

ÉTABLISSEMENT DE CARTES DÉPARTEMENTALES DE L'ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Marc VINCENT

BRGM, Service Aménagement et Risques Naturels, Marseille, France

RÉSUMÉ – Les sinistres occasionnés aux maisons individuelles par le phénomène de retrait-gonflement des argiles constituent en France le deuxième poste d'indemnisation au titre des catastrophes naturelles, alors que ces désordres pourraient être évités moyennant le respect de quelques règles de construction préventives. C'est dans le cadre de cette politique de prévention que le BRGM est amené à réaliser des cartes d'aléa par département, établies sur la base de considérations géologiques et géotechniques, et largement diffusées par internet.

Mots clés : argile, retrait-gonflement, aléa, cartographie, prévention, sinistres

1. Introduction

Au cours de l'été 2003, resté dans les mémoires pour son caractère caniculaire, de nombreux propriétaires de maisons individuelles ont eu la désagréable surprise de constater, à leur retour de vacances, la présence de fissures en façade de leur pavillon et de découvrir, à cette occasion, les effets du phénomène de « retrait-gonflement » des sols argileux. Pourtant, les géotechniciens connaissent depuis longtemps les propriétés gonflantes de certaines argiles, notamment les smectites, qui ont la capacité d'adsorber de grandes quantités d'eau à la surface interne de leurs feuillets, ce qui se traduit par une augmentation de leur volume. L'aptitude de ces matériaux à se rétracter sous l'effet d'une dessiccation relève des mêmes mécanismes, bien que les deux phénomènes ne présentent pas nécessairement une réversibilité totale.

2. Un mécanisme bien connu des géotechniciens

Cette propriété de retrait des sols argileux en période sèche fait en tout cas partie de l'observation commune, ne serait-ce qu'au travers de l'examen des fonds de mares qui se craquèlent en s'asséchant (fig. 1). Or, ces fentes de retrait s'accompagnent généralement d'un tassement du sol argileux affecté par cette réduction générale de volume du fait de sa dessiccation. C'est ce tassement qui est à l'origine des désordres occasionnés sur certaines maisons en période de sécheresse.



Figure 1 – Fissures de retrait à la surface d'un sol argileux

En effet, sous une construction, le sol reste relativement épargné par les variations hydriques saisonnières, tandis que sa périphérie est soumise, en période sèche, à une évaporation en

surface qui se traduit par l'apparition de pressions interstitielles négatives (phénomène de succion). Cette dessiccation du sol reste assez superficielle lorsqu'elle est causée par la seule évaporation. En revanche, les racines des arbres peuvent assécher le sol jusqu'à plusieurs mètres de profondeur, de telle sorte que l'amplitude des mouvements verticaux induits atteint, dans certains cas, plusieurs centimètres. Si ce tassement se produit de manière uniforme, une construction suffisamment rigide est capable de suivre le mouvement sans désordre. Mais dans la réalité, ce mouvement du sol varie d'un point à l'autre, d'une part en raison des hétérogénéités du sol (plus ou moins argileux, même à l'échelle d'une parcelle peu étendue), d'autre part en raison des variations spatiales d'humidité (liées à des différences d'exposition, au rayon d'influence des arbres et à l'effet de la construction elle-même qui limite localement l'évaporation).

3. Des sinistres coûteux pour la collectivité

Les tassement différentiels qui en résultent se traduisent par des défauts de portance localisés en certains points des fondations (souvent aux angles de la maison), ce qui induit des contraintes de traction dans les soubassements et les façades, allant dans certains cas jusqu'à la fissuration de ces dernières (fig. 2). Les fissures observées présentent une orientation variable mais elles traversent généralement les ouvertures en façade, ce qui se traduit souvent par une déformation des huisseries. Par ailleurs, on constate assez fréquemment des décollements entre les bâtiments principaux et les ouvrages accolés (garages, perrons, terrasses), voire des ruptures au niveau des raccords de canalisations enterrées (ce qui peut d'ailleurs être à l'origine de sinistres aggravés, du fait de l'apport localisé d'eau qui en résulte).



