sableux du Crétacé inférieur. Leur épaisseur varie généralement entre 1 et 3 mètres.

Les alluvions de la Troësne au sud-ouest du département sont dominées par des matériaux de granulométrie fine : limons, argiles, silts, sables fins.

Les nombreux affluents qui irriguent les grands cours d'eau présentent des alluvions généralement limoneuses et tourbeuses. Souvent, les alluvions passent graduellement à l'amont aux colluvions ou limons de pente colluvionnés.

Les alluvions récentes peuvent atteindre une dizaine de mètres d'épaisseur, notamment lorsque des tourbes sont présentes. Cette formation recouvre 399,3 km<sup>2</sup> du territoire départemental (Illustration 13).



*Illustration 13 – Répartition départementale de la formation « Fz – Alluvions actuelles et récentes »*

#### **4.3.1.7. Fy – Alluvions anciennes - Quaternaire, Pléistocène**

Ce sont principalement des sables et graviers. L'épaisseur de ces dépôts varie généralement entre 1 et 7 mètres, atteignant localement une dizaine de mètres. Le plus souvent, un sable quartzeux peu épais (0 à 3 m) recouvre une grève caillouteuse et graveleuse à passées sableuses, formées d'éclats de silex et de granules calcaires.

Hormis au nord-est du département, dans la vallée de l'Oise, les alluvions anciennes sont fréquemment masquées par des limons loessiques colluvionnés ; elles affleurent parfois sous la forme de plaquages en bordure des cours d'eau. Elles sont essentiellement présentes dans les vallées de l'Oise et du Thérain (Illustration 14). Les alluvions anciennes dépourvues de composante argileuse n'ont pas été conservées dans cet ensemble. La surface totale des alluvions anciennes argileuses dans le département atteint ainsi 27,9 km<sup>2</sup>.



*Illustration 14 - Répartition départementale de la formation « Fy – Alluvions anciennes »*

#### **4.3.1.8. Rs – Argiles résiduelles à silex – Quaternaire**

La formation des *Argiles résiduelles à silex* est issue de l'altération de la craie, développée après l'exondation post-oligocène du Bassin de Paris. On la trouve sur les plateaux crétacés où elle recouvre la craie d'un manteau assez continu mais peu épais, dans des poches de dissolution karstique ou encore solifluée sur les pentes. Elle est souvent masquée par les limons qui se mêlent à sa partie supérieure.

Cette formation est constituée d'une matrice argileuse ou argilo-sableuse brun-rouge empâtant des silex branchus issus de la craie crétacée et des galets thanétiens (galets verdis, noirs, gréseux). Son épaisseur varie de quelques décimètres en plateau à plus de 10 mètres dans les poches karstiques. Elle affleure dans la moitié occidentale du département (Illustration 15), sur une superficie cumulée de 25,2 km<sup>2</sup>.



Illustration 15 – Répartition départementale de la formation « Rs – Argiles résiduelles à silex »

#### **4.3.1.9. PIII-IV - Cailloutis de Gisors et formations associées - Quaternaire**

Composée d'une matrice argilo-sableuse brun-rougeâtre englobant des galets et des fragments de silex et de grès, cette formation se situe uniquement dans le Pays de Thelle (Illustration 16). Les galets ont dans leur masse une coloration brun-jaune à brun-rouge et les fragments prennent parfois des patines jaunes ou rouges. La matrice contient de gros grains de quartz millimétriques et des éclats de silex. Des colluvions issues de cette formation se trouvent sur les versants des buttes tertiaires. Elles ont une composition très proche de la formation mère et recouvrent les assises de l'Éocène inférieur, enrichissant la matrice en sables cuisien ou argiles sparnaciennes.

L'épaisseur de cette formation varie entre quelques décimètres et plusieurs mètres. La surface d'affleurement de la formation ne dépasse pas de 8,9 km<sup>2</sup>.

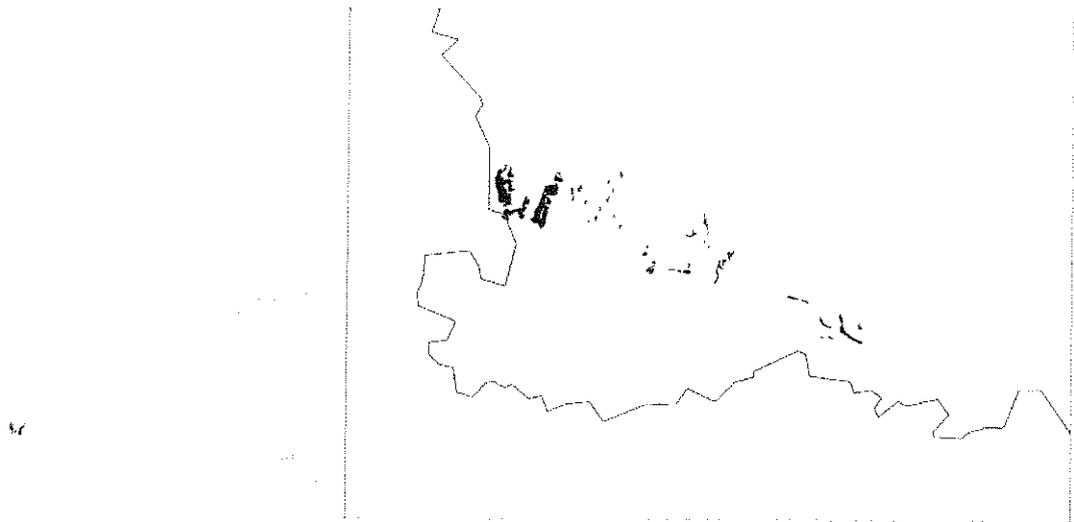


Illustration 16 – Répartition départementale de la formation « PIII-IV – Cailloutis de Gisors et formations associées »

#### 4.3.2. Paléogène

Les formations tertiaires du département se sont déposées entre le Thanétien et le Stampien. Elles sont d'autant plus récentes et épaisses que l'on s'approche du centre du Bassin Parisien, au sud du département. Les terrains tertiaires sont répartis dans le sud et l'ouest du département ; leur extension à l'affleurement est d'autant plus importante que les formations sont anciennes.

##### 4.3.2.1. *g1d* – Argiles à meulière de Montmorency - Oligocène, Rupélien supérieur

Les buttes oligocènes sont couronnées par une formation argileuse, plastique, brun-rouge, empâtant des blocs de meulières. Les meulières résultent de la silicification du calcaire lacustre d'Etampes (Rupélien), de couleur gris-jaune à rouille par altération. Les silicifications sont dues à des pédogenèses au cours de la longue période continentale qui a succédé aux derniers dépôts oligocènes. Les meulières sont cavernueuses ou compactes et portent des empreintes d'organismes d'eau douce : *Limnaea cylindrica*, *L. cornea*, *Planorbis cornu*, et des oogones de *Charamedicaginula*.

Les argiles à meulière sont épaisses en moyenne de 5 mètres. Dans les buttes de Rosne, elles sont recoupées en biseau par une surface d'érosion d'âge plio-quadernaire, et elles diminuent rapidement d'épaisseur vers le nord, pour n'être plus représentées qu'à l'état résiduel au sommet de la butte de Neuville-Bosc. Elles reposent alors directement sur les Sables de Fontainebleau, qui deviennent le composant principal de la matrice. Elles sont essentiellement représentées dans le Vexin (Illustration 17), couvrant une superficie totale de 4,6 km<sup>2</sup> seulement.

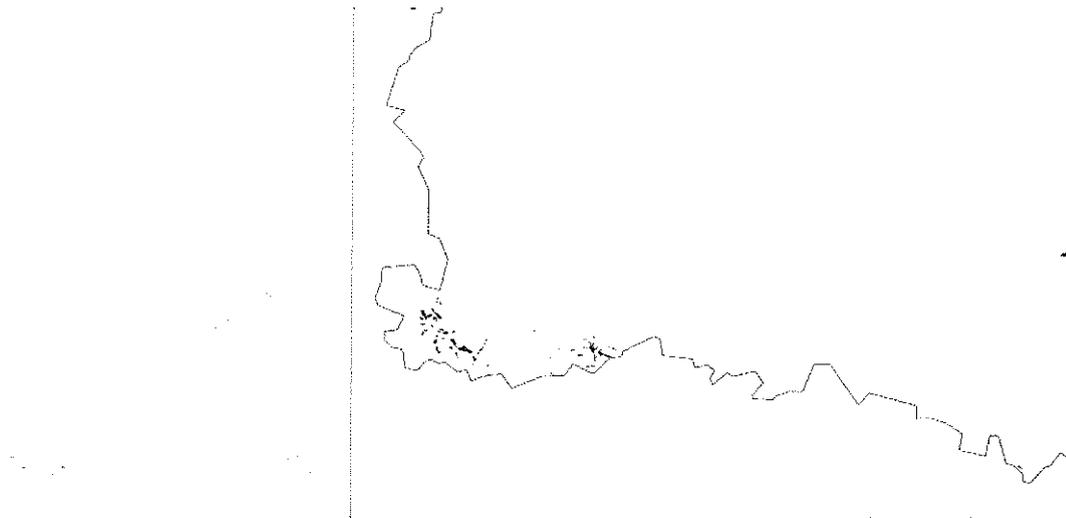


Illustration 17- Répartition départementale de la formation « g1d – Argiles à meulière de Montmorency »

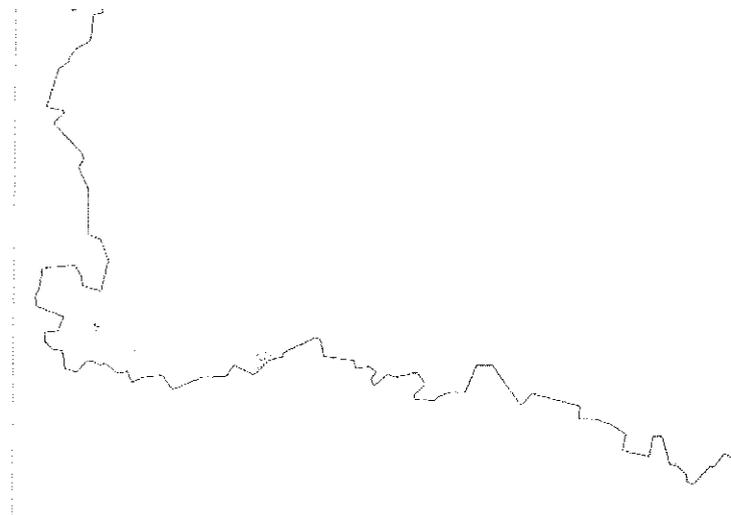
#### 4.3.2.2. ***g1b - Marnes à huîtres, Argiles à corbules - Rupélien moyen***

La transgression stampienne débute par un ensemble marno-argileux à faune marine dans lequel on distingue, de bas en haut :

- les *Marnes à huîtres*, constituées d'une argile ou de marnes plus ou moins sableuses et graveleuses à rognons calcaires, l'épaisseur de cet ensemble atteignant 2,35 mètres au sondage de Bréançon ;
- les *Argiles à corbules*, principalement constituées d'argiles, plus ou moins sableuses et à passées calcaires, dont l'épaisseur est en moyenne de 1,5 mètre et atteint 3,35 mètres au sondage de Bréançon.

Ces formations se trouvent dans le Vexin autour des buttes orientales (Illustration 18) où elles affleurent occasionnellement (Marines, Neuville-Bosc, Tumbrel). Elles couvrent 0,8 km<sup>2</sup> seulement sur l'ensemble du département.

Illustration 18 - Répartition départementale de la formation « g1b – Marnes à huîtres, Argiles à corbules »



#### **4.3.2.3. g1a – Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens - Rupélien inférieur, Sannoisien**

Cette formation se compose des niveaux argileux et calcaires du Sannoisien, qui n'ont pas été distingués sur les cartes géologiques, notamment en raison de l'épaisseur réduite des niveaux calcaires et de leur discontinuité.

L'Argile verte est bien représentée sur les flancs des buttes de la région, avec son faciès caractéristique constitué d'argile plastique à montmorillonite, illite et kaolinite, coloré en vert vif et contenant des nodules calcaires blanchâtres. Sa puissance est de l'ordre de 5 à 6 mètres. Les *Glaises à cyrènes* existent à la base de l'Argile verte, sous la forme de marnes argileuses feuilletées de couleur vert bleu en profondeur, brune en affleurement avec de minces filets sableux intercalés. Leur épaisseur est d'environ 2 mètres.

L'Argile verte est surmontée par les *Caillasses d'Orgemont*, formation lacustre réduite à moins d'un mètre d'épaisseur, constituée de bancs calcaires blanchâtres entrecoupés d'argiles feuilletées grises ou vertes.

Au dessus se trouve le *Calcaire de Sannois*, équivalent latéral du *Calcaire de Brie*, formé essentiellement de marnes et marnes sableuses à niveaux calcaires peu développés. Son épaisseur est de 1 à 2 mètres.

Ces formations, qui couvrent 1,6 km<sup>2</sup>, affleurent dans le Vexin et le Valois, au niveau des buttes témoins tertiaires (Illustration 19).

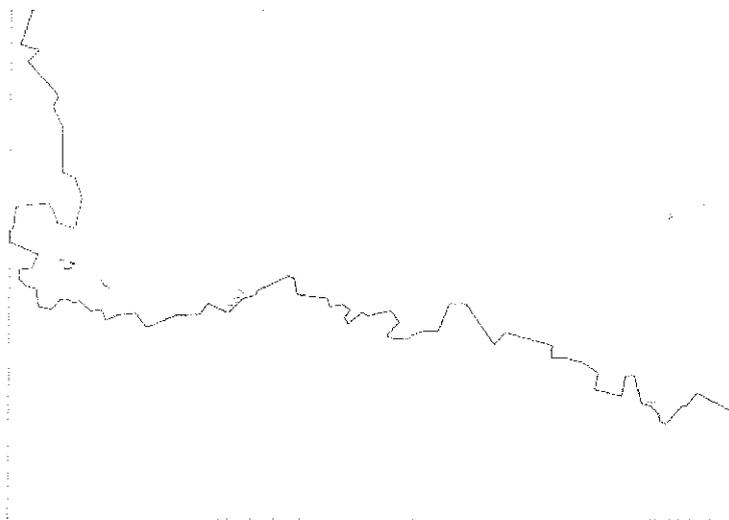


Illustration 19 – Répartition départementale de la formation « g1a – Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens »

#### **4.3.2.4. e7b – Marnes supragypseuses – Éocène supérieur, Priabonien supérieur**

La partie supérieure du Priabonien (Ludien) est représentée par des marnes argileuses continentales (*Marnes supragypseuses*) dans lesquelles on distingue classiquement deux niveaux : les *Marnes bleues d'Argenteuil*, épaisses de 2 à 4 m, recouvertes par les *Marnes blanches de Pantin*, épaisses de 2,5 à 9 mètres. Les affleurements de

*Marnes supragypseuses* sont limités au Vexin (Illustration 20) et couvrent 1,3 km<sup>2</sup> seulement dans le département de l'Oise.

- les *Marnes bleues d'Argenteuil* : marnes argileuses gris bleuté, très plastiques lorsqu'elles sont humides, à concrétions ou granules calcaires et à passées de marnes blanchâtres s'oxydant en ocre à l'affleurement. La structure est souvent feuilletée. L'illite et la montmorillonite prédominent dans la phase argileuse. De petits niveaux de gypse saccharoïde impur appelés « bancs de chien » s'intercalent vers la base ;
- les *Marnes blanches de Pantin*, marnes blanc-grisâtres à aspect granuleux, très riches en carbonate de calcium. Elles présentent souvent un ou plusieurs bancs de calcaire tantôt blanc et crayeux, tantôt beige et sublithographique à la partie supérieure. Les minéraux argileux sont dominés par l'illite.

Seules les premières ont une composante argileuse très marquée, mais les cartes géologiques ne font pas de distinction au sein de cet ensemble qui a donc dû être retenu dans sa globalité.



Illustration 20 - Répartition départementale de la formation « e7b – Marnes supragypseuses »

#### **4.3.2.5. e7 - Ludien indifférencié – Éocène supérieur, Priabonien**

Le Ludien débute dans la région par des marnes et calcaires marins ou laguno-marins fossilifères (*Batillaria rustica* et *Potamides vouastensis*), qui sont l'équivalent des Marnes à *Pholadomya ludensis*. Cette formation est connue sous le nom de « Couches du Vouast » et débute sous la forme d'une argile sableuse fossilifère passant rapidement à une alternance de marnes, de calcaires et de sables calcaires. Les Marnes à *Pholadomya ludensis* se composent d'un mince niveau de marnes blanches ou jaunâtres, parfois surmonté par un calcaire siliceux généralement fossilifère, le plus souvent remanié par suite de solifluxions quaternaires, ou par la dissolution. L'épaisseur du Ludien inférieur est réduite, limitée à 2 mètres au maximum.

Les Masses de Gypse sus-jacentes sont fortement affectées par la dissolution. Elles sont séparées par une alternance de marnes calcaires jaunâtres, grumeleuses ou compactes, et d'argiles brunes et vertes qu'on peut assimiler aux marnes gypseuses de la région parisienne (8 m de puissance). Les témoins gypseux non totalement

dissous sont représentés par des filets de sables calcitiques, géodes calcédonieuses, rognons et plaquettes de gypse saccharoïde. La surface d'affleurement du Ludien indifférencié atteint au total 14,2 km<sup>2</sup> seulement dans le département (Illustration 21).

Au sommet de cette formation n'ont pu être toujours distinguées les *Marnes supragypseuses*, décrites dans le paragraphe précédent (4.3.2.4).



Illustration 21 - Répartition départementale de la formation « e7 – Ludien indifférencié »

#### **4.3.2.6. e6b2 - Sables, grès et argiles du Marinésien - Éocène moyen, Bartonien supérieur (Marinésien supérieur)**

Le Marinésien supérieur est principalement représenté par les Sables de Cresnes à la base et les *Sables et grès de Marines* au sommet. On notera cependant que de nombreux faciès composent ces formations sableuses, seuls les principaux d'entre eux étant décrits ci-dessous. C'est dans le Vexin que le Marinésien supérieur apparaît le plus à l'affleurement, sur une superficie totale qui ne dépasse cependant pas 8,4 km<sup>2</sup>, en limite sud et sud-ouest du département (Illustration 22).

Les *Sables de Cresnes* (5 à 10 m d'épaisseur) sont des sables quartzeux beiges à ocre verdâtre, à stratifications obliques et montrant des bioturbations. Ils contiennent de nombreux filets ou pastilles argileuses et quelques galets de silex disséminés dans la masse.

Au sein des *Sables de Cresnes* s'est développé un niveau argileux épais de quelques mètres : les *Argiles de Tumbrel*. Il s'agit d'une argile plastique bleue avec petites coquilles de mollusques, plus sableuse et mouchetée d'argile grise et bleue à la base. Cette formation est épaisse de 1 à 3,5 mètres. Dans la région de Marines, les *Sables de Cresnes* deviennent plus fins, argileux et verdâtres. Leur épaisseur est de 2 à 4 mètres.

Les *Sables et grès de Marines* sont des sables de teinte dominante verdâtre, caractérisés à leur base par un lit irrégulier de silex noirs ravinant les *Sables de Cresnes* avec ferruginisation au contact. Les sables sont plus fins mais moins bien classés que ceux de Cresnes.



Illustration 22 - Répartition départementale de la formation « e6b2 - Sables, grès et argiles du Marinésien »

#### 4.3.2.7. **e6b – Marno-calcaire de Saint-Ouen – Éocène moyen, Bartonien supérieur (Marinésien inférieur et moyen)**

Cet ensemble, désigné sous le nom de *Marno-calcaire de Saint-Ouen*, englobe cette formation dans un sens large puisqu'il rassemble les assises du Marinésien inférieur et moyen suivantes : les *Sables quartzeux verdâtres d'Ezanville*, le *Calcaire de Ducy*, l'*Horizon de Mortefontaine* et les *Calcaires et Marnes de Saint-Ouen* au sens strict. Cette succession de couches marines et laguno-lacustres s'inscrit dans une période à tendance régressive, marquée par des transgressions passagères. La précision des cartes géologiques au 1/50 000 ne permet pas l'individualisation de ces assises marinésiennes, dont l'ensemble couvre une superficie de 127,4 km<sup>2</sup>, dans le quart sud-est du département (Illustration 23).

La série débute par l'*Horizon d'Ezanville*, épais de 0,4 m à 1,5 m mais relativement constant, et constitué de sables quartzeux et argileux jaunâtres à verdâtres. Il livre une faune laguno-marine plus ou moins abondante : *Potamides scalaroides*, *Batillaria bouei* var. *coronata*, *Bayania hordacea*.

Le *Calcaire de Ducy* surmonte ces sables. Il s'agit d'un calcaire dur laguno-lacustre à pâte fine ou au contraire induré et marneux. Ce niveau, peu épais (0,30 à 1,50 mètre), est facilement reconnaissable à la grande quantité de petits gastéropodes qu'il contient.

L'*Horizon de Mortefontaine* se présente sous forme de sables blancs, fins, à filets marneux ou argileux. Des niveaux grésifiés, très fossilifères s'intercalent dans la série. Elle se termine souvent par des bancs de grès-quartzite et des sables blancs azoïques. La faune à *Avicula defrancei* caractérise un milieu laguno-marin. L'épaisseur de la formation ne dépasse pas deux mètres.