Figure 2 – Quelques exemples de sinistres liés au retrait-gonflement des argiles

Les principales victimes de ce phénomène sont les maisons individuelles, de plain-pied, souvent construites en dallage sur terre-plein, avec des fondations sur semelles continues ancrées peu profondément, dépourvues de joints de rupture et environnées d'arbres isolés ou en haie. En Grande-Bretagne, le mécanisme a été observé dès les années 1950 sur des casernes, bâties dans l'Argile de Londres et qui avaient été camouflées durant la guerre par des plantations de peupliers (Skempton, 1954). En France, de tels sinistres ont été reconnus lors de la sécheresse de l'année 1976 (Philipponnat, 1978), principalement sur des pavillons de la région parisienne mais aussi dans le Gers et des règles constructives préventives ont été définies par les géotechniciens dès cette époque tandis qu'était mise en évidence la corrélation entre l'occurrence de ces désordres et la présence de certaines formations géologiques particulièrement sensibles. Par ailleurs, des recommandations concernant la construction sur

sols argileux gonflants ont été proposées dès les années 1980, notamment aux Etats-Unis, mais aussi pour les pays en voie de développement (Mouroux et al., 1988).

Au cours de la période sèche des années 1989-92, des sinistres attribués au phénomène de retrait-gonflement des argiles se sont déclarés en grand nombre en France et l'ampleur du phénomène a conduit les pouvoirs publics à reconnaître l'état de catastrophe naturelle pour cette période dans plus de 3 000 communes réparties dans une cinquantaine de départements, afin de permettre l'indemnisation de ces sinistres par les assurances, dans le cadre de la loi du 13 juillet 1982. De nouvelles vagues de sinistres ont été enregistrées en particulier dans les années 1997-98, de telle sorte qu'à fin 2002, le coût cumulé des indemnisations versées par les assurances au titre de dégâts liés au retrait-gonflement des argiles et dans le seul cadre du régime des catastrophes naturelles, était évalué par la Caisse Centrale de Réassurance à 3,3 milliards d'euros, ce qui en fait la seconde cause d'indemnisation derrière les inondations.

Au cours de l'été 2003, de très nombreux sinistres se sont de nouveau déclarés à tel point que plus de 7 300 communes (soit une commune française sur cinq) ont déposé une demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour cette période. La répartition géographique de ces communes recoupe partiellement celle des 5 000 communes préalablement reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse pour des périodes antérieures à 2003, mais montre une nette progression du phénomène, en particulier dans l'Est de la France (Lorraine, Bourgogne et Franche-Comté notamment), dans des zones qui avaient été jusque-là largement épargnées par le phénomène (fig. 3).