Le *Marno-calcaire de Saint-Ouen s. s.* est assez réduit dans le Vexin, représenté par 4 ou 5 mètres de marnes blanches. A l'est, dans le Valois, il peut atteindre une dizaine de mètres d'épaisseur, constitué d'une alternance de couches marneuses, blanc

grisâtre à beige clair et de bancs calcaires compacts, sublithographiques, à débit naturel en moellon. Vers le sud, le faciès marneux domine.



Illustration 23 - Répartition départementale de la formation « e6b – Marno-calcaire de Saint-Ouen »

**4.3.2.8. e6aV - Argile de Villeneuve-sur-Verberie – Éocène moyen, Bartonien inférieur (Auversien)**

C'est une argile verdâtre avec des passées sableuses, formée surtout d'illite et de kaolinite. Elle a été autrefois exploitée à Villeneuve-sur-Verberie et à Fleurines. La faune est rare, représentée seulement par quelques moules de mollusques grésos-ferrugineux indéterminables, dans les lits sableux intercalés vers la base. Elle affleure uniquement dans le nord-ouest du Valois (Illustration 24), sur 3,6 km<sup>2</sup> seulement.

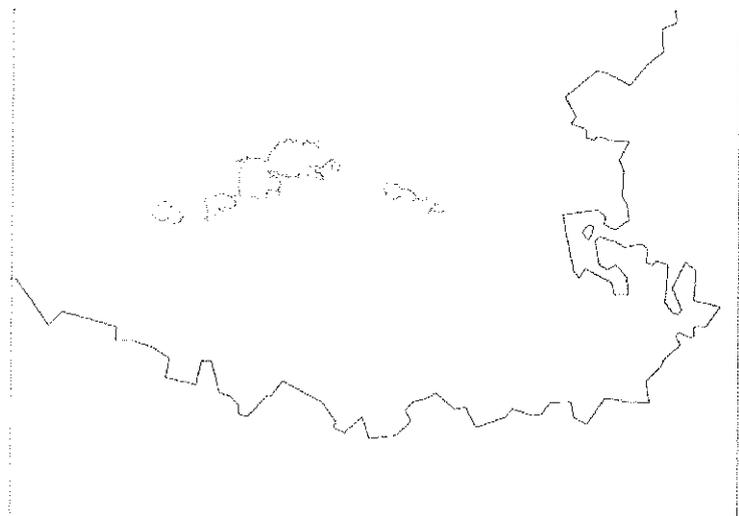


Illustration 24 - Répartition départementale de la formation « e6aV – Argile de Villeneuve-sur-Verberie »

#### **4.3.2.9. e6aG – Argile de Saint-Gobain – Éocène moyen, Bartonien inférieur (Auversien)**

L'Argile de Saint-Gobain affleure au sommet du bois de Thiescourt, au nord-est du département, où elle prolonge l'affleurement de la montagne d'Attiche. Cette formation peut contenir des intercalations sableuses. Les minéraux argileux sont des smectites avec des traces d'illite et de kaolinite. Son épaisseur passe de 5 mètres à 15 mètres au maximum, à l'est ; sa superficie se limite à 3,8 km<sup>2</sup> (Illustration 25).

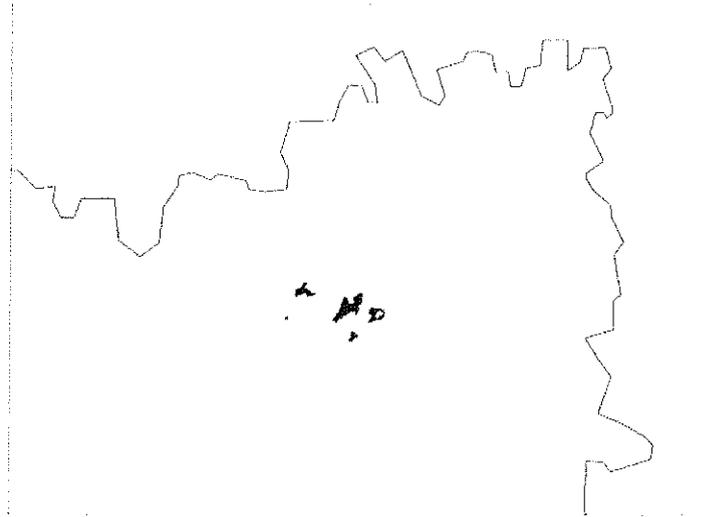


Illustration 25 - Répartition départementale de la formation « e6aG – Argile de Saint Gobain »

#### **4.3.2.10. e6aB – Sables d'Auvers et de Beauchamp – Éocène moyen, Bartonien inférieur (Auversien)**

L'Auversien basal n'affleure que dans le Vexin, sous la forme d'un calcaire lacustre plus ou moins induré et très fossilifère, portant le nom de la localité type de Montagny-en-Vexin. Il s'agit d'un équivalent latéral à l'horizon de Mont-Saint-Martin, plus développé dans l'ensemble du bassin de Paris. L'épaisseur de ce niveau est faible, inférieure à 5 mètres. A Montjavoult, en sondage, son épaisseur est même inférieure à 1 mètre. Cette formation est présente sur 236,6 km<sup>2</sup> dans le département de l'Oise (Illustration 26).

Les deux faciès principaux de cette formation sont les *Sables d'Auvers* et les *Sables de Beauchamp*. Il s'agit d'une formation marine littorale.

Le faciès d'Auvers est constitué de sables jaunâtres assez grossiers, à stratifications entrecroisées et à galets noirs de silex. Des intercalations gréseuses apparaissent souvent, passant à des faluns grésocalcaires riches en débris de coquilles.

Le faciès de Beauchamp se compose de sables blancs ou jaunâtres azoïques, bien classés, très fins, à stratifications planes. De nombreux blocs de grès et des galets de silex parfois cimentés en poudingue, en place ou glissés sur pentes, les accompagnent.

Très souvent les sables auversiens ont pénétré dans des poches karstiques formées dans le calcaire grossier sous-jacent. Le contact normal avec les caillasses du Lutétien

supérieur, plus ou moins anfractueuses, s'effectue par l'intermédiaire de marnes jaunâtres et de sables ferrugineux. L'épaisseur des sables auversiens est maximale sur les feuilles de Creil et Senlis, atteignant 30 à 40 mètres environ. Elle diminue vers le centre du Bassin Parisien.



Illustration 26 - Répartition départementale de la formation « e6aB – Sables d'Auvers et de Beauchamp »

#### **4.3.2.11. e5c - Calcaire à milioles et cérithes, Marnes et Caillasses - Éocène moyen, Lutétien moyen et supérieur**

Le Lutétien moyen est représenté par deux faciès principaux. Le premier est un calcaire massif à milioles, en bancs épais, assez tendre et de couleur jaunâtre. Il présente assez souvent des stratifications obliques. Il peut atteindre 10 à 15 mètres de puissance. Les minéraux argileux contenus dans le calcaire sont de l'illite et des smectites. Le second faciès est un calcaire en rognons en bancs irréguliers alternant avec un sable calcaire souvent friable, de couleur blanche à jaune-ocre.

Le Lutétien supérieur commence à la base par un calcaire marin à laguno-marin. Ces bancs calcaires à minéraux argileux tels que l'illite et les smectites alternent avec des calcaires plus lagunaires, souvent argileux, bruns, blanchâtres ou verdâtres où apparaît l'attapulгите. Ils passent aux *Marnes et Caillasses inférieures* où s'affirme une influence de plus en plus lagunaire par des lits de calcaires à grain fin en plaquettes très dures, avec dendrites de manganèse, alternant avec des lits marneux ou argileux et des calcaires dolomitiques. Au dessus viennent le *Calcaire à potamides* et les *Marnes et Caillasses supérieures*. Cet ensemble correspond à des calcaires sublithographiques ou bréchiques, en plaquettes avec une faune indiquant un milieu laguno-marin (*Cerithidae*, *Potamides lapidum*) puis laguno-lacustre (*Hydrobidae*, *Potamides lapidum*). A Montjavoult, ces faciès du Lutétien supérieur ont été traversés en forage sur environ 15 mètres. La partie terminale du Lutétien contient parfois des calcaires silicifiés. Les affleurements de cette formation s'étendent sur 76,2 km<sup>2</sup>, principalement dans la moitié sud du département (Illustration 27).

La puissance moyenne de l'ensemble constitué des *Calcaires à milioles et cérithes* et des *Marnes et Caillasses* est de 15-20 mètres, mais elle peut atteindre 25 mètres dans la région de Villers-Cotterêts.



Illustration 27 - Répartition départementale de la formation « e5c – Calcaire à milioles et cérithes, Marnes et caillasses »

#### **4.3.2.12. e4bAL – Argile de Laon - Éocène inférieur, Yprésien supérieur (Cuisien)**

Les Argiles de Laon terminent la série sableuse de l'Yprésien supérieur. Il s'agit d'un dépôt lagunaire ou fluvial. C'est une argile gris verdâtre, azoïque, finement varvée, à smectite prédominante, avec un peu d'illite et des traces de kaolinite. Elle renferme parfois des niveaux glauconieux et souvent des lits sableux. Généralement peu épaisse (0 à 3 m), elle détermine sur les versants des plateaux et des buttes tertiaires, un niveau humide (sources) marqué par une végétation hygrophile. Elle manque en certains points, notamment lorsque la dolomitisation du Lutétien est importante.

Cette formation a été cartographiée de manière spécifique uniquement au nord-est du département où elle affleure sur les plateaux bordant l'Aisne et l'Oise, en amont de la confluence de ces cours d'eau. Les Argiles de Laon couvrent 9,5 km<sup>2</sup> seulement, localisés dans le quart nord-est du département (Illustration 28).

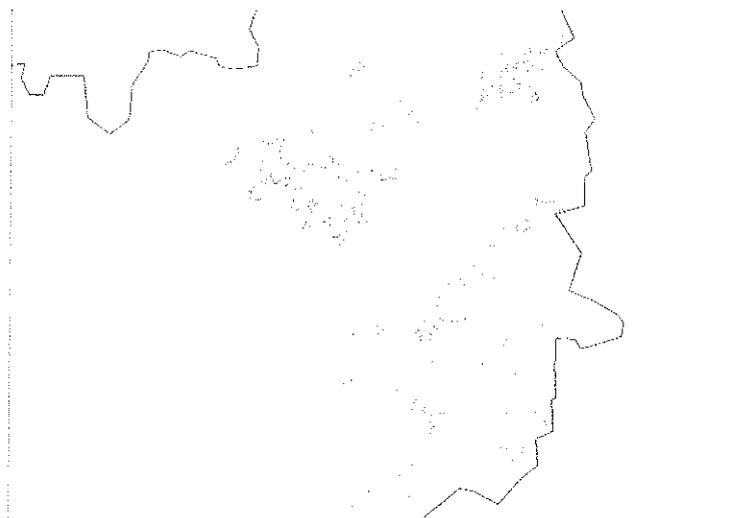


Illustration 28 - Répartition départementale de la formation « e4bAL – Argile de Laon »

#### **4.3.2.13. e4b – Sables de Cuise – Éocène inférieur, Yprésien supérieur (Cuisien)**

Cette formation se compose des Sables de Cuise mais intègre aussi localement de l'Argile de Laon. L'épaisseur de cette dernière, décapée par la transgression lutétienne, se réduit vers l'ouest et n'apparaît parfois que sous la forme de lambeaux au sommet des Sables de Cuise. Dans ce cas, elle n'a alors pas été distinguée, ce qui est le cas sur les cartes géologiques couvrant le Clermontois, le Valois et le Vexin. La superficie des Sables de Cuise est de 284,4 km<sup>2</sup> dans l'Oise (Illustration 29).

Les Sables de Cuise sont particulièrement bien représentés dans le Valois, le Soissonnais et le Noyonnais où ils atteignent 50 à 70 mètres de puissance.

Il s'agit d'une formation essentiellement sableuse et détritique. Les sables sont généralement fins et azoïques, souvent glauconieux et micacés. La plupart du temps verdâtres, ils sont jaunes par altération. Des faciès ont pu être localement individualisés au sein de cette formation :

- dans le Vexin, le Cuisien inférieur commence par un niveau de sables fins et peu argileux appelé *Niveau d'Aizy* ;
- plus à l'ouest, on observe à la base des sables et sables argileux gris-verts, glauconieux et souvent calcaires sur une dizaine de mètres d'épaisseur ;
- un niveau peu épais (1 à 3 m) de sables fossilifères se présente sous l'aspect d'un falun à nummulites ;
- des sables argileux verdâtres à passées argileuses surmontés par des sables verdâtres, glauconieux et généralement dépourvus de fossiles sont également décrits.



Illustration 29 - Répartition départementale de la formation « e4b – Sables de Cuise s.l. »

**4.3.2.14. e3c-4a - Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite – Paléocène supérieur, Thanétien supérieur; Éocène inférieur, Yprésien inférieur (Sparnacien)**

Plusieurs niveaux apparaissent au sein de cette formation, mais ce sont les *Argiles à lignite* qui prédominent, tant en terme de superficie d'affleurement, que d'épaisseur et de continuité géologique à l'échelle du département.

La base de la série est constituée par un ensemble marno-calcaire basal. Il débute par les *Marnes de Marquéglise*, sableuses à la base, devenant plus marneuses au sommet, de couleur verte, et sur 1,5 mètre d'épaisseur environ sur la feuille de Montdidier. Un banc de calcaire très dur fait suite aux *Marnes de Marquéglise* : le *Calcaire de Mortemer*. Ce calcaire fin, microcristallin, de couleur gris fumé et à débit en plaquette est d'une épaisseur variable mais généralement inférieure à 1 mètre. Sur la feuille de Compiègne, ce niveau s'exprime sous forme de sables calcaires à stratifications obliques ou entrecroisées. Ce faciès latéral appelé *Calcaire de Clairoix* comporte des niveaux de grès calcaires et des chenaux soulignés par des lits argileux.

Au dessus se trouvent des argiles et lignites, d'épaisseur maximale 15 m, présentes essentiellement dans le Noyonnais. C'est une alternance d'argile plastique bleu-beige et de bancs ligniteux qui ont été autrefois exploités. Ils passent vers le haut à une argile plastique bariolée à dominante gris-beige avec intercalations de marnes grises lacustres localement indurées.

Le Sparnacien se termine par des niveaux argilo-sableux, coquilliers surmontés par des sables fins, de couleur jaune, fossilifères, assimilables aux *Sables de Sinceny* (épaisseur 3 à 5 m). Ce niveau à stratifications entrecroisées renferme des galets de silex noirs avellanaires. Sur la feuille de Chauny est décrit un niveau d'argile plastique peu épais (0,5 à 2 mètres) séparant les *Sables de Sinceny* d'un banc argilo-calcaire à cyrènes de 0,5 à 1 mètre d'épaisseur.

La puissance du Sparnacien est en général inférieure à 15 mètres. Les minéraux argileux dominants dans ces niveaux sont la montmorillonite, un peu d'illite et des traces de kaolinite. L'ensemble des formations du Sparnacien se trouve en bordure des plateaux tertiaires du département (Illustration 30) et ils recouvrent une superficie totale de 261,2 km<sup>2</sup>.



*Illustration 30 - Répartition départementale de la formation « e3c-4a –Marnes et sables de Sinceny, Argiles à lignite»*

#### **4.3.2.15. e3b-c - Sables et grès du Thanétien – Paléocène supérieur, Thanétien moyen et supérieur**

Au Thanétien supérieur, une transgression marine envahit le nord du Bassin Parisien et recouvre en discordance les assises antérieures (craies sénoniennes, calcaire montien). Ce contexte favorise la mise en place d'une formation sableuse, connue sous le terme usuel de *Sables de Bracheux*.

Les *Sables de Bracheux* sont des sables fins, argileux et quartzeux, non fossilifères, de couleur gris-vert à vert olive, souvent altérés en surface, plus ou moins glauconieux, légèrement micacés. Localement affleurent des sables plus grossiers associés à des lits d'argile. On rencontre assez souvent des galets de silex verdis de la base, non usés issus du remaniement par la mer des niveaux continentaux sous-jacents. Lors de la régression qui s'est produite à la fin du Thanétien, des grès se sont formés au sommet des *Sables de Bracheux*, formant par endroit des entablements gréseux notables. Ailleurs, des cordons de galets de silex avellanaires, à la différence des cailloutis de base, se sont déposés sous la forme de cordons marquant la régression. Ils peuvent apparaître consolidés en poudingue dans une matrice gréseuse. Lorsqu'ils ont été cartographiés de manière spécifique, les grès et les cordons de galets n'ont pas été retenus dans cette formation car présentant un faciès non argileux.

L'épaisseur du Thanétien supérieur croît vers le nord et l'ouest, passant de moins de 10 mètres à 20 mètres au nord, et jusqu'à 30 mètres à Salency, au pied de la montagne de Béhéricourt. Ils sont présents dans le domaine crayeux, le Noyonnais, ainsi qu'en bordure du Clermontois et du Pays de Thelle, où ils subsistent en placages sur les plateaux (Illustration 31). Les Sables et grès du Thanétien couvrent une superficie cumulée évaluée à 275,4 km<sup>2</sup>.

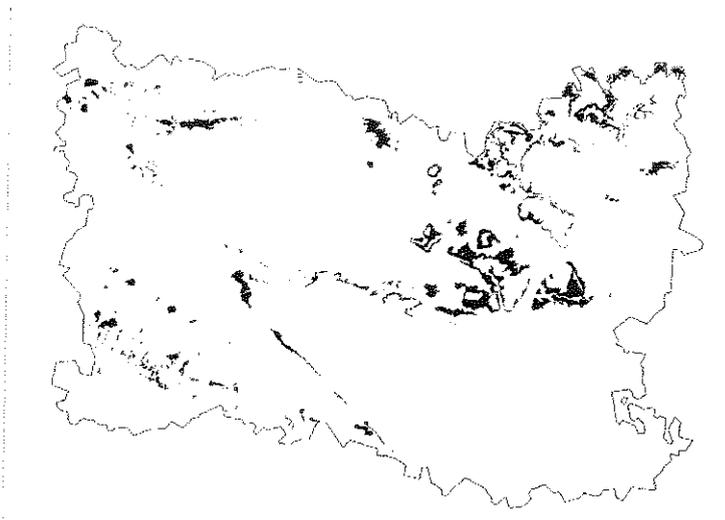


Illustration 31- Répartition départementale de la formation « e3b-c – Sables et grès du Thanétien »

#### **4.3.3. Crétacé**

Les formations du Crétacé antérieures au Sénonien se trouvent pour l'essentiel, dans le Pays de Bray, formant une auréole autour du cœur jurassique de l'anticlinal érodé

en boutonnière. Cet anticlinal dissymétrique, dont le flanc nord a des pentages exceptionnels dans le Bassin de Paris (jusqu'à 50°) est d'un intérêt structural remarquable. Les affleurements sont plus étendus sur le flanc sud de l'anticlinal que sur le flanc nord, souvent masqués par la tectonique (nombreuses failles).

#### **4.3.3.1. c1-2 – Craie marneuse – Crétacé supérieur, Cénomaniens, Turonien**

A la base de cette formation, un niveau de glauconite meuble (sable fin argilo-calcaire très riche en glauconie) est constant. Le Cénomaniens inférieur se poursuit par une craie dure localement silicifiée et micacée. La glauconie y est toujours présente, en quantités variables. La craie du Cénomaniens moyen-supérieur n'est jamais glauconieuse. De couleur grise, elle est plus tendre que la craie glauconieuse du Cénomaniens inférieur et sa teneur en argile est plus faible. Au sommet du Cénomaniens, la craie devient plus blanche et difficile à distinguer de la craie turonienne. L'ensemble des assises du Cénomaniens est épais de 30 à 40 mètres.

La craie du Turonien est blanche à jaunâtre, marneuse à la base et forme la majeure partie des falaises bordant le Pays de Bray. L'épaisseur du Turonien est de l'ordre de 100 mètres. Le Turonien moyen est une craie marneuse blanche, épaisse de 60 à 80 mètres environ, gélive et dépourvue de silex. Le Turonien supérieur est une craie marneuse durcissant à l'air, épaisse d'une dizaine de mètres. Des intercalations marneuses sont fréquentes. Le Turonien détermine l'essentiel du revers de la cuesta sud, avec une pente à concavité tournée vers le ciel, très caractéristique.

L'ensemble de la formation affleure sur une superficie de 69,4 km<sup>2</sup> (Illustration 32).



Illustration 32 - Répartition départementale de la formation « c1-2 – Craie marneuse »

#### **4.3.3.2. n6 - Sables verts, Argiles du Gault et Gaize - Crétacé inférieur, Albien**

L'Albien débute par un dépôt littoral, à stratifications entrecroisées, de sables verts, gris, ou jaunes prenant à l'affleurement des teintes orangées ou rouges par oxydation.

Ces niveaux sableux sont argileux à la base et peuvent présenter des bancs discontinus et des nodules de grès ferrugineux au sommet. L'épaisseur moyenne de la formation est d'une vingtaine de mètres, mais elle atteint 47 mètres dans le sondage d'Avesnes-en-Bray. Les phases argileuses contiennent de l'illite, de la kaolinite et des interstratifiés.

Les *Argiles du Gault* se sont déposées au cours de l'Albien moyen et supérieur. Ce sont des argiles de couleur gris verdâtre à gris-noir, plastiques, assez glauconieuses et très faiblement calcaires. On y rencontre des nodules phosphatés. Vers le sommet, elles deviennent de plus en plus sableuses et s'enrichissent en glauconie et spicules de spongiaires. Les *Argiles du Gault* constituent, dans le Pays de Bray, un niveau activement exploité pour la fabrication de briques et de tuiles. Cette formation est en général épaisse de 10 à 20 mètres, mais elle atteint 40 m au sondage d'Avesnes-en-Bray. Elles contiennent des grains de quartz et leur fraction fine montre une nette prédominance des smectites sur l'illite et la kaolinite.

A l'Albien supérieur, entre les *Argiles du Gault* et la craie glauconieuse du Cénomaniens, s'intercale une formation argilo-sableuse, épaisse de 20 m, dénommée *Gaize*. La *Gaize* se présente comme une roche légère, poreuse, blanche, rose ou gris-beige, parfois meuble, au toucher farineux, ou compacte. Ce sont des argiles ou sables argileux, de couleur beige à vert clair, glauconieux à leur partie supérieure et renfermant de nombreux blocs indurés, gris bleuté, riches en spicules de spongiaires. La fraction argileuse se compose essentiellement de smectite.

L'ensemble des formations albiennes couvre 56,9 km<sup>2</sup> dans le département de l'Oise (Illustration 33).



Illustration 33 - Répartition départementale de la formation « n6 – Sables verts, Argiles du Gault et Gaize »

#### **4.3.3.3. n4 - Argiles panachées - Crétacé inférieur, Barrémien**

Les argiles panachées, continentales, épaisses de 28 à 40 m du nord-ouest au sud-est de la feuille de Beauvais, sont rapportées à l'étage du Barrémien (Crétacé inférieur). À la base, des argiles sableuses ocre, formant transition avec le niveau sous-jacent, sont surmontées par des argiles très colorées, généralement blanches, mauves ou rouges

sans stratification apparente. Dans la partie supérieure se trouvent des nodules grésiferrugineux et de l'ocre. Le sommet de l'étage comprend des argiles brun-clair à grises particulièrement développées vers la terminaison sud-est des affleurements, où leur épaisseur peut atteindre 10 mètres. Les *Argiles panachées* sont formées d'illite, de kaolinite et d'un peu de montmorillonite. Elles sont présentes dans le département sur 22,4 km<sup>2</sup> en bordure du Pays de Bray (Illustration 34).



Illustration 34 - Répartition départementale de la formation «n4 – Argiles panachées»

#### **4.3.3.4. n1-4 – Sables et argiles du Wealdien et du Barrémien – Crétacé inférieur, Néocomien-Barrémien**

Une puissante formation sablo-argileuse à faciès estuarien et continental, aussi appelée *Sables et grès de Rainvillers*, épaisse de 50 m au nord-ouest, et jusqu'à 100 m au sud-est, affleure largement sur l'anticlinal du Bray (Illustration 35), sur une surface de 64,4 km<sup>2</sup>.

Il s'agit d'une série de sables gris, blancs à la base et jaunes à ocres vers le sommet, renfermant de nombreuses intercalations argileuses grises, noires et bleuâtres ou encore brunes et blanchâtres. Ces argiles parfois feuilletées apparaissent en lits au sein des sables ou sous forme lenticulaire. Ces intercalations d'argiles réfractaires sont composées de kaolinite et de montmorillonite.

Les sables de la base renferment localement des graviers roulés ou des dragées de quartz. Ailleurs ce sont des niveaux ligniteux et gréseux qui perturbent la série. On trouve des grès ferrugineux en bancs massifs (Saint-Paul) ou en plaquettes vers le sommet. A la partie supérieure de la formation, les sables wealdiens deviennent argileux et font transition avec les argiles barrémiennes. Ces sables sont très hétérométriques.



Illustration 35 - Répartition départementale de la formation « n1-4 – Sables et argiles du Wealdien et du Barrémien »

#### 4.3.4. Jurassique

##### 4.3.4.1. j6-7 - Argiles, calcaires et sables du Jurassique – Jurassique, Kimméridgien-Tithonien

Le Kimméridgien est essentiellement constitué d'argiles noirâtres (Gros court, Buicourt) et d'argiles grises sableuses (au sud de Wambe z). Des niveaux marneux forment des lumachelles à *Nanogyra virgula* et déterminent de nombreux niveaux de sources. Les formations kimméridgiennes sont plus argileuses au sud-est de la feuille de Forges-les-Eaux où elles rappellent les faciès rencontrés sur les feuilles de Crèvecœur-le-Grand et Beauvais. Elles sont plus sableuses vers le nord-ouest. L'épaisseur totale est estimée à 120 mètres.

Au Tithonien (ex Portlandien) inférieur, un horizon épais de 1 à 5 mètres de calcaire lithographique forme une surface structurale avec un pendage de 3° à 5° dans le paysage, sur le flanc sud-ouest de l'anticlinal. Cette formation a été considérée comme non-argileuse.

Les assises comprises dans le Tithonien marin sont hétérogènes. La rareté et la dispersion des bons affleurements ne permettent pas d'en établir avec précision la succession lithostratigraphique. On y trouve une alternance de formations argileuses, marno-calcaires, et sablo-gréseuses. La série débute généralement par des argiles gris bleuté à *Exogyra virgula* dans lesquelles s'intercalent des bancs calcaires gris-bleu, durs ou de véritables lumachelles à *E. virgula*. Au dessus, une formation sablo-gréseuse, d'environ 5 mètres d'épaisseur, constituée d'une alternance de lits sableux ocres, à exogyres, et de bancs gréseux, parfois très durs, bleutés. Elle est surmontée par un ensemble de marnes et d'argiles bleu-noir, compactes, passant vers le sommet à des silts et argiles siliceuses et admettant de petites intercalations de calcaire argileux beige friable, à montmorillonite prédominante. L'épaisseur totale du Tithonien est de 80 à 120 mètres.

Le Tithonien supérieur est constitué par un niveau d'argiles brunes, glauconieuses, sableuses à la base où elles contiennent des galets de quartz et de lydienes caractéristiques, sur environ 3 à 4 mètres. Ces argiles sont surmontées par des sables ocre, fins, ferrugineux, s'indurant en plaquettes gréseuses parfois en miches, appelées *Sables de Trigonie*.

L'ensemble des formations jurassiques du département est localisé à l'affleurement exclusivement dans le Pays de Bray (Illustration 36) où elles couvrent une superficie totale de 70,2 km<sup>2</sup>.



*Illustration 36 - Répartition départementale de la formation « j6-7 – Argiles, calcaires et sables du Jurassique »*

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

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

## **5. Caractérisations lithologique, minéralogique et géotechnique des formations retenues**

### **5.1. CRITÈRES DE HIÉRARCHISATION**

#### **5.1.1. Critères retenus**

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

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

#### **5.1.2. Méthode de classification**

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

La seconde étape de cette cartographie consiste à hiérarchiser les formations argileuses et marneuses ainsi identifiées, en fonction de leur plus ou moins grande susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Cette hiérarchisation est basée sur la prise en compte de caractéristiques quantifiables, estimées pour chacune des 29 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 29 formations sont successivement présentées dans les paragraphes suivants.

## 5.2. CRITÈRE LITHOLOGIQUE

### 5.2.1. Définition du critère lithologique et barème

Ce premier critère, de nature essentiellement qualitative, est utilisé pour caractériser la lithologie des matériaux dominants dans la formation. Il permet de distinguer les terrains essentiellement argileux, de ceux où l'argile est minoritaire. Ce critère intègre donc l'hétérogénéité des formations. L'épaisseur de la formation entre également en ligne de compte, puisque les formations argileuses peu épaisses présentent un potentiel de retrait ou de gonflement moindre que les formations puissantes.

Par convention, la note maximale est attribuée à une argile ou une marne épaisse et continue et la note minimale à une formation hétérogène, présentant des termes argileux non prédominants et discontinus, par exemple sous forme de poches ou de lentilles.

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, conformément à la méthodologie validée au niveau national pour distinguer les différentes classes lithologiques, est donné dans le tableau de l'illustration 37.

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 37 – Barème utilisé pour le critère lithologique

### 5.2.2. Caractérisation lithologique

Sur la base de ces critères, le tableau de l'illustration 38 permet de synthétiser les différentes notes lithologiques attribuées aux 29 formations potentiellement sujettes au retrait-gonflement, à partir des descriptions établies dans les notices des cartes géologiques au 1/50 000.

Code	Notation	Nom des formations argileuses	Formations harmonisées	Note lithologique
1	C	Colluvions indifférenciées	CF-FC	2
2	Ceg	Colluvions issues des formations tertiaires	C	3
3	LP	Limons des plateaux et de pente	LP, CI	1
4	B-LPs	Limons argileux à silex	LPS, CS, Fp	2
5	T	Tourbes et dépôts tourbeux	T	4
6	Fz	Alluvions actuelles et récentes	Fz, FzT	2
7	Fy	Alluvions anciennes	Fy	1
8	Rs	Argiles résiduelles à silex	Rs	3
9	PIII-IV	Cailloutis de Gisors et formations associées	PIII-IV; CPIII-IV, RPIII-IV	1
10	g1d	Argiles à meulière de Montmorency	g1d, Rg1d, CR <sup>a</sup> g	3
11	g1b	Marnes à huîtres, Argiles à corbules	g1b	4
12	g1a	Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens	g1a	4
13	e7b	Marnes supragypseuses	e7b	4
14	e7	Ludien indifférencié	e7, e7a	3
15	e6b2	Sables, grès et argiles du Marinésien	e6b2, Ce6b2	2
16	e6b	Marno-calcaire de Saint-Ouen	e6b, e6b1	1
17	e6aV	Argile de Villeneuve-sur-Verberie	e6a3V	3
18	e6aG	Argile de Saint-Gobain	e6aSG	4
19	e6aB	Sables d'Auvers et de Beauchamp	e6a, e6a1, e6a2, e6a4, Ce6a	1
20	e5c	Calcaire à milioles et cérithes, Marnes et Caillasses	e5c	2
21	e4bAL	Argile de Laon	e4b2	3
22	e4b	Sables de Cuise	e4b, e4b1	2
23	e3c-4a	Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite	e4a, e4a1, e4a2, e4a3, Ce4a1	4
24	e3b-c	Sables et grès du Thanétien	e3, e3-4a, Re3-4S	2
25	c1-2	Craie marneuse	C1, C2, C2a, C2b, C2c, Cc	2
26	n6	Sable verts, Argiles du Gault et Gaize	n6a, n6b, n6c-d	3
27	n4	Argiles panachées	n4	4
28	n1-4	Argiles et sables du Wealdien et du Barrémien	n1-4	2
29	j6-7	Argiles, calcaires et sables du Jurassique	j6, j7b, j7c	3

Illustration 38 – 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.

Le critère minéralogique est basé sur le pourcentage moyen de minéraux gonflants (smectites et interstratifiés) présents dans la phase argileuse. Les notes de 1 à 4 sont attribuées en fonction des coupures indiquées dans le tableau de l'illustration 39, conformément à la méthodologie nationale.

% 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 39 – Barème utilisé pour le 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. Les données minéralogiques utilisées dans la présente étude sont principalement issues des feuilles géologiques et d'une revue de la littérature existante sur le sujet, tel que présenté dans le tableau de l'illustration 40. 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'Aisne, de la Seine-et-Marne, du Val-d'Oise et de l'Eure.

N°	Source Bibliographique
B00	Notices des cartes géologiques du département de l'Oise
B01	C. Mégnien <i>et al.</i> , 1980 - Synthèse géologique du bassin de Paris, Mémoire du BRGM n°102 - 3 volumes
B02	L. Feugeur, 1963 - L'Yprésien du bassin de Paris, Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France - 568p
B03	J.P. Sautereau, A. Decarreau, 1973 - Génèse des minéraux argileux, géochimie des éléments majeurs, du chrome et du vanadium dans le Bartonien moyen du bassin de Paris, Thèse - 79p
B04	M. Jamagne, 1973 - Contribution à l'étude pédogénétique des formations loessiques du Nord de la France, Dissertation originale - 445p
B05	R. Durand, 1979 - La pédogénèse en pays calcaire dans le nord-est de la France, Mémoire - 198p
B06	C. Cavelier, 1974 - Etude géologique de la feuille de Creil à 1/50000, Mémoire - 235p
B07	G.A. Okhravi, 1965 - Etude sédimentologique du Jurassique Supérieur et du Crétacé Inférieur du Pays-de-Bray, Thèse - 110p
B08	F. Sommer, 1969 - Etude géochimique des sédiments paléogènes du bassin de Paris à l'aide de quatre forages profonds, évolution des minéraux argileux, Thèse - 82p
B09	F. Quesnel, 1997 - Cartographie numérique en géologie de surface, application aux altérites à silex de l'ouest du bassin de Paris, Thèse - 267p hors annexes

*Illustration 40 – Sources bibliographiques exploitées pour la caractérisation minéralogique des formations argilo-marneuses de l'Oise*

Par ailleurs, 18 échantillons prélevés spécifiquement pour l'étude ont fait l'objet d'une caractérisation des minéraux argileux qui les composent par analyse diffractométrique aux rayons X. Les résultats et les diffractogrammes de ces analyses, qui concernent 13 formations argilo-marneuses, sont présentés dans l'annexe 4.

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 convention les abréviations suivantes : K (kaolinite), Sm (smectite), I (illite), Cl (chlorite), V (vermiculite), Qz (quartz), Fd (feldspaths), Att (attapulgate), Sépio (sépiolite). Les mêmes abréviations sont généralement utilisées dans le cas des interstratifiés (ex : I/Sm pour interstratifiés illite/smectite).

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 41. La détermination du pourcentage moyen de minéraux gonflants a été faite en prenant en compte l'ensemble des données recueillies.

Notons que les résultats d'analyses diffractométriques aux rayons X, valeurs factuelles qui permettent une hiérarchisation des matériaux selon un critère purement local, ne sont pas nécessairement représentatifs de l'ensemble de la formation géologique, notamment lorsque celle-ci présente de fortes variabilités spatiales. Les colluvions et les alluvions n'ont pas été caractérisées par ce critère en raison de leur trop grande hétérogénéité.

Par ailleurs, il est à noter que les informations qualitatives recueillies dans la bibliographie apportent une appréciation parfois différente des résultats d'analyses, mais complémentaire car susceptible de caractériser la formation à une plus grande échelle.

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

Numéro	Néonion	Nom des formations argileuses	% Sm+K-Sm+Vt			Description qualitative bibliographique	Données relatives aux études d'ouvrages départementaux (27.55.77.02)	Note minéralogique
			nb	mo	max			
1	G	Colluvions indifférenciées						
2	C9a	Calcaires issus des formations bréviaires						
3	LP	Limons des plateaux et de pente	1	46	40	50		
4	BLPs	Limons argileux à silex	2	67,5	55	80		
5	T	Tourbes et déchets tourbeux	1	17	17	17		
6	Fz	Alluvions actuelles et anciennes						
7	Fy	Alluvions anciennes						
8	Re	Argiles résiduelles à silex	2	50	50	50		
9	FRVx	Calcaires de Gisors et formations associées	1	55	55	55		
10	G1d	Argiles à maille de Montmorency	2	57	36	79		
11	G1b	Marnes à huîtres, Argiles à colubilles	2	57,5	40	75		
12	G1a	Argiles vertes de Romaniville et calcaires sarnoisiens						
13	G7b	Marnes surargileuses						
14	G7	Ludien indifférencié						
15	G9b2	Sables, grès et argiles du Marnésien	2	61	60	72		
16	G9b	Marnocalcaire de Saint-Quen	1	52	62	62		
17	G9aV	Argile de Villeneuve-sur-Yveline	1	80	80	80		
18	G9aG	Argile de Saint-Gobain	1	80	80	80		
19	G9aB	Sables d'Avours et de Beauchamp						
20	G9c	Calcaire à moulins et calcaires, Marnes et Callasses	1	95	95	95		
21	G9dA1	Argile de Lam	1	90	90	90		
22	G9d	Sables de Cusa	1	90	90	90		
23	G9c-4a	Marnes et Sables de Sirey, Argiles à ligurie	5	87,5	66	100		
24	G9b-c	Sables et grès du Thurdien	2	47,5	45	50		
25	G1-2	Craie marneuse	1	93	93	93		
26	G6	Sable vert, Argiles du Gault et Gault	4	43,8	0	66		
27	n1-4	Argiles panachées	1	4,5	0	9		
28	n1-4	Argiles et sables du Maastricht et du Berriennais	1	4,5	0	9		
29	F5-7	Argiles, calcaires et sables du Jurassique	3	43	37	52		

Illustration 41 - Note minéralogique des formations argileuses retenues

## 5.4. CRITÈRE GÉOTECHNIQUE

### 5.4.1. Définition du critère géotechnique et barèmes

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  $\mu\text{m}$ . Les analyses sédimentométriques, qui permettraient de déterminer la fraction argileuse du matériau (inférieure à 2  $\mu\text{m}$ ), 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 et l'indice de plasticité. Ces essais sont présentés dans les paragraphes suivants, sachant que l'essai le plus représentatif de l'aptitude d'un sol au retrait-gonflement est la valeur de bleu. La mesure de retrait linéaire et du coefficient permettent également une bonne caractérisation du potentiel de retrait-gonflement d'un matériau, cependant aucune valeur de ces paramètres n'a été recueillie.

#### **5.4.1.1. Teneur en eau ( $W_n$ )**

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

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

#### **5.4.1.2. Indice de plasticité ( $I_p$ )**

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

On considère généralement que la susceptibilité d'une argile au retrait-gonflement varie en fonction de l'indice de plasticité  $I_p$  de la manière suivante (Illustration 42) :

<b>Indice de plasticité</b>	<b>Susceptibilité</b>	<b>Note</b>
$IP < 12$	faible	1
$12 \leq IP < 25$	moyenne	2
$25 \leq IP < 40$	forte	3
$IP \geq 40$	très forte	4

*Illustration 42 – Barème du critère géotechnique suivant l'indice de plasticité*

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

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

Cet essai a été développé par Tran Ngoc Lan (1977) et adopté comme procédure d'essai officielle des Laboratoires des Ponts et Chaussées, puis normalisé (norme AFNOR NF P 18-592). Il consiste à mesurer la capacité d'adsorption en bleu de méthylène, c'est-à-dire la quantité de ce colorant nécessaire pour recouvrir d'une couche mono-élémentaire les surfaces externes et internes de toutes les particules argileuses présentes dans 100 g de sol. On appelle cette quantité, la valeur de bleu, notée Vb et exprimée en grammes de bleu par 100 g de matériau. On considère généralement (Chassagneux *et al.*, 1998) que la sensibilité d'un matériau argileux varie en fonction de la valeur de bleu (Vb) selon le tableau de l'illustration 43 :

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 43 – Barème du critère géotechnique suivant la valeur de bleu

#### 5.4.1.4. Retrait linéaire (RI)

La valeur du retrait linéaire est un indicateur de l'importance du retrait volumique possible d'un sol lors de son assèchement. Initialement, le sol est saturé en eau. Lorsque la teneur en eau diminue, son volume total diminue, puis se stabilise. Ce processus de diminution de la teneur en eau se traduit par deux phases successives. Lors de la première, les grains constituant le sol se rapprochent, mais le sol reste toujours saturé : la variation de volume du sol est donc proportionnelle à la diminution de 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 44).

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

Illustration 44 – Barème du critère géotechnique suivant le retrait linéaire

#### 5.4.1.5. Coefficient de gonflement (Cg)

L'essai de gonflement à l'oedomètre (norme XP P 94-091) consiste à mesurer une amplitude de gonflement à la suite d'un apport d'eau. Il est par conséquent fortement conditionné par l'état initial de saturation en eau du sol considéré. En effet, pour un

même sol, le gonflement relatif sera d'autant plus grand que le sol était initialement plus sec. Cette observation souligne l'intérêt d'associer ces essais avec la réalisation d'un profil hydrique. Ainsi, la pression de gonflement ne constitue pas une caractéristique intrinsèque du sol, les valeurs dépendant fortement de l'état de saturation initial du sol considéré. Le potentiel de gonflement peut cependant être caractérisé par le coefficient de gonflement  $C_g$  (pente de la droite de déchargement observée dans un essai oedométrique) qui permet d'évaluer le potentiel de gonflement des formations argileuses identifiées (Illustration 45).

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

Illustration 45 : Barème du critère géotechnique suivant le coefficient de gonflement

#### 5.4.2. Caractérisation géotechnique

Les données géotechniques exploitées résultent d'un travail de collecte effectué auprès des différents organismes susceptibles d'avoir recours aux essais décrits plus haut dans le cadre de leurs activités. Elles sont issues de plusieurs sources :

- une grande partie des données exploitées provient des études géotechniques réalisées par le LRPC (Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées) de Saint-Quentin, les données ayant été mises à disposition dans le cadre d'une convention spécifique élaborée pour la réalisation du programme ;
- les autres données sont principalement issues de rapports d'études géotechniques menées par les bureaux d'études intervenant dans l'Oise : études de construction, d'aménagement routier, d'assainissement, d'expertise... Certains de ces rapports ont été consultés directement dans les locaux des bureaux d'études, les autres ayant été fournis par les communes du département, interrogées par courrier.
- un certain nombre de données sont aussi issues des rapports de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse et surtout des études géotechniques réalisées dans le cadre d'expertise post-sinistre. Ces rapports ont pu être consultés en préfecture lorsqu'ils existaient ; la MAIF et la CCR nous ayant également communiqué certains dossiers ;
- enfin, ont été exploités des résultats d'essais (valeur de bleu de méthylène) réalisés par le laboratoire LAEGO à partir de 15 échantillons prélevés sur le terrain par le BRGM dans le cadre de la présente étude, dans les formations retenues comme argilo-marneuses. Des résultats d'essais pratiqués pour la caractérisation des argiles à céramiques et poteries du Pays-de-Bray ont également été intégrés.