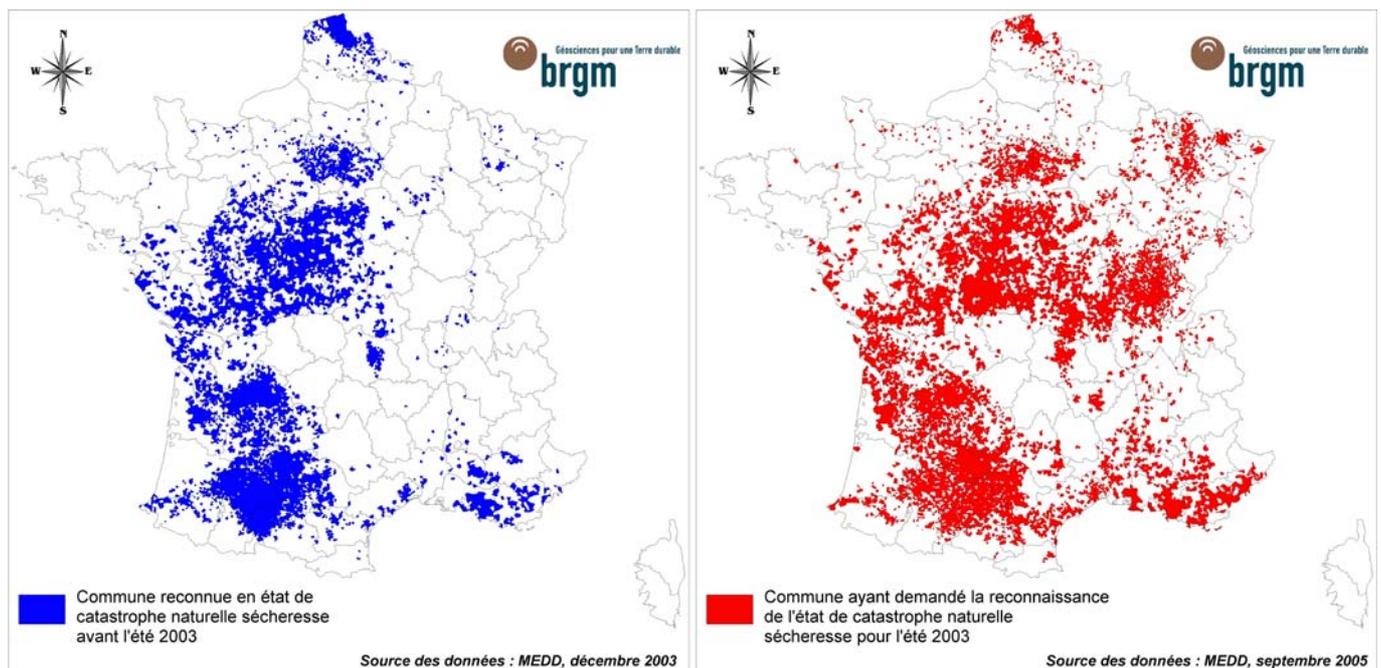


Figure 3 – Communes françaises ayant formulé une demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sécheresse pour l'été 2003

Cette carte montre que la quasi totalité du territoire métropolitain est susceptible d'être concernée par ce phénomène, même si ses manifestations sont clairement concentrées dans certains secteurs géographiques (département du Nord, région Ile-de-France, sud du Bassin Parisien, plaine de la Limagne, Gironde, région toulousaine, Bassin d'Apt, etc.), en liaison directe avec la présence à l'affleurement de quelques formations géologiques particulièrement riches en minéraux argileux gonflants.

4. Cartographier l'aléa pour développer la prévention

C'est cette corrélation étroite entre la répartition des sinistres et la nature géologique des formations superficielles qui a amené le BRGM (service géologique national), dès le milieu des années 1990 (Chassagneux et al., 1995), à élaborer des développements méthodologiques en vue de cartographier l'aléa retrait-gonflement des argiles, d'abord à l'échelle communale, puis à l'échelle départementale, laquelle s'est révélée plus adaptée pour établir de manière relativement rapide et homogène, les documents de base nécessaires à l'élaboration d'une véritable politique de prévention de ce risque naturel. Cette méthode, appliquée d'abord dans le département des Deux-Sèvres (Vincent et al., 1998), puis à celui de l'Essonne (Prian et al., 2000) est désormais formalisée (Vincent, 2003) et validée par le ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD).

A l'initiative de ce dernier, il a en effet été décidé d'utiliser directement les cartes départementales d'aléa ainsi établies comme support pour la réalisation de Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) concernant spécifiquement le phénomène de retrait-gonflement des argiles, ceci moyennant un traitement cartographique élaboré par le BRGM (Norie et Vincent, 2000). L'enjeu d'un tel programme de cartographie à des fins préventives est en effet particulièrement évident dans le cas du retrait-gonflement des argiles, dans la mesure où l'on sait parfaitement construire, y compris des maisons individuelles économiques, sur des terrains mêmes très sensibles au phénomène, moyennant le respect de quelques règles relativement simples et peu contraignantes, bien connues des professionnels de la construction. Ces mesures préventives concernent à la fois le mode de construction lui-même (approfondissement et homogénéisation des profondeurs de fondation, chaînages, joints de rupture entre bâtiments accolés, etc.) et l'environnement immédiat de la maison (trottoir périphérique anti-évaporation, maîtrise des eaux de ruissellement, raccords souples au niveau des canalisations enterrées, éloignement des arbres, etc.).

L'outil du PPR, qui permet d'imposer de telles règles constructives dans les zones où l'on est susceptibles de rencontrer des sols argileux sujets au retrait-gonflement, paraît particulièrement bien adapté pour attirer l'attention des maîtres d'ouvrages et des constructeurs de maisons individuelles sur ce risque et les inciter à prendre en compte la nature du sol dès la conception du projet. L'enjeu est de taille puisqu'il se construit actuellement de l'ordre de 200 000 maisons individuelles par an en France, souvent en environnement péri-urbain sur des terrains jusqu'à présent exploités à d'autres fins et qui se révèlent fréquemment riches en argiles.