Nous souhaitons ici remercier l'ensemble des organismes et bureaux d'études qui ont accueilli le personnel du BRGM et accepté de mettre à disposition leurs dossiers d'archives. Les coordonnées de ces organismes figurent en annexe 3.

Certaines données recueillies n'ont pu être exploitées et ont dû être éliminées, notamment lorsque la description de la formation échantillonnée (localisation, lithologie, profondeur de l'échantillon...) était insuffisante pour permettre de la corréler avec la géologie du secteur d'étude. Cependant, d'une manière générale,

nous nous sommes efforcés d'obtenir un maximum d'éléments pour permettre une exploitation optimale des données recueillies. Finalement, après élimination des données en doublon (mêmes résultats provenant de plusieurs sources), 1 610 résultats de caractérisation géotechnique ont été réunis. Le nombre de résultats recueillis par organisme producteur de données et type d'essai est présenté dans le tableau de l'illustration 46. 784 résultats d'essai de valeur de bleu de méthylène pratiqués sur les formations géologiques du département ainsi que 826 valeurs d'indice de plasticité ont ainsi été collectés et valorisés.

Bureau d'étude	Type de donnée	Nombre de données	Total	Observations
Abrotec	VBS	19	21	Données de constructions nouvelles, études d'assainissement
	Ip	2		
ANTEA	VBS	2	4	Données d'expertise
	Ip	2		
Baudrillard Consultant	VBS	-	2	Données d'expertise post-sinistre "sécheresse"
	Ip	2		
BRGM	VBS	109	109	Caractérisation des argiles à poteries et céramiques du Pays de Bray
	Ip	-		
CEBTP - Solen	VBS	217	231	Données d'études diverses (construction, assainissement, post-sinistre...)
	Ip	14		
Compétence Géotechnique	VBS	-	2	Données d'études diverses (construction, assainissement, post-sinistre...)
	Ip	2		
Geoexpert	VBS	-	3	Données d'études post-sinistre
	Ip	3		
GEOTEC	VBS	16	57	Données d'études diverses (construction, assainissement, post-sinistre...)
	Ip	41		
Groupe J	VBS	5	6	Données relatives à un aménagement routier
	Ip	1		
HYDROGEOTECHNIQUE	VBS	11	11	Données d'études diverses (construction, assainissement, post-sinistre...)
	Ip	-		
ICSEO	VBS	69	290	Données d'études diverses (construction, assainissement, post-sinistre...)
	Ip	221		
LAEGO	VBS	15	15	Données issues des analyses des échantillons récoltés dans le cadre de la présente étude
	Ip	-		
LRPC 02	VBS	317	835	Convention établie entre le BRGM, le LRPC et la DDE de l'Oise - Données issues d'études diverses
	Ip	518		
SEFIA Ingénieurs Conseil	VBS	-	2	Données d'expertise post-sinistre "sécheresse"
	Ip	2		
Soler Conseil	VBS	-	10	Etude pour l'aménagement d'une ZAC
	Ip	10		
Fondasol	VBS	4	12	Données d'études diverses (construction, assainissement, post-sinistre...)
	Ip	8		
<b>Total de résultats d'essais d'identification</b>	<b>VBS</b>	<b>784</b>	<b>1610</b>	
	<b>Ip</b>	<b>826</b>		

Illustration 46 - 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 (Aisne, Seine-et-Marne, Eure et Val-d'Oise) 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 47. Deux formations reçoivent la note géotechnique maximale de 4, il s'agit des *Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens (g1a)* et de l'*Argile de Laon (e4bAL)*.

Code	Notation	Nom des formations argileuses	Valeurs de bleu				Indice de plasticité				Valeurs de bleu				Indice de plasticité				Note géotechnique
			nb val	moy	min	max	nb val	moy	min	max	nb val	moy	min	max	nb val	moy	min	max	
1	C	Colluvions indifférenciées	18	1,63	0,38	3,20	12	12,50	4,00	54	3,07	0,30	12,80	199	30,96	5,00	90,00	1	
2	Cag	Colluvions issues des formations tertiaires	22	1,29	0,22	4,28	22	13,04	5,00	14	4,43	1,40	9,00	239	35,60	4,00	81,00	2	
3	LP	Limons des plateaux et de pente	164	1,71	0,12	4,90	359	13,81	1,50	59,10	573	3,30	0,12	12,15	833	21,27	2,00	65,60	1
4	BLPs	Limons argileux à siliceux	26	2,88	0,50	8,90	49	27,65	7,00	71,20	17	2,40	0,40	5,00	4	23,90	15,00	37,20	2
5	T	Tourbes et dépôts tourbeux	1	3,15	3,15	3,15				4	2,80	0,46	7,54	51	17,60	10,00	40,00	2	
6	Fz	Alluvions actuelles et récentes	93	1,41	0,03	6,60	77	16,81	3,50	47,20	119	2,66	0,14	12,60	234	19,12	1,00	120,00	1
7	Fy	Alluvions anciennes	8	0,70	0,10	1,35	5	21,74	16,50	25,50	35	1,16	0,10	3,90	37	17,53	1,20	58,10	1
8	Rs	Argiles résiduelles à siliceux					7	35,47	12,20	67,80	27	5,05	0,20	16,50	55	36,01	7,00	100,00	3
9	Pillyv	Callovois de Gisors et formations associées	1	2,65	2,65	2,65	1	16,80	16,80	16,80	146	5,13	0,66	20,16	186	37,58	8,00	80,00	2
10	q1d	Argiles à meulière de Montmorency	2	2,18	0,43	3,67				2	6,40	6,10	6,70	27	33,10	8,00	65,00	3	
11	q1b	Marnes à huîtres, Argiles à coquilles	2	2,22	2,02	2,42				79	8,36	0,20	17,70	698	42,39	7,00	82,00	3	
12	q1a	Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens	3	8,67	6,50	11,00	3	46,00	34,00	57,00	215	6,93	0,22	17,50	102	38,59	7,80	91,00	4
13	e7b	Marnes supragypseuses								178	5,68	1,25	17,50	627	38,37	4,00	101,00	3	
14	e7	Ludien indifférencié	1	1,17	1,17	1,17	4	18,13	6,00	28,00	2	2,80	1,20	4,40	56	19,26	4,00	64,00	2
15	e6b2	Sables, grès et argiles du Marnésien	3	0,24	0,03	0,66				2	2,80	1,20	4,40	56	19,26	4,00	64,00	1	
16	e6b	Marno-calcaire de Saint-Ouen	9	0,99	0,33	1,50	38	21,39	3,00	80,00	181	3,45	0,70	23,56	283	29,16	5,00	81,00	1
17	e6aV	Argile de Villeneuve-sur-Yverne	1	3,16	3,16	3,16	1	28,20	28,20	28,20								2	
18	e6aG	Argile de Saint-Gobain	1	7,65	7,65	7,65												3	
19	e5eB	Sables d'Alvers et de Beauchamp	38	1,00	0,08	5,83	12	14,58	6,80	29,00	41	1,16	0,07	8,78	62	28,83	2,00	65,00	1
20	e5c	Calcaire à mollusques et coquilles, Marnes et Caillasses	7	1,24	0,53	2,18	3	9,37	5,10	12,00	10	2,47	0,12	5,29	65	19,75	6,00	63,00	1
21	e4bAL	Argile de Laun	1	12,52	12,52	12,52				2	6,41	2,02	10,80					4	
22	e4b	Sables de Cuse	27	1,63	0,15	3,75	21	16,36	4,00	47,20	57	1,53	0,12	5,50	14	16,50	4,50	41,00	1
23	e3c-4a	Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite	18	5,49	0,05	16,90	36	36,08	5,00	90,50	53	4,49	0,80	28,00	148	37,52	8,00	90,00	3
24	e3b-c	Sables et grès du Thérapien	31	1,28	0,63	2,50				41	1,48	0,12	5,10	6	30,48	7,10	63,00	1	
25	c1-2	Craine marneuse	7	1,16	0,08	6,50	42	20,04	1,50	61,80	3	4,42	2,02	5,85	1	56,10	56,10	56,10	2
26	n6	Sable vert, Argiles du Gault et Gaize	50	2,25	0,32	13,50	22	26,82	7,00	51,00								2	
27	n4	Argiles panachées	37	2,26	0,37	4,50	61	18,85	4,00	39,00								2	
28	n1-4	Argiles et sables du Wealdien et du Barrémien	72	3,20	0,25	8,23	8	15,19	9,00	20,00	1	0,94	0,94	0,94				2	
29	j6-7	Argiles, calcaires et sables du Jurassique	5	4,41	1,37	6,36												2	

Illustration 47 - Synthèse des données géotechniques (Valeurs de bleu, Indices de plasticité)

## 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 48) :

Note moyenne	Degré de susceptibilité
valeur $\leq$ 2	Faible (niveau 1)
2 < valeur $\leq$ 3	Moyen (niveau 2)
valeur > 3	Élevé (niveau 3)

Illustration 48 – Barème de détermination du degré de susceptibilité

Moyennant ce traitement, les notes de susceptibilité attribuées aux 29 formations retenues comme argilo-marneuses sont indiquées dans le tableau de l'illustration 49

### 6.2. CARTE DE SUSCEPTIBILITÉ

L'illustration 50 représente la carte départementale de susceptibilité des formations géologiques au phénomène de retrait-gonflement, réalisée d'après les résultats présentés dans le tableau de l'illustration 49.

La carte départementale de susceptibilité a été établie à partir de la carte interprétée des formations potentiellement sujettes au phénomène de retrait-gonflement en attribuant à chacune des formations géologiques la classe de susceptibilité définie ci-dessus. Cette carte est également présentée en planche 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.

On identifie ainsi 6 formations dont la susceptibilité est considérée comme élevée. Il s'agit des *Marnes à huîtres*, *Argiles à corbules*, des *Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens*, des *Marnes supragypseuses*, de l'*Argile de Saint-Gobain*, de l'*Argile de Laon* et des *Marnes et Sables de Sinceny*, *Argiles à lignite*.

Code	Notation	Nom des formations argileuses	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Moyenne	Susceptibilité
1	C	Colluvions indifférenciées	2	-	1	1,50	faible
2	Ceg	Colluvions issues des formations tertiaires	3	-	2	2,50	moyenne
3	LP	Limons des plateaux et de pente	1	2	1	1,33	faible
4	B-LPs	Limons argileux à silex	2	3	2	2,33	moyenne
5	T	Tourbes et dépôts tourbeux	4	2	2	2,67	moyenne
6	Fz	Alluvions actuelles et récentes	2	-	1	1,50	faible
7	Fy	Alluvions anciennes	1	-	1	1,00	faible
8	Rs	Argiles résiduelles à silex	3	2	3	2,67	moyenne
9	PIII-IV	Cailloutis de Gisors et formations associées	1	3	2	2,00	faible
10	g1d	Argiles à meulière de Montmorency	3	3	3	3,00	moyenne
11	g1b	Marnes à huîtres, Argiles à corbules	4	3	3	3,33	
12	g1a	Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens	4	3	4	3,67	
13	e7b	Marnes supragypseuses	4	3	3	3,33	
14	e7	Ludien indifférencié	3	3	2	2,67	moyenne
15	e6b2	Sables, grès et argiles du Marinésien	2	3	1	2,00	faible
16	e6b	Marno-calcaire de Saint-Ouen	1	2	1	1,33	faible
17	e6aV	Argile de Villeneuve-sur-Verberie	3	3	2	2,67	moyenne
18	e6aG	Argile de Saint-Gobain	4	4	3	3,67	
19	e6aB	Sables d'Auvers et de Beauchamp	1	3	1	1,67	faible
20	e5c	Calcaire à milioles et cérithes, Marnes et Caillasses	2	2	1	1,67	faible
21	e4bAL	Argile de Laon	3	4	4	3,67	
22	e4b	Sables de Cuise	2	4	1	2,33	moyenne
23	e3c-4a	Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite	4	4	3	3,67	
24	e3b-c	Sables et grès du Thanétien	2	2	1	1,67	faible
25	c1-2	Craie marneuse	2	4	2	2,67	moyenne
26	n6	Sable verts, Argiles du Gault et Gaize	3	3	2	2,67	moyenne
27	n4	Argiles panachées	4	2	2	2,67	moyenne
28	n1-4	Argiles et sables du Wealdien et du Barrémien	2	2	2	2,00	faible
29	j6-7	Argiles, calcaires et sables du Jurassique	3	2	2	2,33	moyenne

Illustration 49 - Susceptibilité des formations argileuses retenues

### 6.3. SYNTHÈSE

Six formations ont été ainsi qualifiées de fortement susceptibles. Elles couvrent 278,3 km<sup>2</sup>, soit 4,72 % de la superficie totale du département. Il s'agit de :

- g1b – Marnes à huîtres, Argiles à corbules (0,85 km<sup>2</sup> soit 0,01% du département)
- g1a - Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens (1,63 km<sup>2</sup> soit 0,03 %)
- e7b – Marnes supragypseuses (1,35 km<sup>2</sup> soit 0,02 %)
- e6aG – Argile de Saint-Gobain (3,81 km<sup>2</sup> soit 0,06 %)
- e4bAL – Argile de Laon (9,47 km<sup>2</sup> soit 0,16 %)
- e3c-4a - Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite (261,21 km<sup>2</sup> soit 4,43 %)

Douze formations ont été classées comme moyennement susceptibles. Elles couvrent 1 559,8 km<sup>2</sup>, soit 26,4 % de la superficie du département et il s'agit des formations suivantes :

- Ceg – Colluvions issues des formations tertiaires (40,81 km<sup>2</sup> soit 0,69 %)
- B-LPs – Limons argileux à silex (943,53 km<sup>2</sup> soit 15,99 %)
- T – Tourbes et dépôts tourbeux (24,57 km<sup>2</sup> soit 0,42 %)
- Rs – Argiles résiduelles à silex (25,22 km<sup>2</sup> soit 0,43 %)
- g1d – Argiles à meulière de Montmorency (4,65 km<sup>2</sup> soit 0,08 %)

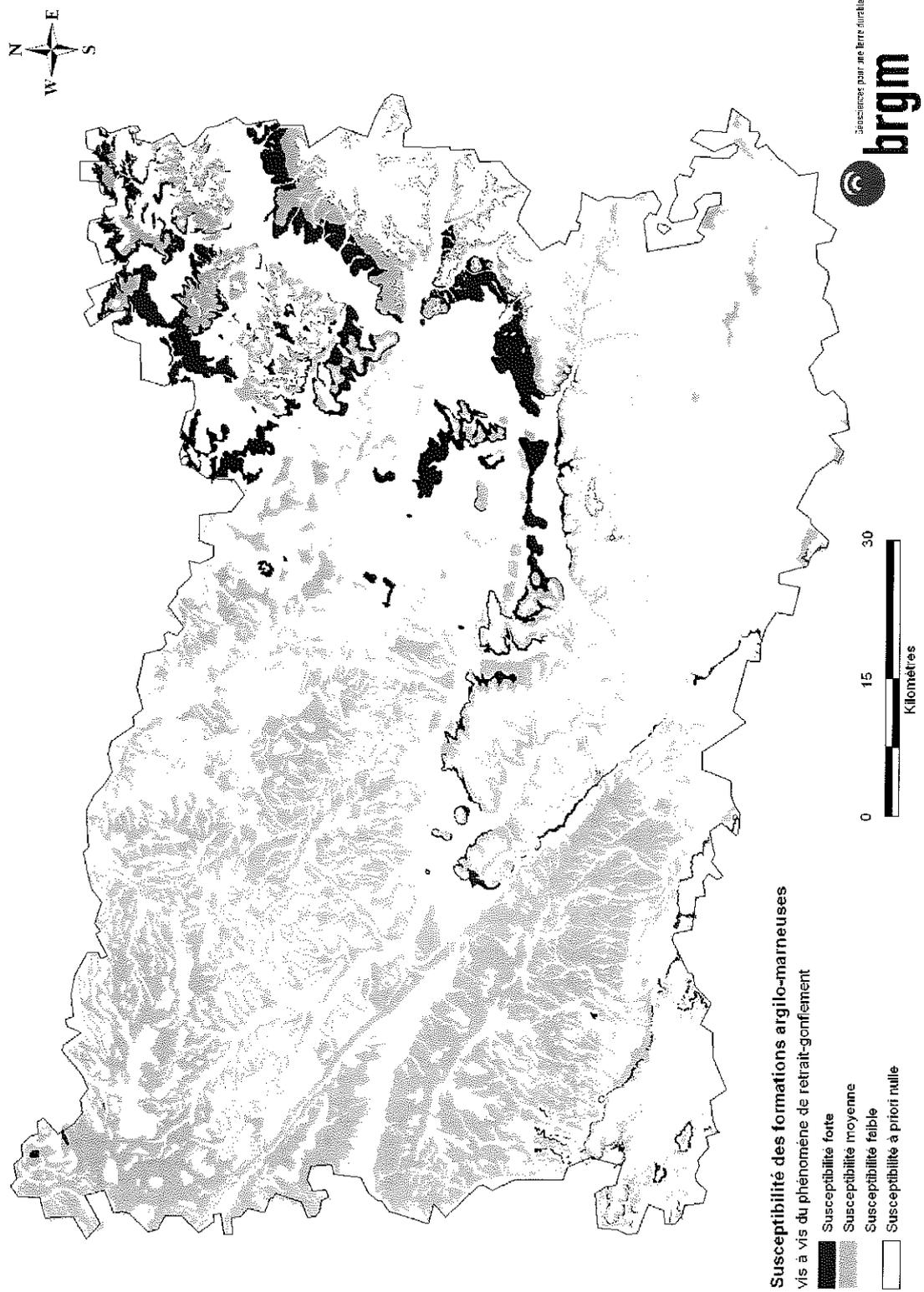


Illustration 50 – Carte de susceptibilité au retrait-gonflement des sols argileux

- e7 – Ludien indifférencié (14,15 km<sup>2</sup> soit 0,24 %)
- e6aV – Argile de Villeneuve-sur-Verberie (3,59 km<sup>2</sup> soit 0,06 %)
- e4b – Sables de Cuise (284,37 km<sup>2</sup> soit 4,82 %)
- c1-2 – Craie marneuse (69,45 km<sup>2</sup> soit 1,18 %)
- n6 – Sables verts, Argiles du Gault et Gaize (56,85 km<sup>2</sup> soit 0,96 %)
- n4 – Argiles panachées (22,43 km<sup>2</sup> soit 0,38 %)
- j6-7 – Argiles, calcaires et sables du Jurassique (70,18 km<sup>2</sup> soit 1,19 %)

Les formations jugées faiblement susceptibles couvrent 2 943,8 km<sup>2</sup>, soit 49,9 % de la superficie départementale et sont au nombre de onze :

- C – Colluvions indifférenciées (214,73 km<sup>2</sup> soit 3,64 %)
- LP – Limons des plateaux et de pente (1504,56 km<sup>2</sup> soit 25,50 %)
- Fz – Alluvions actuelles et récentes (399,25 km<sup>2</sup> soit 6,77 %)
- Fy – Alluvions anciennes (27,87 km<sup>2</sup> soit 0,47 %)
- PIII-IV – Cailloutis de Gisors et formations associées (8,94 km<sup>2</sup> soit 0,15 %)
- e6b2 – Sables, grès et argiles du Marinésien (8,38 km<sup>2</sup> soit 0,14 %)
- e6b – Marno-calcaire de Saint-Ouen (127,44 km<sup>2</sup> soit 2,16 %)
- e6aB – Sables d'Auvers et de Beauchamps (236,64 km<sup>2</sup> soit 4,01 %)
- e5c – Calcaire à milioles et cérithes, Marnes et Caillasses (76,23 km<sup>2</sup> soit 1,29 %)
- e3b-c – Sables et grès du Thanétien (275,41 km<sup>2</sup> soit 4,67 %)
- n1-4 – Argiles et sables du Wealdien et du Barrémien (64,37 km<sup>2</sup> soit 1,09 %)

Enfin, les formations *a priori* non argileuses occupent 18,95 % de la surface du département.

## 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 l'Oise, à la date du 31 mars 2009, 16 communes ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols, pour des périodes comprises entre mai 1989 et mars 2006. Les 16 communes ainsi reconnues représentent 2,3 % des 693 communes du département et couvrent près de 3,3 % de sa superficie totale.

Au total, 12 arrêtés interministériels successifs reconnaissant l'état de catastrophe naturelle sécheresse ont été pris dans le département de l'Oise, dont les dates s'échelonnent entre le 25 janvier 1993 et le 05 décembre 2008 (Illustration 51). Il est à noter que seules deux communes (Noyon et Francières) ont fait l'objet de plusieurs arrêtés distincts.

Comme l'indique le tableau, un seul arrêté peut concerner plusieurs communes et plusieurs périodes distinctes mais parfois consécutives. Le nombre total d'occurrences reconnues, en distinguant par commune et par période, s'élève ainsi à 18 pour le département de l'Oise, ce qui reste modeste par rapport à certains départements du Sud-Ouest (1 412 occurrences reconnues en Haute-Garonne, 1 253 dans le Gers, 1 072 en Dordogne), le nombre total d'occurrences pour le territoire métropolitain étant de 17 953 à fin 2008.

Si l'on se réfère au classement des départements français en terme de coût d'indemnisations versées dans le seul cadre du régime des catastrophes naturelles,

l'Oise occupaient la 61<sup>ème</sup> place en septembre 2008, avec un montant cumulé évalué à environ 2,45 millions d'euros en coûts actualisés (données fournies par la CCR, hors franchise restée à la charge des sinistrés, à raison de 1 520 € par sinistre). Ceci confirme que le département de l'Oise a été jusqu'à présent globalement peu affecté par ce phénomène de retrait-gonflement des sols argileux.

Date d'arrêté	Nb communes concernées
25/01/93	1
28/07/95	1
21/01/97	1
11/02/97	1
19/09/97	2
15/07/98	1
18/09/98	1
19/03/99	1
22/06/99	1
27/12/00	2
11/06/08	2
05/12/08	4

*Illustration 51 – Date des arrêtés interministériels concernant l'Oise*

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 52 permet de localiser les 16 communes qui ont fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance à ce jour, ainsi que celle pour lesquelles des sinistrés ont été indemnisés au titre de la procédure exceptionnelle mise en place dans le cadre de l'article 110 de la loi de finances 2006 pour des désordres survenus au cours de l'été 2003.

Il est à noter en effet qu'aucune commune de l'Oise n'a pu bénéficier d'une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse pour les sinistres survenus au cours de l'été 2003. Pourtant 13 d'entre elles avaient signalé des désordres à cette date et les sinistres les plus graves ont pu être partiellement indemnisés au titre de la procédure exceptionnelle mis en place par la loi de finance 2006. A ce jour, 5 communes supplémentaires se sont d'ailleurs vu refuser la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour l'été 2003, ce qui porte à 18 le nombre de communes ayant déclaré des désordres pour cette période dans l'Oise.

Le rapport au gouvernement établissant le bilan de la procédure exceptionnelle 2003 indique ainsi que 45 dossiers de sinistrés, répartis dans 11 communes du département, ont bénéficié d'une indemnisation à ce titre, pour un montant global (hors franchise) qui s'établit à 1,09 million d'euros. Dans la mesure où deux de ces communes avaient déjà fait l'objet d'une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour les phénomènes liés au retrait-gonflement des sols argileux, ce sont en définitive 25 communes distinctes qui ont bénéficié à ce jour d'indemnisations pour des sinistres attribués au retrait-gonflement dans le département de l'Oise, ce qui représente 3,5 % des 693 communes du département.

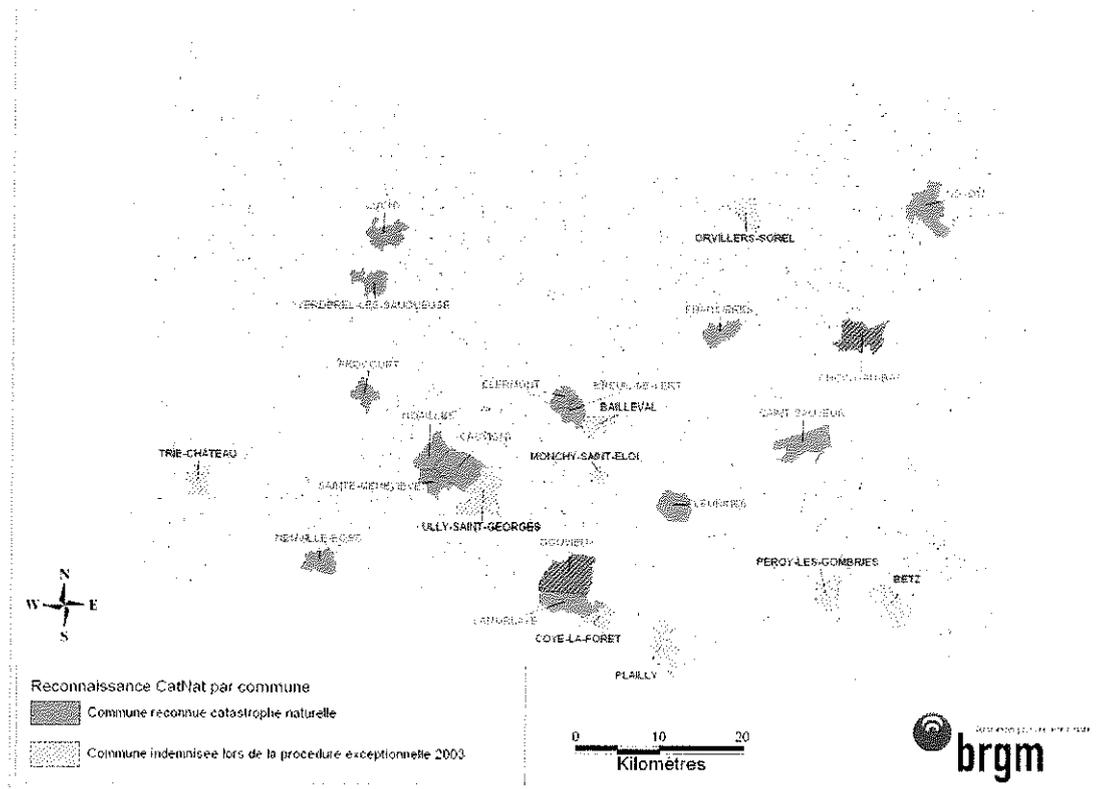


Illustration 52 – Répartition géographique des communes de l'Oise reconnues en état de catastrophe naturelle pour le phénomène de retrait-gonflement

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

Les durées couvertes par les arrêtés de catastrophe naturelle publiés à ce jour permettent de dégager trois périodes principales où au moins 3 communes du département ont été reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse : il s'agit de l'année 1990, de la période comprise entre 1995 et 1997, et enfin des années 2005 et 2006 (Illustration 53).

Ces données indiquent que les dates et les durées de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle varient beaucoup d'une commune à une autre et selon les arrêtés, ce qui traduit directement l'évolution des pratiques depuis 1989. Ainsi, il apparaît que 7 des 16 communes reconnues sont couvertes pour des périodes inférieures à une année, les reconnaissances récentes ne portant que sur des périodes d'un seul trimestre. Les 2 communes qui ont été reconnues par deux arrêtés distincts le sont pour une durée cumulée inférieure à 30 mois. A l'autre extrême, un seul arrêté reconnaît la commune de Fleurines pour une durée totale couvrant presque 10 ans.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Nombre de mois	Nombre d'arrêtés	Nombre d'occurrences
Breuil le vert																			9	1	3
Cauvigny																			4	1	1
Choisy-au-Bac																			12	1	1
Clermont																			6	1	2
Fleurines																			116	1	1
Francières																			16	2	2
Frocourt																			3	1	1
Gouvieux																			24	1	1
Lamorlaye																			12	1	1
Luchy																			13	1	1
Neuville-Bosc																			36	1	1
Noailles																			9	1	1
Noyon																			29	2	2
Saint Sauveur																			3	1	1
Sainte Geneviève																			6	1	2
Verderet-lès-Sauqueuse																			28	1	1

Illustration 53 – Dates et durées de reconnaissance d'état de catastrophe naturelle

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). Aucune commune de l'Oise n'est encore susceptible d'être touchée par cette mesure au vu de l'état actuel des reconnaissances.

## 7.3. IDENTIFICATION DES SINISTRES

### 7.3.1. Collecte des données

Le recensement des sinistres a été réalisé à partir de sources d'informations complémentaires, à savoir la consultation des dossiers de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle archivés au Service Interministériel de Défense et de Protection Civile (Préfecture de Beauvais), une enquête systématique auprès des 693 communes du département, et enfin le recueil des données auprès de la Caisse Centrale de Réassurance (CCR), de mutuelles d'assurances, de bureaux d'études et du BRGM.

L'enquête communale effectuée dans le cadre de la présente étude s'est faite par envoi d'un courrier en octobre 2007, accompagné d'une lettre circulaire de la préfecture, aux maires des 693 communes du département. Une relance a ensuite été opérée en avril 2008 auprès des communes n'ayant pas encore répondu. Enfin, des relances téléphoniques ont été réalisées auprès des mairies où des sinistres nous ont été communiqués par d'autres sources. Le taux de réponse atteint à ce jour est de 79,4 %, soit 550 communes. Par ailleurs, parmi les communes reconnues en état de catastrophe naturelle, toutes nous ont communiqué une réponse à l'exception de Neuville-Bosc, malgré nos relances téléphoniques répétées. Ainsi, ce sont finalement 40 communes qui déclarent être touchées par le phénomène, pour un total de 188 sinistres signalés.

La multiplication des sources potentielles d'identification des sinistres (mairie + bureau d'étude par exemple) permet d'optimiser la précision des informations recueillies. Les sinistres recensés plusieurs fois (doublons), ont ainsi parfois été confirmés ou infirmés grâce au croisement et à l'analyse des données recueillies.

L'illustration 54 synthétise le nombre de sinistres identifiés par source d'information. Au total, ce sont 331 sinistres qui ont été recensés grâce à la consultation des différents organismes. Après élimination des doublons, ce nombre de sinistres se réduit finalement à 218.

Source	Nb de sites
Commune	188
Préfecture	121
CCR	13
MAIF	2
CEBTP	6
GEOTEC	1
<b>Total de sinistres identifiés (y. c. doublons)</b>	<b>331</b>

Illustration 54 – Source de recensement des sinistres

Cet échantillon peut être considéré comme représentatif de la sinistralité du département étant donné le taux de réponse très satisfaisant de la part des communes, le nombre relativement élevé de doublons, et la diversité des sources d'information consultées.

### 7.3.2. Bilan

Ces 218 sinistres présumés se répartissent dans 50 communes, soit un taux de sinistralité global qui atteint finalement 7,2 %. Bien que 5 sinistres n'aient pu être localisés avec précision, ils ont été néanmoins conservés car la géologie du secteur est suffisamment homogène pour qu'on puisse identifier sans ambiguïté les formations argileuses à l'origine de ces désordres.

La localisation des sinistres a été effectuée sur fonds topographiques de l'IGN au 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 <http://maps.google.fr/> et [www.cadastre.gouv.fr](http://www.cadastre.gouv.fr).

Il est à noter que 119 des 218 sinistres recensés se trouvent sur les communes déjà reconnues à ce jour en état de catastrophe naturelle (hors sécheresse exceptionnelle 2003), soit un taux de 54,6 %. Par ailleurs, les résultats de cette enquête permettent d'attribuer 106 sinistres (48,6 % du total) à des périodes comprises entre 1990 et 2007, et 58 sinistres (soit 26,6 % d'entre eux) à la sécheresse de l'été 2003, dont 3 concernent des maisons déjà affectées précédemment. Cependant la période d'occurrence du désordre ne nous a pas toujours été communiquée (ce qui est le cas pour 57 des sinistres recensés).

Le nombre de sinistres par commune est variable (Illustration 55) :

- 24 communes, soit 48 % des 50 communes sinistrées, comptent 1 seul sinistre ;
- 14 communes, soit 28 % des 50 communes touchées, comportent 2 à 5 sinistres ;
- 6 communes sont affectées de 6 à 10 sinistres ;

- 4 communes comprennent entre 11 et 14 sinistres ;
- seules 2 communes comptent au moins 15 sinistres.

Les sinistres recensés sont donc répartis sur un grand nombre de communes généralement peu touchées par le phénomène, puisque seule la moitié d'entre elle présente plus d'un sinistre, et plus des trois-quarts d'entre-elles en comptent moins de 5. Le nombre de sinistres recensés sur les communes reconnues en état de catastrophe naturelle diffère beaucoup selon les municipalités. En effet, un seul sinistre est suffisant pour classer une commune en état de catastrophe naturelle, et de fait certaines d'entre-elles (Sainte-Geneviève, Neuville-Bosc) ne signalent qu'un seul sinistre ; d'autres en comptent beaucoup plus, le maximum étant atteint par Gouvieux avec 42 désordres dénombrés (dont une partie date de l'été 2003).

D'un point de vue géographique, la répartition des sinistres est très inégale mais s'explique largement par le contexte géologique et morphologique du département. En effet, les communes sinistrées se trouvent dans les secteurs où l'affleurement des formations argilo-marneuses tertiaires est important, souvent associé à des zones de fortes pentes (vallées de l'Oise et du Thérain).

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.

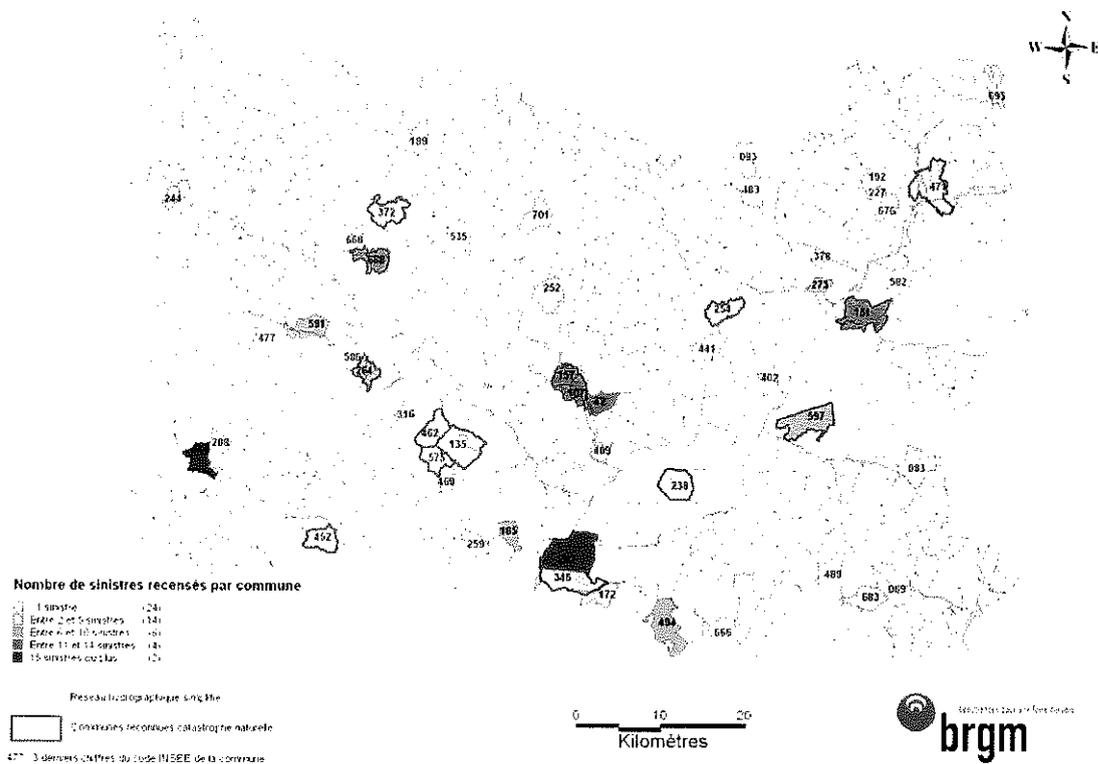


Illustration 55 – Répartition des sinistres recensés par commune

#### 7.4. REPARTITION DES SINISTRES PAR FORMATION GEOLOGIQUE

L'examen des études réalisées après sinistres indique que 100 % des sinistres localisés sont répartis sur les formations retenues comme étant potentiellement sujettes au phénomène de retrait-gonflement car à composante argilo-marneuse, ce qui justifie *a posteriori* leur sélection même si ces dernières occupant 4 782 km<sup>2</sup>, soit 81 % de la surface du département. L'illustration 56 représente la carte des formations argileuses et la localisation des sinistres recensés dans le cadre de l'étude.

Un sinistre ne concernant pas *a priori* une formation argileuse a été finalement imputé aux *Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens*, suite à une visite de terrain : ceci illustre 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, 6 présentent chacune plus de 10 sinistres :

- *Ceg - Colluvions issues des formations tertiaires* : 11 sinistres ;
- *LP - Limons des plateaux et de pente* : 30 sinistres ;
- *B-LPs - Limons argileux à silex* : 14 sinistres ;
- *Fz - Alluvions actuelles et récentes* : 15 sinistres ;
- *e3c-4a - Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite* : 96 sinistres ;
- *e3b-c - Sables et grès du Thanétien* : 13 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. C'est le cas notamment pour les formations *LP* et *B-LPs*.

Parmi les formations argilo-marneuses, 10 ne comptent aucun sinistre recensé à ce jour. Il s'agit des formations suivantes : T, Fy, g1d, g1b, e7b, e6aV, e6aG, e5c, e4bAL, et j6-7. Ce constat peut s'expliquer pour certaines d'entre-elles par leur très faible surface d'affleurement et donc le relatif petit nombre de maisons individuelles exposées.

#### 7.5. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE RAPPORTÉE A LA SURFACE BATIE

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 constituer un biais pour l'analyse des densités de sinistres par formation. En effet, une formation géologique s'étendant principalement en milieu rural peu bâti sera nécessairement moins touchée qu'une formation aussi susceptible mais très urbanisée.

C'est pourquoi les densités de sinistres par formation géologique ont été ramenées à 100 km<sup>2</sup> de surface effectivement bâtie, conformément à la méthodologie retenue au niveau national.



### 7.5.1. Détermination de la densité d'urbanisation par formation

Dans le cadre de cette étude, la DDEA de l'Oise a mis à notre disposition la couche Bâtiment de la BD TOPO® de l'IGN, où chaque polygone de la couche correspond à un bâtiment. Les surfaces urbanisées calculées avec cet outil correspondent aux surfaces occupées par des constructions individuelles, des écoles, des mairies ou des bâtiments religieux ; les surfaces inhérentes aux terrasses et jardins des propriétés (parcelle) ne sont donc pas prises en compte.

Les superficies bâties ont été calculées à partir du dénombrement des polygones se trouvant au sein de chaque formation argilo-marneuse, multiplié par la surface moyenne d'un bâtiment (211,52 m<sup>2</sup>). Ceci a permis de chiffrer, pour chacune des formations retenues, la surface d'affleurement d'une formation qui se trouve être réellement bâtie (Illustration 57). La surface totale des zones bâties du département a été ainsi estimée à 48,11 km<sup>2</sup>, soit environ 0,82 % de la superficie totale du département (évaluée à 5 900,23 km<sup>2</sup> avec les outils utilisés dans le cadre de l'étude).

La superposition de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses avec celle des zones construites permet d'estimer la surface totale occupée par les zones bâties dans les formations retenues. Elle s'élève à 38,92 km<sup>2</sup>, soit environ 0,81 % de leur surface totale d'affleurement (laquelle a été évaluée à 4 781,95 km<sup>2</sup>). Les surfaces bâties et le nombre de sinistres recensés sont indiqués pour chaque formation dans le tableau de l'illustration 58.

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 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 notamment le cas pour les *Argiles résiduelles à silex (Rs)*, les *Cailloutis de Gisors et formations associées (PIII-IV)*, et les *Argiles panachées (n4)* dont la surface d'affleurement urbanisée est si réduite (respectivement 0,10 km<sup>2</sup>, 0,07 km<sup>2</sup> et 0,17 km<sup>2</sup>) que la présence d'un très petit nombre de sinistres aboutit à une note de densité relativement élevée.

### 7.5.2. Détermination du critère densité de sinistres

Les éléments décrits dans la méthodologie, permettent de calculer des densités de sinistres par formation géologique, en prenant en compte la surface urbanisée de la formation. Les résultats (Illustration 59) indiquent que la prise en compte du taux d'urbanisation modifie sensiblement la hiérarchisation des formations géologiques en termes de densité de sinistres, dans la mesure où le taux d'urbanisation varie d'une formation à l'autre.