Cette procédure d'élaboration de PPR dans les communes les plus touchées par le phénomène se met en place progressivement. En juin 2005, de tels PPR étaient prescrits dans plus de 1 300 communes françaises et approuvés dans 221 d'entre elles, dans les départements de Tarn-et-Garonne, du Gers et de Dordogne. De nombreuses enquêtes publiques ont déjà eu lieu, mettant en évidence d'une part la nécessité d'améliorer sur quelques points le texte du règlement type proposé, et d'autre part le besoin d'un accompagnement sous forme d'information diffusée le plus largement possible, tant vers les professionnels de la construction que vers les élus et le grand public, pour favoriser l'appropriation de ces mesures préventives par tout un chacun.

Le BRGM participe à cet effort d'information, aux côtés de nombreux autres acteurs, dont l'Agence Qualité Construction (AQC), mais aussi les Directions Départementales de l'Équipement (DDE) de plusieurs départements qui, en parallèle de l'action réglementaire portant sur l'établissement de PPR, ont d'ores et déjà pris l'initiative d'élaborer des plaquettes d'information sur la prévention de ce risque, destinées à être largement diffusées aux pétitionnaires de permis de construire dans les zones concernées par le phénomène de retrait-gonflement.

Pour faciliter ce travail d'information et cibler les zones les plus concernées, l'élaboration et la mise à disposition des cartes départementales d'aléa retrait-gonflement constitue un préalable indispensable. C'est la tâche à laquelle s'est attelé le BRGM, dans le cadre d'un programme pluriannuel cofinancé par le Fonds national des risques naturels majeurs et par sa propre dotation de service public, programme qui concerne actuellement 44 départements, les plus touchés par le phénomène, mais qui devrait s'étendre progressivement à l'ensemble de la France métropolitaine, pour permettre une véritable prévention de ce risque.

5. Des cartes d'aléa établies sur la base de critères géologiques

La donnée de base utilisée pour établir ces cartes d'aléa est celle des cartes géologiques éditées par le BRGM à l'échelle 1/50 000 (fig. 4). Leur analyse permet d'identifier les formations argileuses (au sens large), affleurantes ou sub-affleurantes et d'en établir une cartographie homogène à l'échelle départementale. Cette phase nécessite en réalité un important travail de numérisation et surtout d'harmonisation des cartes actuellement disponibles, les formations les plus superficielles ayant souvent été diversement interprétées d'une feuille à l'autre. Des regroupements de formations sont aussi opérés afin d'obtenir un document synthétique exploitable à l'échelle départementale, et des compléments ou des précisions sont apportés ponctuellement pour actualiser la connaissance en intégrant notamment les informations de la Banque des données du Sous-Sol (BSS), gérée par le BRGM.

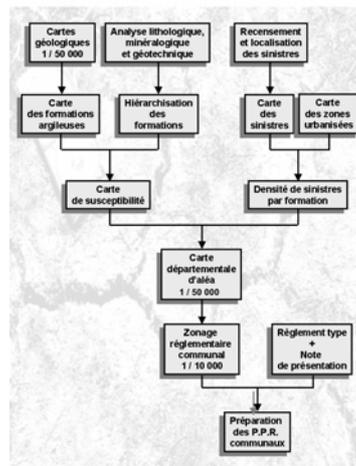


Figure 4 – Principe méthodologique utilisé pour l'établissement des cartes d'aléa retrait-gonflement

Les formations argileuses ainsi identifiées font ensuite l'objet d'une hiérarchisation en fonction de leur susceptibilité vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Celle-ci est évaluée sur la base de trois critères qui se recoupent plus ou moins : la nature lithologique de la formation (caractérisée par l'importance et la disposition des termes argileux en son sein), la composition minéralogique de sa phase argileuse (estimée à partir de critères paléogéographiques et d'essais de diffractométrie aux rayons X) et enfin son comportement géotechnique (évalué par quelques essais de laboratoire). La combinaison de ces différentes observations permet d'établir une carte de susceptibilité au retrait-gonflement.