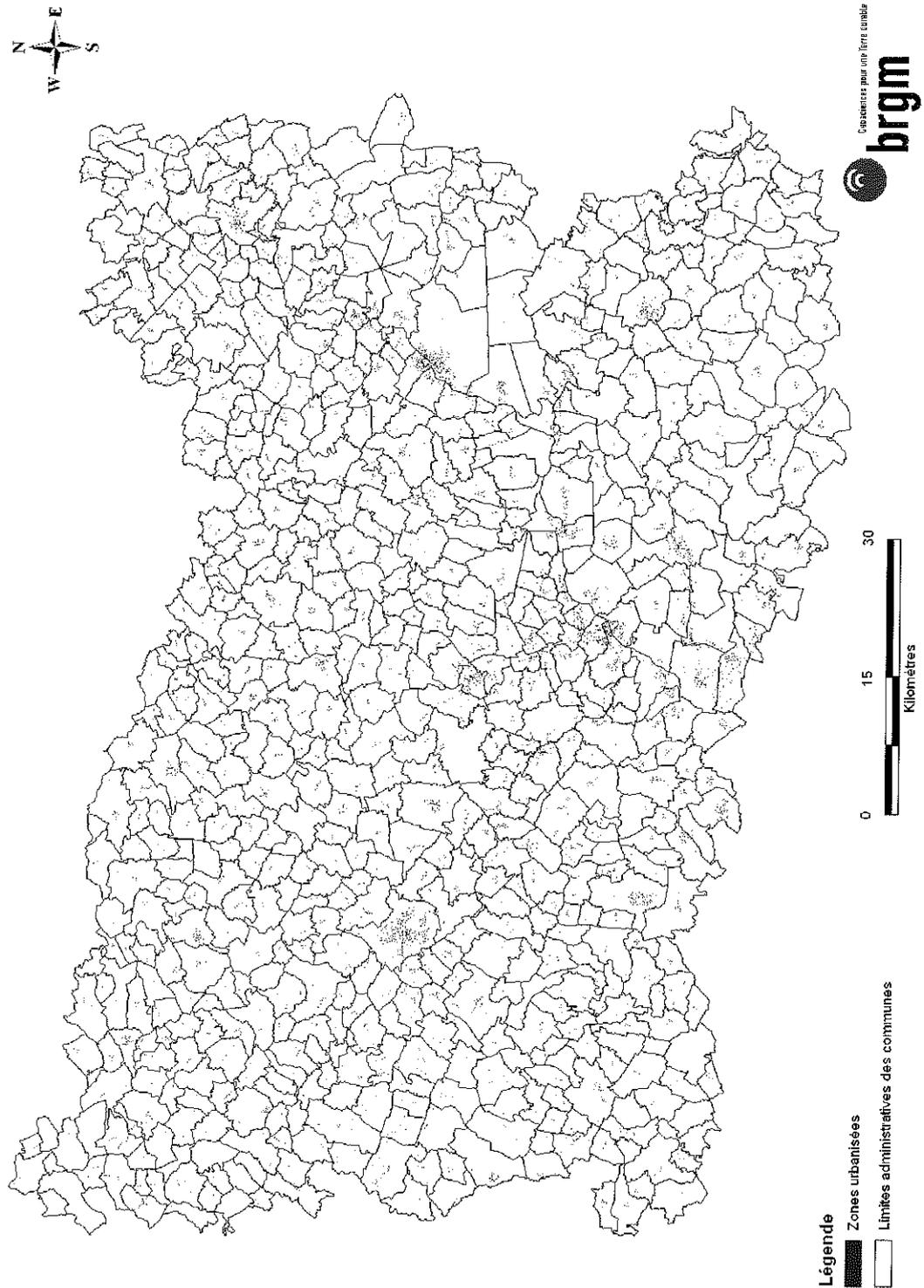


Illustration 57 – Carte des zones construites sur le département de l'Oise (données BD Topo© IGN)

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

N°	Notation	Description	SINISTRES		AFFLEUREMENT		URBANISATION		
			Nombre de sinistres	% du nb de sinistres	Surface (km²)	% de la surface totale	Nombre de bâtiments	Surface bâtie (km²)	Indice de surface bâtie de la formation
1	C	Colluvions indifférenciées	3	1,38%	214,73	3,64%	9 635	2,04	0,95%
2	Ceg	Colluvions issues des formations tertiaires	11	5,05%	40,81	0,69%	5 329	1,13	2,76%
3	LP	Limons des plateaux et de pente	30	13,76%	1 504,56	25,50%	39 708	8,40	0,56%
4	B-LPs	Limons argileux à silex	15	6,88%	943,53	15,99%	28 472	6,02	0,64%
5	T	Tourbes et dépôts tourbeux	0	0,00%	24,57	0,42%	469	0,10	0,40%
6	Fz	Alluvions actuelles et récentes	14	6,42%	399,25	6,77%	28 114	5,95	1,49%
7	Fy	Alluvions anciennes	0	0,00%	27,87	0,47%	3 255	0,69	2,47%
8	Rs	Argiles résiduelles à silex	4	1,83%	25,22	0,43%	461	0,10	0,39%
9	PIII-IV	Cailloutis de Gisors et formations associées	6	2,75%	8,94	0,15%	321	0,07	0,76%
10	g1d	Argiles à meulière de Montmorency	0	0,00%	4,65	0,08%	47	0,01	0,21%
11	g1b	Marnes à huîtres, Argiles à corbules	0	0,00%	0,85	0,01%	28	0,01	0,70%
12	g1a	Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens	2	0,92%	1,83	0,03%	37	0,01	0,48%
13	e7b	Marnes supragypseuses	0	0,00%	1,35	0,02%	24	0,01	0,38%
14	e7	Ludien indifférencié	1	0,46%	14,15	0,24%	708	0,15	1,06%
15	e6b2	Sables, grès et argiles du Marinésien	1	0,46%	8,38	0,14%	518	0,11	1,31%
16	e6b	Marno-calcaire de Saint-Ouen	1	0,46%	127,44	2,16%	2 273	0,48	0,38%
17	e6aV	Argile de Villeneuve-sur-Verberie	0	0,00%	3,59	0,06%	97	0,02	0,57%
18	e6aG	Argile de Saint-Gobain	0	0,00%	3,81	0,06%	27	0,01	0,15%
19	e6aB	Sables d'Auvers et de Beauchamp	1	0,46%	236,64	4,01%	4 894	1,04	0,44%
20	e5c	Calcaire à miliolites et cérithes, Marnes et Caillasses	0	0,00%	76,23	1,29%	3 045	0,64	0,84%
21	e4bAL	Argile de Laon	0	0,00%	9,47	0,16%	58	0,01	0,13%
22	e4b	Sables de Cuise	6	2,75%	284,37	4,82%	18 936	4,01	1,41%
23	e3c-4a	Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite	96	44,04%	261,21	4,43%	12 708	2,69	1,03%
24	e3b-c	Sables et grès du Thanétien	13	5,96%	275,41	4,67%	13 556	2,87	1,04%
25	c1-2	Craie marneuse	3	1,38%	69,45	1,18%	2 648	0,56	0,81%
26	n6	Sable verts, Argiles du Gault et Gaize	8	3,67%	56,85	0,96%	3 483	0,74	1,30%
27	n4	Argiles panachées	2	0,92%	22,43	0,38%	812	0,17	0,77%
28	n1-4	Argiles et sables du Wealdien et du Barrémien	1	0,46%	64,37	1,09%	2 665	0,56	0,88%
29	j6-7	Argiles, calcaires et sables du Jurassique	0	0,00%	70,18	1,19%	1 651	0,35	0,50%
Total formations argileuses			218	100,00%	4 781,95	81,05%	183 979	38,92	0,61%
Formation non argileuse			0	0,00%	1 118,28	18,95%	43 457	9,19	0,82%
Total département			218	100,00%	5 900,23	100,00%	227 436	48,11	0,82%

Illustration 58 – Nombre de sinistres et indice de surface bâtie par formation

N°	Notation	Description	Nombre de sinistres	% du nb de sinistres	Surface bâtie (km²)	Densité pour 100km² bâtis	Note de densité de sinistre	Sinistralité
1	C	Colluvions indifférenciées	3	1,38%	2,04	147,20	1	faible
2	Ceg	Colluvions issues des formations tertiaires	11	5,05%	1,13	975,88	2	moyenne
3	LP	Limons des plateaux et de pente	30	13,76%	8,40	357,18	1	faible
4	B-LPs	Limons argileux à silex	15	6,88%	6,02	249,07	1	faible
5	T	Tourbes et dépôts tourbeux	0	0,00%	0,10	0,00	-	NS
6	Fz	Alluvions actuelles et récentes	14	6,42%	5,95	235,43	1	faible
7	Fy	Alluvions anciennes	0	0,00%	0,69	0,00	1	faible
8	Rs	Argiles résiduelles à silex	4	1,83%	0,10	4 102,11	3	
9	PIII-IV	Cailloutis de Gisors et formations associées	6	2,75%	0,07	8 836,80	3	
10	g1d	Argiles à meulière de Montmorency	0	0,00%	0,01	0,00	-	NS
11	g1b	Marnes à huîtres, Argiles à corbules	0	0,00%	0,01	0,00	-	NS
12	g1a	Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens	2	0,92%	0,01	25 555,06	-	
13	e7b	Marnes supragypseuses	0	0,00%	0,01	0,00	-	NS
14	e7	Ludien indifférencié	1	0,46%	0,15	667,75	-	moyenne
15	e6b2	Sables, grès et argiles du Marinésien	1	0,46%	0,11	912,68	-	moyenne
16	e6b	Marno-calcaire de Saint-Ouen	1	0,46%	0,48	207,99	1	faible
17	e6aV	Argile de Villeneuve-sur-Verberie	0	0,00%	0,02	0,00	-	NS
18	e6aG	Argile de Saint-Gobain	0	0,00%	0,01	0,00	-	NS
19	e6aB	Sables d'Auvers et de Beauchamp	1	0,46%	1,04	96,60	1	faible
20	e5c	Calcaire à miliolites et cérithes, Marnes et Caillasses	0	0,00%	0,64	0,00	1	faible
21	e4bAL	Argile de Laon	0	0,00%	0,01	0,00	-	NS
22	e4b	Sables de Cuise	6	2,75%	4,01	149,80	1	faible
23	e3c-4a	Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite	96	44,04%	2,69	3 571,43	3	
24	e3b-c	Sables et grès du Thanétien	13	5,96%	2,87	453,38	1	faible
25	c1-2	Craie marneuse	3	1,38%	0,56	535,61	2	moyenne
26	n6	Sable verts, Argiles du Gault et Gaize	8	3,67%	0,74	1 085,89	2	moyenne
27	n4	Argiles panachées	2	0,92%	0,17	1 164,45	2	moyenne
28	n1-4	Argiles et sables du Wealdien et du Barrémien	1	0,46%	0,56	177,40	1	faible
29	j6-7	Argiles, calcaires et sables du Jurassique	0	0,00%	0,35	0,00	1	faible

Illustration 59 – Densité de sinistres pour 100 km² de formation argileuse bâtie (NS : non-significative)

La densité ainsi calculée est en moyenne pour les formations retenues comme argileuses de 560 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> d'affleurement argileux réellement bâti. Cette moyenne est très inférieure à celle obtenue dans d'autres départements déjà traités jusqu'à présent et plus fortement sinistrés, notamment en région parisienne, mais comparable à celle calculée dans un département modérément touché comme celui du Rhône par exemple.

Afin de hiérarchiser les formations argileuses selon leur degré de sinistralité, les valeurs de coupures retenues sont choisies en tenant compte de cette densité de sinistres moyenne, représentative de l'exposition du département. Les valeurs de référence ainsi retenues correspondent respectivement à 500 et 2000 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> de surface d'affleurement effectivement bâtie. Les notes de sinistralité par formation sont alors attribuées de la manière suivante, conformément à la méthodologie retenue au niveau national :

- *note 1* : moins de 500 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> de surface bâtie dans la formation ;
- *note 2* : de 500 à 2000 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> de surface bâtie dans la formation ;
- *note 3* : plus de 2000 sinistres pour 100 km<sup>2</sup> de surface bâtie dans la formation.

Les notes ainsi attribuées sont présentées dans la dernière colonne du tableau de l'illustration 59. On distingue ainsi quatre formations présentant une sinistralité particulièrement élevée, à savoir les *Argiles résiduelles à silex*, les *Cailloutis de Gisors et formations associées*, les *Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens* et enfin les *Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite*. Ces quatre formations sont à l'origine, à elles-seules, de la moitié des sinistres recensés dans le département, alors que leur surface d'affleurement cumulée ne dépasse pas 5 % de la superficie départementale totale.

Par ailleurs, six formations sont caractérisées par une note de sinistralité jugée moyenne. Il s'agit des *Colluvions issues des formations tertiaires*, du *Ludien indifférencié*, des *Sables, grès et argiles du Marinésien*, de la *Craie marneuse*, des *Sables verts, Argiles du Gault et Gaize*, et enfin des *Argiles, calcaires et sables de Jurassique*.

Enfin, on note que sept formations considérées comme argileuses ou marneuses sont caractérisées par une très faible extension géographique de leur surface d'affleurement dans le département et sont actuellement très peu urbanisées, au moins sous la forme d'habitat individuel. Les données disponibles ne permettent donc pas d'attribuer une note de sinistralité significative pour ces sept formations, pour lesquelles aucun sinistre n'a été recensé à ce jour. On ne peut pour autant en déduire que la sinistralité y est significativement faible, mais simplement qu'elle n'est statistiquement pas représentative. Un seul sinistre recensé y ferait en effet immédiatement passer la densité de sinistre d'une valeur nulle à une valeur très élevée. Cette observation concerne les *Tourbes et dépôts tourbeux*, les *Argiles à meulière de Montmorency*, les *Marnes à huîtres, Argiles à corbules*, les *Marnes supragypseuses*, l'*Argile de Villeneuve-sur-Verberie*, l'*Argile de Saint-Gobain* et enfin l'*Argile de Laon*. Dans le tableau de l'illustration 59, aucune note de sinistralité n'a donc été attribuée pour ces formations et la sinistralité y est notée non significative (N.S.).



## 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 bâti. 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 sept formations pour lesquelles la densité de sinistres s'est avérée non significative (T, g1d, g1b, e7b, e6aV, e6aG et e4bAL) le niveau d'aléa est directement déterminé par la note de susceptibilité.

Le niveau d'aléa ainsi obtenu pour chaque formation argilo-marneuse est présenté sur le tableau de l'illustration 60.

Six formations sont ainsi considérées en aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Les *Marnes à huîtres*, *Argiles à corbules*, les *Marnes supragypseuses*, l'*Argile de Saint-Gobain* et l'*Argile de Laon* sont classées en aléa fort du fait de leur seule susceptibilité élevée, les sinistralités de ces formations ayant été jugées non significatives en raison de leur surface d'affleurement bâti extrêmement réduite. L'aléa fort de la formation des *Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens* et des *Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite*, résulte quant à lui d'une susceptibilité

forte couplée à une densité de sinistres forte. Ces six formations représentent 4,72 % de la superficie départementale (Illustration 61).

N°	Notation	Description	Note de susceptibilité	Susceptibilité	Note de densité de sinistre	Sinistralité	Indice d'aléa	Niveau d'aléa
1	C	Colluvions indifférenciées	1	faible	1	faible	3	faible
2	Ceg	Colluvions issues des formations tertiaires	2	moyenne	2	moyenne	6	moyen
3	LP	Limons des plateaux et de pente	1	faible	1	faible	3	faible
4	B-LPs	Limons argileux à silex	2	moyenne	1	faible	5	faible
5	T	Tourbes et dépôts tourbeux	2	moyenne		NS	-	moyen
6	Fz	Alluvions actuelles et récentes	1	faible	1	faible	3	faible
7	Fy	Alluvions anciennes	1	faible	1	faible	3	faible
8	Rs	Argiles résiduelles à silex	2	moyenne	3		7	moyen
9	PIII-IV	Cailloutis de Gisors et formations associées	1	faible	3		5	faible
10	g1d	Argiles à meulière de Montmorency	2	moyenne	-	NS	-	moyen
11	g1b	Marnes à huîtres, Argiles à corbules	3		-	NS	-	
12	g1a	Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens	3		3		9	
13	e7b	Marnes supragypseuses	3		-	NS	-	
14	e7	Ludien indifférencié	2	moyenne	2	moyenne	6	moyen
15	e6b2	Sables, grès et argiles du Marinésien	1	faible	2	moyenne	4	faible
16	e6b	Marno-calcaire de Saint-Ouen	1	faible	1	faible	3	faible
17	e6aV	Argile de Villeneuve-sur-Verberie	2	moyenne	-	NS	-	moyen
18	e6aG	Argile de Saint-Gobain	3		-	NS	-	
19	e6aB	Sables d'Auvers et de Beauchamp	1	faible	1	faible	3	faible
20	e5c	Calcaire à mlioles et cérites, Marnes et Caillasses	1	faible	1	faible	3	faible
21	e4bAL	Argile de Laon	3		-	NS	-	
22	e4b	Sables de Cuise	2	moyenne	1	faible	5	faible
23	e3c-4a	Marnes et Sables de Sincery, Argiles à lignite	3		3		9	
24	e3b-c	Sables et grès du Thanétien	1	faible	1	faible	3	faible
25	c1-2	Craie mameuse	2	moyenne	2	moyenne	6	moyen
26	n6	Sable verts, Argiles du Gault et Gaize	2	moyenne	2	moyenne	6	moyen
27	n4	Argiles panachées	2	moyenne	2	moyenne	6	moyen
28	n1-4	Argiles et sables du Wealdien et du Barrémien	1	faible	1	faible	3	faible
29	j6-7	Argiles, calcaires et sables du Jurassique	2	moyenne	1	faible	5	faible

Illustration 60 – Niveau d'aléa des formations

Au total, neuf formations argileuses ont été considérées comme présentant un aléa moyen vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement, même si chacune d'elles est relativement peu étendue puisque ces neuf formations couvrent 4,44 % seulement de la superficie départementale. Les *Argiles résiduelles à silex* sont considérées en aléa moyen, du fait d'une susceptibilité moyenne et d'une sinistralité forte. Cinq autres formations ont été rattachées à cette catégorie, du fait de l'association d'une susceptibilité et d'une densité de sinistre moyennes : les *Colluvions issues des formations tertiaires*, le *Ludien indifférencié*, la *Craie mameuse*, les *Sables verts*, *Argiles du Gault et Gaize*, et les *Argiles panachées*. Enfin, les *Tourbes et dépôts tourbeux*, les *Argiles à meulière de Montmorency* et l'*Argile de Villeneuve-sur-Verberie* sont classées en aléa moyen du seul fait de leur susceptibilité moyenne, leur niveau de sinistralité n'ayant pas été jugé suffisamment significatif pour être pris en compte.

Quatorze formations, couvrant au total 71,89 % de la superficie de l'Oise, sont considérées comme présentant un aléa faible vis à vis du phénomène de retrait-gonflement. Elles résultent d'une susceptibilité faible ou moyenne, assortie d'une sinistralité variable mais généralement faible ou non significative.

Notation	Description	Surface en km <sup>2</sup>	% de la surface totale	Aléa
g1b	Marnes à huîtres, Argiles à corbules	0,85	0,01%	
g1a	Argiles vertes de Romainville et calcaires sannoisiens	1,63	0,03%	
e7b	Marnes supragypseuses	1,35	0,02%	
e6aG	Argile de Saint-Gobain	3,81	0,06%	
e4bAL	Argile de Laon	9,47	0,16%	
e3c-4a	Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite	261,21	4,43%	

Ceg	Colluvions issues des formations tertiaires	40,81	0,69%	moyen
T	Tourbes et dépôts tourbeux	24,57	0,42%	moyen
Rs	Argiles résiduelles à silex	25,22	0,43%	moyen
g1d	Argiles à meulière de Montmorency	4,65	0,08%	moyen
e7	Ludien indifférencié	14,15	0,24%	moyen
e6aV	Argile de Villeneuve-sur-Verberie	3,59	0,06%	moyen
c1-2	Craie marseuse	69,45	1,18%	moyen
n6	Sable verts, Argiles du Gault et Gaize	56,85	0,96%	moyen
n4	Argiles panachées	22,43	0,38%	moyen

<b>Total des formations en aléa moyen</b>	<b>261,72</b>	<b>4,44%</b>
---	---------------	--------------

C	Colluvions indifférenciées	214,73	3,64%	faible
B-LPs	Limons argileux à silex	943,53	15,99%	faible
LP	Limons des plateaux et de pente	1 504,56	25,50%	faible
Fz	Alluvions actuelles et récentes	399,25	6,77%	faible
Fy	Alluvions anciennes	27,87	0,47%	faible
PIII-IV	Cailloutis de Gisors et formations associées	8,94	0,15%	faible
e6b2	Sables, grès et argiles du Marinésien	8,38	0,14%	faible
e6b	Marno-calcaire de Saint-Ouen	127,44	2,16%	faible
e6aB	Sables d'Auvers et de Beauchamp	236,64	4,01%	faible
e5c	Calcaire à milioles et cérithes, Marnes et Caillasses	76,23	1,29%	faible
e4b	Sables de Cuise	284,37	4,82%	faible
e3b-c	Sables et grès du Thanétien	275,41	4,67%	faible
n1-4	Argiles et sables du Wealdien et du Barrémien	64,37	1,09%	faible
j6-7	Argiles, calcaires et sables du Jurassique	70,18	1,19%	faible

<b>Total des formations en aléa faible</b>	<b>4 241,90</b>	<b>71,89%</b>
--	-----------------	---------------

<b>Total des formations argileuses</b>	<b>4 781,95</b>	<b>81,05%</b>
--	-----------------	---------------

<b>Formation a priori non argileuse</b>	<b>1 118,28</b>	<b>18,95%</b>
---	-----------------	---------------

<b>Total département</b>	<b>5 900,23</b>	<b>100,00%</b>
--------------------------	-----------------	----------------

Illustration 61 - Classement des formations selon leur niveau d'aléa

## 8.2. CARTE D'ALÉA

La carte départementale d'aléa a été tracée à partir de la carte synthétique des formations à dominante argileuse ou marseuse, en attribuant à chacune des formations identifiées la classe d'aléa définie ci-dessus. Elle est présentée sur l'illustration 62 et en carte hors-texte à l'échelle 1/125 000 (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 et moyen).

Les zones blanches de la carte correspondent aux formations *a priori* non argileuses, et donc théoriquement dépourvues de tout aléa. Elles couvrent 18,95 % de la superficie départementale.

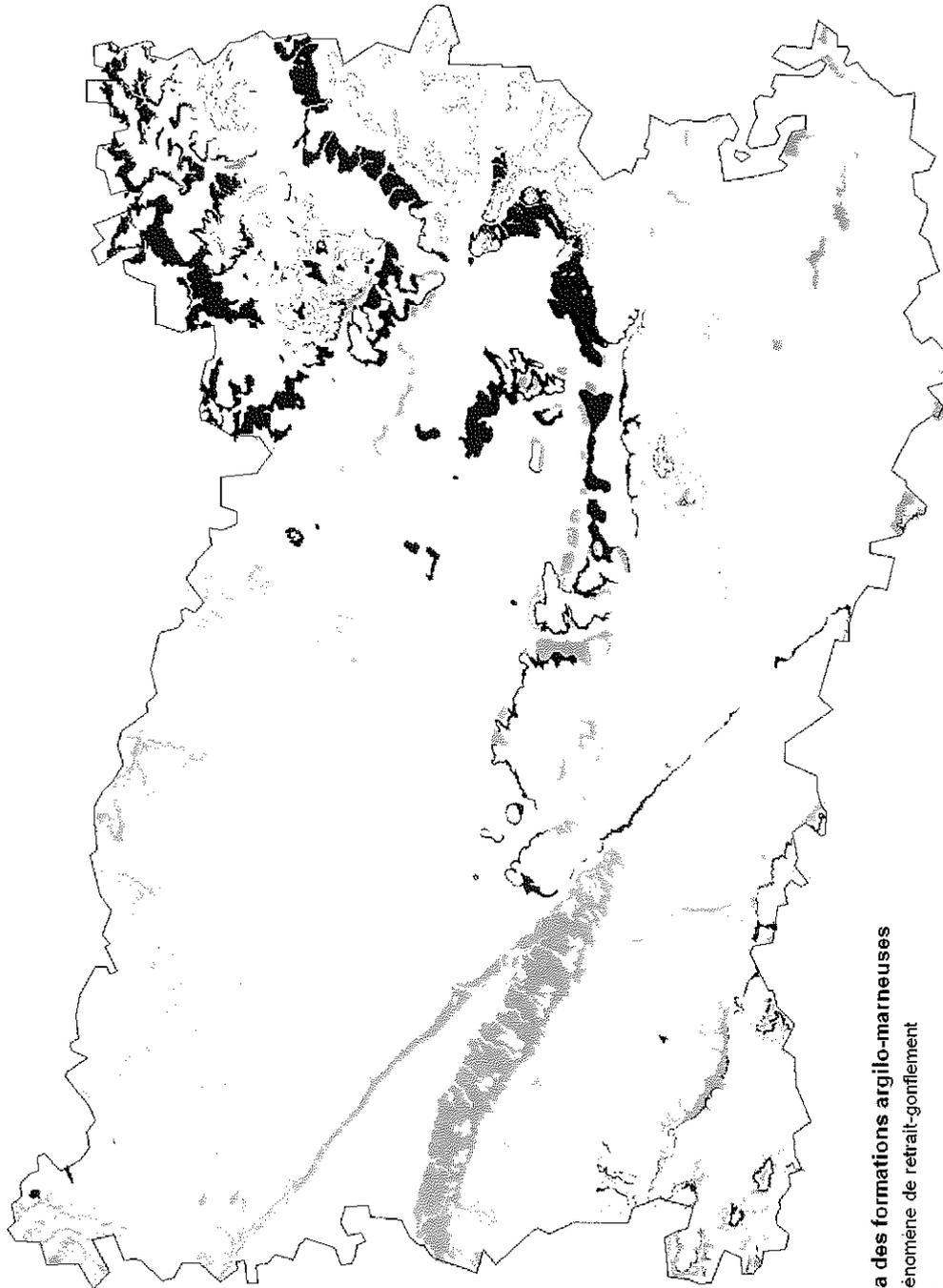
Il n'est toutefois pas exclu que, sur ces derniers secteurs considérés d'aléa *a priori* nul, se trouvent localement des zones argileuses d'extension limitée, notamment dues à l'hétérogénéité de certaines formations essentiellement sableuses ou à l'altération localisée de formations carbonatées. Ces 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 quelques sinistres.

On notera que les *Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite* constituent 93,85% de la surface d'affleurement des formations classées en aléa fort. Cette dernière concentre en outre 44,04% des sinistres recensés lors de l'étude.

Il faut également retenir que des études post-sinistres et les données de la Banque des données du Sous-Sol ont parfois été utilisées dans le cadre de cette étude. Sur certaines communes particulièrement touchées par le retrait-gonflement des sols argileux, des études de sols à grande échelle (sur tout un quartier par exemple) ont été menées dans le cadre des procédures de reconnaissance de catastrophe naturelle. Ces informations complémentaires ont permis de corriger localement les contours des formations géologiques.

Le cas de la commune de Gouvieux illustre ce phénomène : 42 sinistres ont été signalés, dont 35 imputés à la formation des *Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite*. Cette formation qui affleure sur une partie de la commune est partiellement recouverte par les alluvions récentes de la Nonette au nord-ouest. L'étude réalisée menant à la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle dans la commune a permis de mieux connaître les épaisseurs de cette couverture alluviale et d'incriminer les *Marnes et Sables de Sinceny, Argiles à lignite* dans la survenance de certains de ces sinistres. Ce type d'information local, qui a permis d'améliorer la précision des contours des formations géologiques vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux, impacte légèrement la densité de sinistre de la formation, mais n'intervient que très peu dans la caractérisation de l'aléa.

Il n'existe aucune discontinuité notable des tracés au niveau des frontières de la carte d'aléa de l'Oise avec celles déjà réalisées dans les départements limitrophes de l'Eure, du Val d'Oise, de la Seine-et-Marne et de l'Aisne.



**Niveau d'aléa des formations argilo-marneuses**  
vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement

-  Aléa fort
-  Aléa moyen
-  Aléa faible
-  Aléa a priori nul

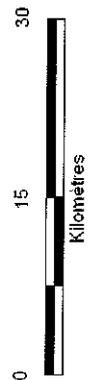


Illustration 62 - Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement de l'Oise



## 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 l'Oise. 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 et l'ensemble du territoire métropolitain devrait être couvert 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 29 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/illites) 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, 218 sinistres répartis dans 50 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 l'Oise, la méthodologie mise au point et validée 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 évaluée à 5 900 km<sup>2</sup>,

- 4,44 % a été classée en aléa fort ;
- 4,72 % a été considérée en aléa moyen ;
- 71,89 % a été caractérisée par un niveau d'aléa faible ;
- 18,95 % 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, 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 l'Oise, dont l'échelle de validité est le 1/50 000 et qui est présentée sous format papier hors texte à l'échelle 1/125 000, pourra servir de base à des actions d'information préventive dans les communes les plus touchées par le phénomène. Elle constitue également le préalable à l'élaboration de Plans de prévention des risques naturels (PPRN), en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maîtres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement, en fonction du niveau de celui-ci. Cet outil réglementaire devra insister sur l'importance d'une étude géotechnique à la parcelle comme préalable à toute construction nouvelle dans les secteurs concernés par les formations géologiques à aléa 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*

**Caous J.Y., Comon D.** (1987) – Notice de l'atlas hydrogéologique de l'Oise, *Rapport BRGM*, 84 p.

**Cavelier C.** (1974) - Étude géologique de la feuille de Creil à 1/50 000, *Mémoire*. 235 p.

**Carbonnie M.** (1975) - Contribution à l'étude sédimentologique de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène du Vexin (Bassin de Paris). *Thèse 3<sup>e</sup> cycle, université P. et M. Curie, Paris*

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

**Chassagneux D., Stieljes L., Mouroux P., avec la coll. de Ducreux G.H.** (1995) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols (sécheresse/pluie) dans la région de Manosque (Alpes de Haute Provence). Échelle communale et départementale. Approche méthodologique. *Rapport BRGM R38695*

**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. *Rapport BRGM/RP-51198-FR*, 125 p., 7 fig., 13 tabl., 2 ann., 5 pl. h.-t.

**Donsimoni M., Hatton C., Giraud F.** avec la collab. de **Vincent M.** (2004) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département du Val-d'Oise. *Rapport BRGM/RP-52598-FR*, 163 p., 8 fig., 22 tabl., 4 ann., 4 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

- Durand R.** (1979) - La pédogénèse en pays calcaire dans le nord-est de la France, *Mémoire*. 198 p.
- Duriez M., Lereculey A.** avec la collab. de **Kostecki J., Levesque J.C., et Plat E.** (2008) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Eure. Rapport BRGM/RP-56485-FR, 120 p, 26 ill., 4 ann., 3 pl. h.-t.
- Feugeur L.** (1963) - L'Yprésien du bassin de Paris. *Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France*. 568 p.
- Habib P.** (1992) – Les sécheresses de 1989 et 1990. *Revue Française de Géotechnique*, n° 58, pp. 7-30
- Jamagne M.** (1973) - Contribution à l'étude pédogénétique des formations loessiques du Nord de la France. *Dissertation originale*. 445 p.
- Lucas G.** (1963) – Sédimentologie : rapport 3<sup>ème</sup> thème ; coll. *Sur le Trias, mém. BRGM*, 15, pp. 581-593
- Mastchenko A.** (2001) – Sécheresse et sols argileux. Projet industriel Alpha Sol. *École des Mines d'Alès*, 74 p., 9 ann.
- Mégnien C.** (coord.) (1980) : Synthèse géologique du bassin de Paris, 3 vol. *Mémoire BRGM*, n°101. Editions BRGM
- Okhravi G.A.** (1965) - Étude sédimentologique du Jurassique Supérieur et du Crétacé Inférieur du Pays-de-Bray, *Thèse*. 110 p.
- Pellenard P.** (2002) – Contrôle géodynamique de la sédimentation argileuse du Callovien-Oxfordien moyen dans l'Est du bassin de Paris : influence eustatique et volcanique. *C.R.Acad. Sci. Paris*, 328, pp. 807-813
- Pomerol C.** (1963) — Présence de niveaux de sepiolite et d'attapulгите dans les formations de Ducy et de Mortefontaine à Crépy-en-Valois (Oise). *C.R. som. Soc. géol. France*, pp. 123-124
- Pomerol C., Feugeur L.** (1974), Guide Géologique Régional : Bassin de Paris (Ile de France, Pays de Bray), 2<sup>ème</sup> édition, *Masson et Compagnie, éditeurs*
- Prian J.-P., Donsimoni M., Vincent M. avec la collaboration de Denis L., Gallas J.-C., Marty F., Motteau M.** (2000) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de l'Essonne. *Rapport BRGM/RP-50376-FR*, 269 p.
- Quesnel F.** (1997) - Cartographie numérique en géologie de surface, application aux altérites à silex de l'ouest du bassin de Paris. *Thèse*. 267 p. hors annexes
- Roger J.** (2008) - Carte géologique harmonisée du département de l'Oise. *Rapport BRGM/RP-56376-FR*, 121 p., 3 fig., 3 tabl., 5 pl. h.-t.
- Sautereau J.P., Decarreau A.** (1973) - Génèse des minéraux argileux, géochimie des éléments majeurs, du chrome et du vanadium dans le Bartonien moyen du bassin de Paris. *Thèse*. 79 p.

- Sommer F.** (1969) - Étude géochimique des sédiments paléogènes du bassin de Paris à l'aide de quatre forages profonds, évolution des minéraux argileux. *Thèse*. 82 p.
- 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.** (2008) - Carte géologique harmonisée du département de l'Aisne. *Rapport BRGM/RP-56204-FR*, 153 p., 2 fig., 5 tabl., 3 pl. h.-t.
- 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 R39967*, 89 p.
- Vincent M., Bouchut J., Fleureau J.M. (LMSSMat), Masrouri F. (LAEGO), Oppenheim E. (CEBTP Solen), Heck J.V. (CSTB), Ruaux N. (CSTB), Le Roy S., Dubus I., Surdyk N.** (2006) – Étude des mécanismes de déclenchement du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux et de ses interactions avec le bâti. Rapport final. *BRGM/RP-54862-FR*. 378 p., 308 ill.
- Vincent M., 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

#### **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.
- Philipponnat G.** (1991) – Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie. *Rev. Fr. Géotech.*, 57, p. 5-22.
- Philipponnat G.** (1987) – Sols expansifs en France. Identification et recommandations pour les fondations. 6<sup>e</sup> Int. Conf. Exp. Soils, 7-10, New Delhi.

- Piantone P.** (1986) – Minéralogie et cristalochimie des phyllosilicates : application à l'étude des altérations hydrothermales. Rap. BRGM 86 DAM 019 GMX, 61 p.
- Robinet J.C., Pakzad M., Plas F.** (1994) – Un modèle rhéologique pour les argiles gonflantes. *Rev. Fr. Géotech.*, 67, p. 57-67.
- Schaeffner M.** (1989) – Introduction de la valeur de bleu de méthylène d'un sol dans la classification des sols. Recommandation pour les terrassements routiers. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, 163, p. 9-16.
- Scherer M.** (1996) – Bilan des périodes récentes de sécheresse en France. « Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse ». Journées d'étude de l'École des Ponts. Paris, 11-12/12/1996.
- Serratrice J.F., Soyez B.** (1996) – Les essais de gonflement. *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, 204, p. 65-85.
- Taibi S.** (1994) – Comportement mécanique et hydraulique des sols partiellement saturés. Thèse de doctorat, École Centrale, Paris.
- Taylor R.K., Smith T. J.** (1986) – The engineering geology of clay minerals: swelling, shrinking and mudrock breakdown. *Clays Min.*, 21, p. 235-260.
- Tessier D.** (1990) – Organisation des matériaux argileux en relation avec leur comportement hydrique. In Decarreau (Éd.) : Matériaux argileux : structure, propriétés et applications.
- Toulemont M.** (1996) – Bilan des dommages dus à la sécheresse comme catastrophe naturelle. « Le comportement des sols et des ouvrages pendant et après les périodes de sécheresse ». Journées d'étude de l'École des Ponts, Paris, 11-12 décembre 1996.
- Toulemont M., Cojean R., Faccendini J.P.** (1994) – Cartographie prévisionnelle des sols sensibles à la sécheresse : un outil d'information préventive. *Mappemonde*, 4, p. 2-4.
- Vincent M.** (2003) – Retrait-gonflement des sols argileux : méthode cartographique d'évaluation de l'aléa en vue de l'établissement de PPR. – 3<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.* p. 38-39.

#### **Cartes géologiques à 1/50 000**

**Blondeau A., Blondel La Rougery** (1970) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille Compiègne (104), Orléans : BRGM

**Blondeau A., Cavalier C.** (1970) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Clermont (103), Orléans : BRGM

**Blondeau A., Cavalier C., Pfefer D., Jovet P., Pomerol C.** (1967) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Senlis (128), Paris : BRGM

**Blondeau A., Fraisse C., Pomerol B., Pomerol C., Teste G.** (1978) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Forges-Les-Eaux (78), Orléans : BRGM

**Blondeau A., Froehlich F., Pomerol B., Pomerol C.** (1978) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille St-Just-en Chaussée (80), Orléans : BRGM

**Blondeau A., Pomerol B., Pomerol C.** (1974) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Beauvais (102), Orléans : BRGM

**Blondeau A., Pomerol B., Pomerol C.** (1976) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Montdidier (81), Orléans : BRGM

**Blondeau A., Teste G., Fraisse C., Delattre C., Mériaux E.** (1981) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Crève-Cœur-Le-Grand (79), Orléans : BRGM

**Bouttemy R., Maucorps J., Pomerol C., Solau J.-L.** (1981) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Ham (64), Orléans : BRGM

**Cavalier C.** (1967) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Creil (127), Orléans : BRGM

**Cruciani P.M., Maucorps J., Pomerol C., Solau J.L.** (1974) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Attichy (105), Orléans : BRGM

**Delattre C., Mériaux E., Monciardini C.** (1974) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Poix (61), Orléans : BRGM

**Goguel J.** (1973) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille L'Isle-Adam (153), Orléans : BRGM

**Guérin B., Pomerol C., Salin R.** (1975) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Villers-Cotterêts (129), Orléans : BRGM

**Kuntz G., Agache R., Caous J-Y.** (1982) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Monreuil (62), Orléans : BRGM

**Kuntz G., Lautridou J.P., Lefebvre D., Médioni R.** (1977) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Gournay (101), Orléans : BRGM

**Kuntz G., Wyns R., Lautridou J.P.** (1976) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Gisors (125), Orléans : BRGM

**Labourguigne J.** (1971) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Dammartin-en-Goële (154), Orléans : BRGM

**Lorenz C., Obert D.** (1977) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Meaux (155), Orléans : BRGM

**Maucorps J., Pomerol B., Pomerol C., Solau J.-L.** (1976) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Chauny (82), Orléans : BRGM

**Wyns R., Hardy R., Feugueur L., Monciardini C.** (1979) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Méru (126), Orléans : BRGM

### **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 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://maps.google.fr/> : site internet cartographique.

[www.cadastre.gouv.fr](http://www.cadastre.gouv.fr) : site internet de consultation des plans cadastraux

## **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 31 mars 2009) :

- 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

Commune	Nombre d'arrêtés
Breuil le vert	1
Cauvigny	1
Choisy-au-Bac	1
Clermont	1
Fleurines	1
Francières	2
Frocourt	1
Gouvieux	1
Lamorlaye	1
Luchy	1
Neuville-Bosc	1
Noailles	1
Noyon	2
Saint Sauveur	1
Sainte Geneviève	1
Verderel-lès-Sauqueuse	1

Nombre de sinistres recensés par commune

Commune	Nombre de sinistres	Commune	Nombre de sinistres
DOMELIERS	1	BONNEUIL-EN-VALOIS	1
MAREST-SUR-MATZ	1	BOULOGNE-LA-GRASSE	1
NOVILLERS	1	CLERMONT	11
SAINT-LEGER-AUX-BOIS	1	ENENCOURT-LEAGE	1
HODENC-L'EVEQUE	1	EVRICOURT	1
LAMORLAYE	2	FONTENAY-TORCY	3
BAILLEVAL	11	FOURNIVAL	3
BETZ	1	FRANCIERES	2
CHOISY-AU-BAC	13	FROCOURT	6
COYE-LA-FORET	4	GIRAUMONT	9
LUCHY	5	LE MEUX	1
MONCHY-SAINT-ELOI	2	REUIL-SUR-BRECHE	1
NOYON	4	SAINTE-GENEVIEVE	1
PLAILLY	6	SAINT-MARTIN-LE-NOEUD	1
SAINT-SAUVEUR	10	SAINT-PAUL	10
BREUIL-LE-VERT	14	VER-SUR-LAUNETTE	1
CAUVIGNY	3	VILLE	1
CROUY-EN-THELLE	7	VILLERS-SAINT-GENEST	3
FLEURINES	2	VILLESELVE	2
GOUVIEUX	42	WAVIGNIES	2
NOAILLES	3	CUY	1
ONS-EN-BRAY	1	FRESNOY-EN-THELLE	1
ORVILLERS-SOREL	1	MOYVILLERS	1
TRIE-CHATEAU	15	NEUVILLE-BOSC	1
VERDEREL-LES-SAUQUEUS	1	PEROY-LES-GOMBRIES	1

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

Commune	Date début	Date fin	Date arrêté	Date JO
Noailles	01-janv.-90	31-déc.-91	25-janv.-93	07-févr.-93
Choisy-au-Bac	01-juil.-93	30-juin-94	28-juil.-95	09-sept.-95
Francières	01-oct.-95	31-oct.-96	21-janv.-97	05-févr.-97
Cauvigny	01-juin-96	30-sept.-96	11-févr.-97	23-févr.-97
Lamorlaye	01-janv.-96	31-déc.-96	19-sept.-97	11-oct.-97
Luchy	01-janv.-96	31-janv.-97	19-sept.-97	11-oct.-97
Neuville-Bosc	01-janv.-95	31-déc.-97	15-juil.-98	29-juil.-98
Verderel-lès-Sauqueuse	01-janv.-95	30-avr.-97	18-sept.-98	03-oct.-98
Fleurines	01-mai-89	31-déc.-98	19-mars-99	03-avr.-99
Noyon	01-août-97	31-déc.-98	22-juin-99	14-juil.-99
Gouvieux	01-janv.-96	31-déc.-97	27-déc.-00	29-déc.-00
Noyon	01-janv.-90	31-déc.-90	27-déc.-00	29-déc.-00
Breuil le vert	01-janv.-05	01-mars-05	11-juin-08	14-juin-08
Breuil le vert	01-juil.-05	01-sept.-05	11-juin-08	14-juin-08
Breuil le vert	01-janv.-06	01-mars-06	11-juin-08	14-juin-08
Francières	01-janv.-06	01-mars-06	11-juin-08	14-juin-08
Clermont	01-juil.-05	01-sept.-05	05-déc.-08	10-déc.-08
Clermont	01-janv.-06	01-mars-06	05-déc.-08	10-déc.-08
Frocourt	01-juil.-05	01-sept.-05	05-déc.-08	10-déc.-08
Saint Sauveur	01-janv.-06	01-mars-06	05-déc.-08	10-déc.-08
Sainte Geneviève	01-juil.-05	01-sept.-05	05-déc.-08	10-déc.-08
Sainte Geneviève	01-janv.-06	01-mars-06	05-déc.-08	10-déc.-08

Liste des sinistres localisés

Commune	Date désordre	X_LIICarto	Y_LIICarto	FORMATION
BAILLEVAL	été 2003	608817,23	2482960,78	C
BAILLEVAL	été 2003	608867,86	2483378,61	e3c-4a
BAILLEVAL	été 2003	608183,21	2483856,35	e3c-4a
BAILLEVAL	été 2003	607985,58	2483711,54	Fz
BAILLEVAL	été 2003	609684,16	2483391,78	e3c-4a
BAILLEVAL	été 2003	608738,4	2482664,51	Fz
BAILLEVAL	été 2003	608988,39	2482734,97	Fz
BAILLEVAL	été 2003	609714,06	2483331,63	e3c-4a
BAILLEVAL	été 2003	608785,38	2482946,46	C
BAILLEVAL	été 2003	608603,56	2483410,23	e4b
BAILLEVAL	été 2003	608734,85	2482933,4	C
BETZ	01/09/2003	643553,39	2463261,71	e6b
BONNEUIL-EN-VALOIS	2001/2002	647451,43	2477629,38	e6aB