La carte d'aléa est réalisée à partir de cette carte de susceptibilité en intégrant de surcroît les sinistres enregistrés depuis 1989. Ceci nécessite de recenser le plus grand nombre possible de sinistres survenus dans le département et de les localiser avec précision, afin d'obtenir une représentation statistique réaliste des probabilités d'occurrence du phénomène. Le nombre de sinistres ainsi pris en compte atteint généralement plusieurs milliers par département. Le croisement avec la carte géologique permet de calculer, pour chacune des formations

argileuses identifiées, une densité de sinistres qui est ramenée, pour faciliter les comparaisons, à 100 km² de surface d'affleurement réellement urbanisée. Il est en effet nécessaire de tenir compte du taux d'urbanisation qui peut présenter des disparités importantes d'un point à l'autre du département et fausser ainsi l'analyse (les sinistres étant évidemment plus nombreux dans les zones fortement urbanisées).

La carte départementale d'aléa dérive in fine de la carte des formations argileuses, après hiérarchisation de ces dernières en fonction de leur niveau de susceptibilité et de la sinistralité qui y a été constatée (fig. 5). L'échelle de validité de ces cartes est celle de la donnée de base utilisée, sachant que les cartes géologiques sont levées à l'échelle du 1/25 000 puis restituées au 1/50 000. Ces cartes d'aléa ne permettent donc pas de déterminer avec certitude la présence d'argile gonflante à l'échelle d'une parcelle, surtout si celle-ci est peu étendue. Elles suffisent néanmoins à circonscrire les zones potentiellement sujettes au phénomène de retrait-gonflement et où il convient de prendre des précautions particulières avant de construire.