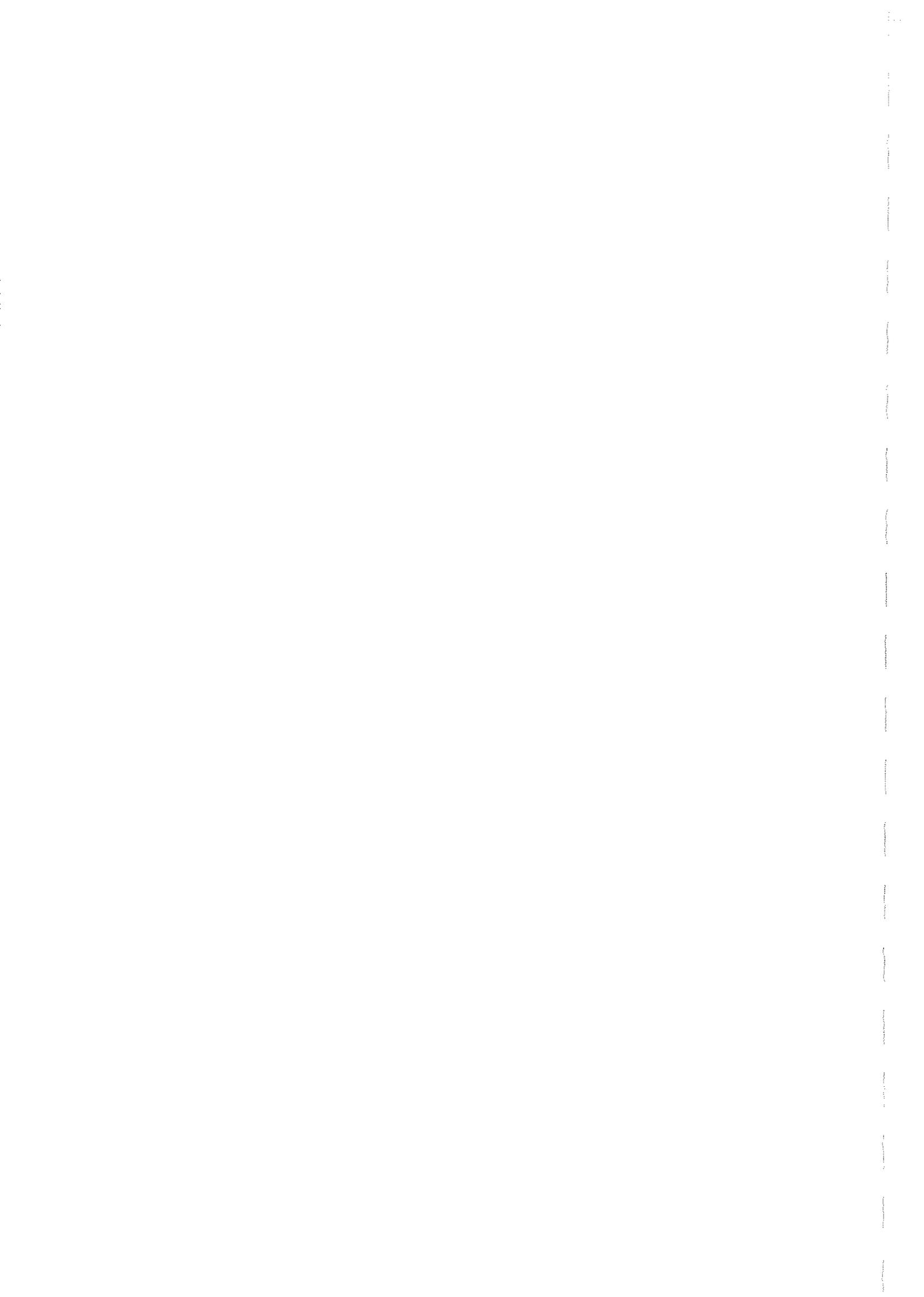
Commune	Date désordre	X LIICarto	Y LIICarto	FORMATION
BOULOGNE-LA-GRASSE		626691,12	2512832,64	e3b-c
BREUIL-LE-VERT	95	606208,41	2485667,09	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT	2000	606200,85	2485713,83	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT	2000	606206,58	2485752,56	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT	2003	605743,72	2485322,82	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT	2005	606040,8	2485827,71	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT	01/10/2003	606028,77	2485851,09	e3b-c
BREUIL-LE-VERT	01/01/2005	606164,53	2485680,95	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT	01/07/2005	606083,3	2485872,97	e3b-c
BREUIL-LE-VERT	2002 à 2005	606148,26	2485708,56	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT	2004/2005	606207,49	2485733,43	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT	2004/2005	606133,03	2485743,97	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT		606131,99	2485784,06	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT		606102,44	2485845,24	e3c-4a
BREUIL-LE-VERT		606252,4	2485664,69	e3c-4a
CAUVIGNY	1995/1996/1998-19	593071,42	2477832,62	e3c-4a
CAUVIGNY	1996 et 1999	593089,06	2477814,98	e3c-4a
CAUVIGNY	1996 et 1999	592985,26	2477746,58	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC	2003	639837,28	2494187,13	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC	été 2003	639478,91	2494146,46	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639468,95	2494351,88	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639631,63	2494172,81	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639493,92	2493760,94	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639489	2494346,84	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639508,93	2494132,71	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639577,79	2494012,53	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639500,22	2494160,32	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639604,14	2494071,42	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639308,67	2493978,73	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639510,19	2494179,11	e3c-4a
CHOISY-AU-BAC		639512,71	2494346,84	e3c-4a
CLERMONT	2000	606067,95	2485734,92	e3c-4a
CLERMONT	2003	605966,33	2485617,14	e3c-4a
CLERMONT	2005	605858,87	2485575,55	e3c-4a
CLERMONT	2005	606131,08	2485503,95	C
CLERMONT	01/09/2004	606152,5	2485534,08	C
CLERMONT	02/07/2005	605997,26	2485826,11	e3c-4a
CLERMONT	été 2003	606209,79	2485518,27	C
CLERMONT	été 2003	606013,65	2485698,71	e3c-4a
CLERMONT	été 2005	606158,23	2485591,36	C
CLERMONT	été 2005	606040,8	2485672,93	e3c-4a
CLERMONT		605975,27	2485819,81	e3b-c
COYE-LA-FORET	2003	609810,07	2459792,26	e3c-4a
COYE-LA-FORET	2003	610184,93	2460594,69	e3c-4a
COYE-LA-FORET	02/09/2003	609899,54	2459817,92	e3c-4a
COYE-LA-FORET	03/09/2003	609775,35	2459736,58	e3c-4a

Commune	Date désordre	X LIICarto	Y LIICarto	FORMATION
CROUY-EN-THELLE	2003	598895,46	2468548,19	LP
CROUY-EN-THELLE	2003	599323,71	2468007,66	B-LPs
CROUY-EN-THELLE	2003	599135,59	2468352,17	B-LPs
CROUY-EN-THELLE	2003	599046,11	2468432,71	LP
CROUY-EN-THELLE	06/02/2004	599069,25	2468519,78	LP
CROUY-EN-THELLE	07/02/2004	598974,39	2468899	LP
CROUY-EN-THELLE	01/05/2004	599034,54	2468630,34	LP
CUY		640970,24	2509729,46	LP
DOMELIERS		587599,91	2515286,33	LP
ENENCOURT-LEAGE	2003	564640,7	2477697,21	B-LPs
EVRICOURT	2003/2004	641205,56	2507887,68	C
FLEURINES	30/10/1998	619007,77	2473412,27	g1a
FLEURINES	août 1992	619090,49	2473503,92	g1a
FONTENAY-TORCY	1998	558737,5	2508277,67	n4
FONTENAY-TORCY	2000	558954,03	2508237,34	Fz
FONTENAY-TORCY	2000	558673,11	2508202,28	n1-4
FOURNIVAL	2004	603253,94	2496485,81	B-LPs
FOURNIVAL	2004	603172,49	2496369,98	B-LPs
FOURNIVAL		602580,52	2495569,96	B-LPs
FRANCIERES	01/10/2005	624691,92	2494496,69	e3c-4a
FRANCIERES	1995/1996	625028,75	2494812,21	e3c-4a
FRESNOY-EN-THELLE		594884,68	2467058,82	e3b-c
FROCOURT	01/09/2005	581706,67	2487187,52	LP
FROCOURT	01/09/2005	581630,48	2487127,02	LP
FROCOURT	01/09/2005	581702,43	2487128,51	LP
FROCOURT	01/09/2005	581577,09	2487213,52	LP
FROCOURT	01/09/2005	581590,04	2487193,24	LP
FROCOURT	01/09/2005	581601,73	2487176,17	LP
GIRAUMONT		634665,36	2496676,91	e3b-c
GIRAUMONT		635258,48	2496904,1	e3c-4a
GIRAUMONT		635152,16	2496791,93	e3c-4a
GIRAUMONT		634718,52	2496974,9	e3c-4a
GIRAUMONT		634762,74	2496774,29	e3b-c
GIRAUMONT		635040,11	2496694,67	e3b-c
GIRAUMONT		635022,35	2496909,94	e3c-4a
GIRAUMONT		635317,48	2496741,87	e3b-c
GIRAUMONT		634865,97	2497101,73	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605352,59	2465973,06	Fz
GOUVIEUX	1998	605330,71	2465876,37	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605693,54	2465968,13	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605347,67	2465843,48	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605514,13	2465888,28	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605269,87	2465963,09	Fz
GOUVIEUX	1998	605537,05	2465855,4	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605495,11	2465855,4	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605485,15	2465859,41	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605464,29	2465937,2	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605692,51	2465771,65	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605236,99	2465949,12	Fz
GOUVIEUX	1998	605460,28	2465851,5	e3c-4a

Commune	Date désordre	X LILCarto	Y LILCarto	FORMATION
GOUVIEUX	1998	605371,61	2465806,59	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605558,01	2465915,2	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605566,95	2465926,2	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605572,9	2465950,15	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605532	2465929,18	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605689,53	2465796,63	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605351,56	2465913,26	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605563,97	2465882,32	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605548,96	2465877,4	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605415,37	2465939,15	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605326,7	2465897,33	e3c-4a
GOUVIEUX	1998	605549,99	2465821,49	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	605618,62	2465882,21	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	605423,97	2465912,34	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	605926,46	2465364,71	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	605508,17	2465852,42	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	605437,94	2465942,47	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	606103,24	2465264,35	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	605673,38	2465797,31	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	606082,39	2465152,87	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	605859,55	2466658,4	e4b
GOUVIEUX	2003	605652,64	2465758,36	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	605671,55	2465753,66	e3c-4a
GOUVIEUX	2003	606080,32	2464617,38	e3b-c
GOUVIEUX	2003	605296,34	2464606,27	e3b-c
GOUVIEUX	2003	605630,19	2465954,73	e3c-4a
GOUVIEUX	1998/2003	605527,08	2465878,31	e3c-4a
GOUVIEUX		605922,34	2465136,49	e3c-4a
GOUVIEUX		605325,1	2465950,72	Fz
HODENC-L'EVEQUE		586931,86	2482413,6	LP
LAMORLAYE	2003	608332,95	2462414,94	e3c-4a
LAMORLAYE	automne 1996	608434	2462154,3	e3c-4a
LE MEUX		629637	2484604,59	e3c-4a
LUCHY	01/07/1996	583718,93	2506468,99	B-LPs
LUCHY	02/07/1996	583702,44	2506463,49	B-LPs
LUCHY	03/07/1996	584364,98	2506364,05	LP
LUCHY	04/07/1996	582628,48	2505030,71	LP
LUCHY	05/07/1996	584607,86	2506587,68	LP
MAREST-SUR-MATZ		635339,36	2501435,7	e3c-4a
MONCHY-SAINT-ELOI	2003	609087,61	2477226,22	LP
MONCHY-SAINT-ELOI	2003	609237,34	2476978,3	Fz
MOYVILLERS		622830,77	2490902,14	e3c-4a
NEUVILLE-BOSC	1995	576979,85	2466432,82	e6b2
NOAILLES	12/01/1990	589498,86	2480889,06	LP
NOAILLES	01/01/1991	589504,25	2480889,06	LP
NOAILLES	2003 ou mars 2004	589536,44	2480610,89	C
NOVILLERS		591267,1	2474943,12	B-LPs
NOYON	1990	648747,54	2510109,6	LP
NOYON	22/07/1998	647201,45	2509471,8	LP

Commune	Date désordre	X_LIICarto	Y_LIICarto	FORMATION
NOYON	08\1997	647169,6	2509460	LP
NOYON	08\1997	647197,44	2509432,16	LP
ONS-EN-BRAY	2003	569982,18	2492825,61	n4
ORVILLERS-SOREL		626641,63	2508300,12	e3c-4a
PEROY-LES-GOMBRIES		637223,77	2462747,18	e7
PLAILLY	2003	617510,38	2456418,71	LP
PLAILLY		617443,47	2456257,17	C
PLAILLY		617438,08	2456281,8	C
PLAILLY		617594,7	2456386,86	LP
PLAILLY		617257,98	2456257,17	C
PLAILLY		617248,36	2456247,54	C
REUIL-SUR-BRECHE	2003	591694,2	2502458,78	C
SAINTE-GENEVIEVE		590284,79	2475650,8	B-LPs
SAINT-LEGER-AUX-BOIS	repérage mars 1999	644623,68	2498115,99	e3c-4a
SAINT-MARTIN-LE-NOEUD	2005	580287,87	2488918,86	c1-2
SAINT-PAUL	1998	576379,28	2493035,61	n6
SAINT-PAUL	1998	576305,5	2492819,42	n6
SAINT-PAUL	2002	576416,29	2493054,97	c1-2
SAINT-PAUL	2004	576391,66	2492949,57	n6
SAINT-PAUL	2004	576398,65	2492847,49	n6
SAINT-PAUL	2004	576379,28	2493079,61	c1-2
SAINT-PAUL	2004	576224,62	2492808,88	n6
SAINT-PAUL	2004	576418,01	2492873,96	n6
SAINT-PAUL	2004	576437,37	2492907,3	n6
SAINT-PAUL	2007	576484,8	2492715,74	n6
SAINT-SAUVEUR	2006	631821,45	2480251,14	Fz
SAINT-SAUVEUR	2006	632567,4	2480215,63	e4b
SAINT-SAUVEUR	2006	632087,82	2481011,99	Fz
SAINT-SAUVEUR	2006	631803,7	2480011,35	Fz
SAINT-SAUVEUR	2006	632602,92	2480245,19	e4b
SAINT-SAUVEUR	2006	632505,19	2480271,88	e3c-4a
SAINT-SAUVEUR	2006	632437,14	2479984,66	e4b
SAINT-SAUVEUR	2006	631824,43	2479990,73	Fz
SAINT-SAUVEUR	2006	631845,17	2479978,82	Fz
SAINT-SAUVEUR	2007	632534,87	2480159,38	e4b
TRIE-CHATEAU	2003	562303,18	2477393,03	e3b-c
TRIE-CHATEAU	2003	562575,51	2477203,19	PIII-IV
TRIE-CHATEAU	2003	562385,67	2477247,99	PIII-IV
TRIE-CHATEAU	2003	562354,97	2477617,47	e3c-4a
TRIE-CHATEAU	2003	562641,04	2477136,51	PIII-IV
TRIE-CHATEAU	2003	562544	2477447,91	PIII-IV
TRIE-CHATEAU	2003	561865,54	2477695,03	B-LPs
TRIE-CHATEAU		562512,5	2477147,4	PIII-IV
TRIE-CHATEAU		562007,71	2476176,09	Rs
TRIE-CHATEAU		562033,72	2476134,85	Rs
TRIE-CHATEAU		561999,01	2476141,38	Rs
TRIE-CHATEAU		562301,69	2477273,42	e3b-c
TRIE-CHATEAU		562829,96	2477486,63	PIII-IV
TRIE-CHATEAU		562059,73	2476193,51	Rs

<b>Commune</b>	<b>Date_désordre</b>	<b>X_LilCarto</b>	<b>Y_LilCarto</b>	<b>FORMATION</b>
TRIE-CHATEAU		562083,67	2476189,15	B-LPs
VERDEREL-LES-SAUQUEUS		580468,08	2502249,93	B-LPs
VER-SUR-LAUNETTE		621947,23	2456916,27	LP
VILLE	02/10/2005	644236,56	2507042,86	e3c-4a
VILLERS-SAINT-GENEST		641705,07	2460849,15	LP
VILLERS-SAINT-GENEST		641661,77	2460680,62	LP
VILLERS-SAINT-GENEST		641630,49	2460862,32	LP
VILLESELVE	2001	656157,3	2521564,05	e3c-4a
VILLESELVE	01/07/2002	656130,38	2521647,46	e3c-4a
WAVIGNIES	2000	602231,66	2505696,92	B-LPs
WAVIGNIES	2004	601325,2	2505268,9	B-LPs



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

### **Fondasol**

Agence de Reims  
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

### **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

Agence d'Amiens  
rue André Durouchez  
80080 AMIENS

Tél : 03 22 66 32 90  
Fax : 03 22 43 54 31

### **SNCF**

Infrapôle Est européen  
Rue de Navut  
54530 PAGNY-SUR-MOSELLE

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

### **GEOTEC**

Agence de Lille  
32 place de la Gare  
59800 LILLE

Tél. 03 20 12 10 76  
Fax : 03 20 12 13 11

## **HYDRO GEOTECHNIQUE**

Direction Ile-de-France - Nord  
28/30, avenue J Anquetil - BP 90226  
95192 GOUSSAINVILLE

Tel : 01.34.38.73.63  
Fax : 01.39.88.58.23

## **MAIF**

30 rue Xavier Grall - CS 94412  
35044 Rennes cedex

Tél : 02 99 22 22 00  
Fax : 02 99 22 22 01

## **Caisse Centrale de Réassurance (CCR)**

31, rue de Courcelles  
75008 Paris - France

Tél : 01 44 35 31 00

## **Annexe 4 - Résultats d'analyses spécifiques des échantillons prélevés dans le cadre de l'étude**

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



Dénomination échantillon	Analyse minéralogique (DRX)	Analyse géotechnique (VBS)	XL2E	YL2E
e4b2_1	oui	oui	635583,51	2507752,26
e4b_1 LS	oui	oui	644144,40	2474123,60
e6aG_1	oui	oui	638664,11	2505032,54
e3-4a_2	oui	non	630278,57	2503941,52
e3-4a_1	oui	non	630278,57	2503941,52
T_2	oui	oui	615330,27	2482923,77
e6a3V_1	oui	oui	624601,87	2476491,84
B-LPs_2	oui	non	585026,03	2473450,31
j6-7_1	oui	oui	558067,51	2505298,00
j6-7_2	oui	oui	558067,51	2505298,00
j6-7_3	oui	oui	564097,31	2503161,31
c1-2	oui	oui	578025,27	2492546,52
PIII-IV_2	oui	oui	560625,69	2480088,80
g1b_2	oui	oui	559162,20	2468760,49
g1d_4	oui	oui	576388,79	2466453,90
e6b2_2	oui	oui	564540,34	2466627,93
g1-d_1	oui	oui	564592,70	2466585,65
g1b_3	oui	oui	564361,85	2466057,50

*Appellation des échantillons analysés et localisation des points de prélèvement*

Nom	Minéraux gonflants % (smectite + interstratifiés illite/smectite)	Illite %	Interstratifiés non-gonflants / vermiculite	Chlorite%	Kaolinite %	Minéraux accessoires
e4b_1	95 (95+0)	5				Quartz
e4b_2	90 (80+10)	10				Quartz
e3-4a_2	45 (10+35)	50			5	Quartz
e3-4a_1	50 (50+0)	20		10	20	Quartz
T_2	17 (15-2)	29		15	39	
e6a3V_1	62 (39+23)	23		3	12	Quartz+goethite
B-LPs_2	55 (10+45)	25			20	Quartz +goethite
j6-7_1	40 (5+35)	30		5	25	Quartz
j6-7_2	52 (8+44)	23			25	Quartz
j6-7_3	37 (1+36)	35		5	23	Quartz
c1-2	93 (93+0)	7				Quartz
PIII-IV_2	55 (10+45)	25		5	15	Quartz
g1b_2	40 (10+30)	25		10	25	Quartz
g1d_4	15 (5+10)	15	20	15	35	Quartz++
e6b_2	72 (30+42)	23			5	Quartz
g1-d_1	79 (70+9)	6		5	10	Quartz
g1b_3	75 (56+19)	10			15	Quartz
e6aG_1	80 (68+12)	15			5	

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

REFERENCES DE L'ECHANTILLON	Teneur en eau initiale				Masse échantillon humide (g)	Masse échantillon sec (g)	Volume de solution de bleu (cm <sup>3</sup> )	V.B.S.
	PTH	PTS	Ptare	w%				
	(g)	(g)	(g)					
g1b_2	92,84	88,23	65,53	20,30	37,21	30,93	65,00	2,02
e4b_2	101,31	94,77	61,17	19,50	31,99	26,77	90,00	3,32
e6a3V_1	116,07	106,71	61,24	20,60	32,45	26,91	85,00	3,16
g1-d_1	111,23	104,42	63,93	16,80	37,72	32,29	125,00	3,87
c1-2	93,08	89,72	64,40	13,30	41,95	37,03	40,00	0,63
j6-7_2	114,22	106,74	65,11	18,00	40,60	34,41	47,00	1,37
e6b_2	122,19	121,12	64,85	1,90	84,07	82,50	56,00	0,66
T_2	78,23	69,07	61,50	121,00	35,07	15,87	50,00	3,15
e6aG_1	136,20	121,45	65,12	26,20	34,25	27,14	205,00	7,55
PIII-IV_2	106,79	99,48	61,78	19,40	34,15	28,60	80,00	2,65
j6-7_1	119,16	110,57	65,11	18,90	35,65	29,98	118,00	3,94
g1d_4	116,55	109,42	64,94	16,00	35,63	30,72	16,00	0,49
e4b_1	101,73	97,89	62,00	10,70	51,35	46,39	645,00	10,80
j6-7_3	96,04	87,59	64,91	37,30	34,97	25,47	140,00	5,50
g1b_3	124,36	115,70	64,74	17,00	35,27	30,15	73,00	2,42

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