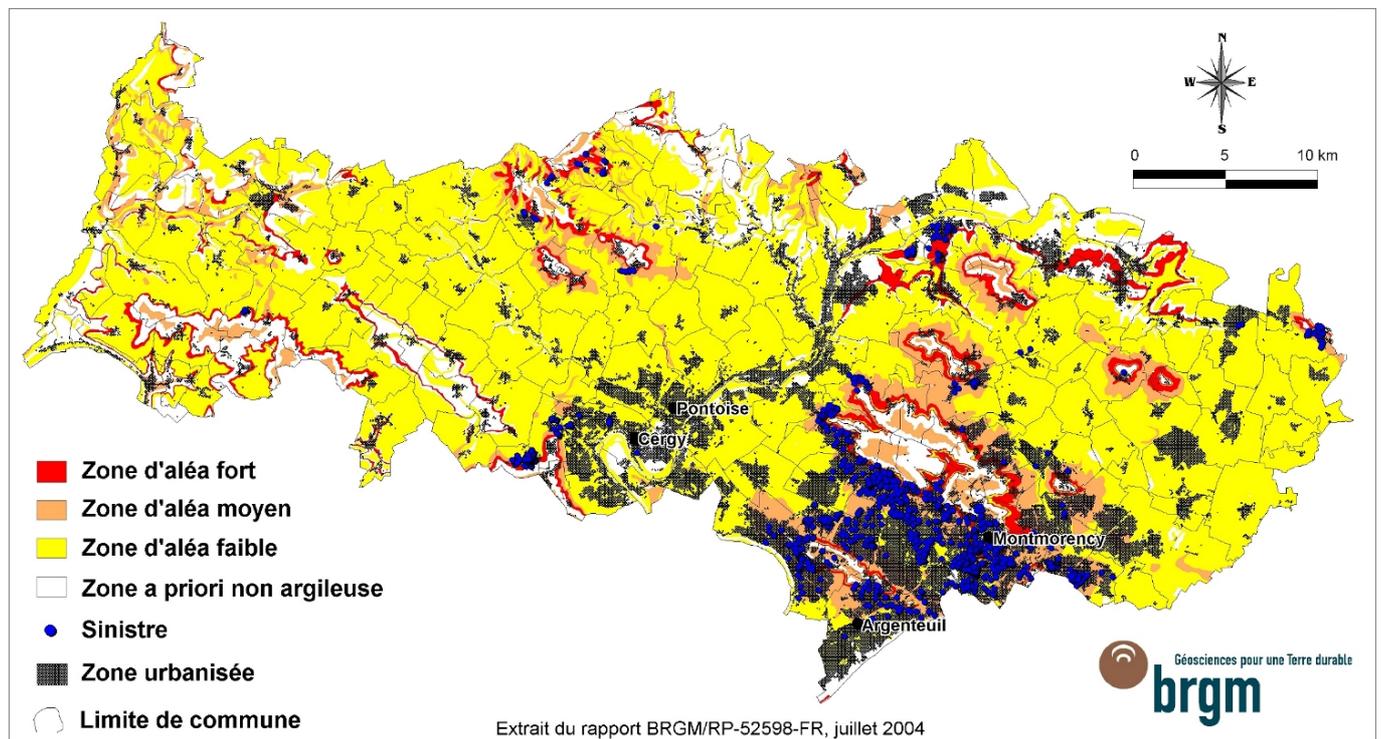


Figure 5 – Exemple de carte d'aléa retrait-gonflement (département du Val-d'Oise)

L'intérêt d'une telle approche réside principalement dans le fait que, d'un département à l'autre, les cartes d'aléa sont établies par un opérateur unique, selon la même méthodologie et avec les mêmes critères, ce qui est en principe garant d'une certaine homogénéité des résultats et permet d'établir des comparaisons entre zones géographiques différentes. Des divergences apparaissent néanmoins parfois en limite de cartes départementales, mais elles s'expliquent par des modifications de faciès de certaines formations argileuses dont les caractéristiques lithologiques sont susceptibles d'évoluer graduellement à l'échelle régionale. Ainsi, les alluvions tributaires de la molasse ont été classées en aléa faible en Haute-Garonne et dans le Tarn-et-Garonne, alors qu'elles sont considérées globalement en aléa moyen dans le département voisin du Gers, situé plus à l'ouest et dans un environnement paléogéographique légèrement différent.

Les niveaux de sinistralité apparaissent également assez différents d'un département à l'autre, ce qui peut expliquer certains écarts, encore que la note de sinistralité intervienne de manière relativement marginale dans l'établissement de la carte d'aléa (avec un taux de pondération deux fois moindre que la susceptibilité, car la sinistralité est nécessairement influencée par

certaines facteurs humains, même si globalement ces deux critères sont assez étroitement corrélés). Ainsi, sur 31 départements pour lesquels le BRGM dispose de données à fin mars 2006, le nombre de sinistres recueillis et localisés avec précision par département varie entre 536 (Eure-et-Loir) et 5 249 (Haute-Garonne), avec un nombre moyen de 2 105 sinistres par département étudié (pour un total de 65 262 sinistres localisés).

La densité de sinistres rapportée à 100 km² de zone argileuse urbanisée varie très fortement, entre 205 (Eure-et-Loir) et 3 354 (Tarn), avec une valeur moyenne de 1 143. Au passage, ce critère met en évidence la sinistralité particulièrement élevée de certains départements qui n'apparaissent pourtant pas comme tels lorsqu'on utilise d'autres critères plus globalisants. Ainsi, le département des Alpes-de-Haute-Provence, faiblement urbanisé, dans lequel ont été recensés 1 279 maisons sinistrées, présente une densité de 2 926 sinistres pour 100 km² de zone argileuse urbanisée, alors qu'il n'apparaît qu'à la vingtième position en terme de coût cumulé d'indemnisation, loin derrière les Yvelines ou la Haute-Garonne dont les densités de sinistres sont pourtant moindres (respectivement 2 542 et 1 586).

6. Une large diffusion sur internet

La démarche mise en œuvre pour ce programme de cartographie présente par ailleurs l'avantage d'aboutir à des documents établis sous forme numérique qui peuvent facilement être diffusés auprès du grand public et des professionnels de la construction. Pour cela, un site internet, accessible depuis novembre 2004 à l'adresse www.argiles.fr, a été élaboré par le BRGM, afin d'afficher (par département et par commune) les cartes d'aléa au fur et à mesure de leur parution. La consultation de ces cartes et des rapports qui les accompagnent est libre et gratuite, ainsi que leur téléchargement (fig. 6). Début mars 2006, les cartes départementales d'aléa y sont disponibles pour vingt-sept départements. La fréquentation importante de ce site (environ 20 000 visiteurs par mois depuis début 2006 et 100 000 durant la première année de mise en service) confirme la forte attente du public vis-à-vis de ce type d'information préventive et donne l'espoir que ce phénomène naturel sera davantage pris en compte pour les futures constructions de maisons individuelles.

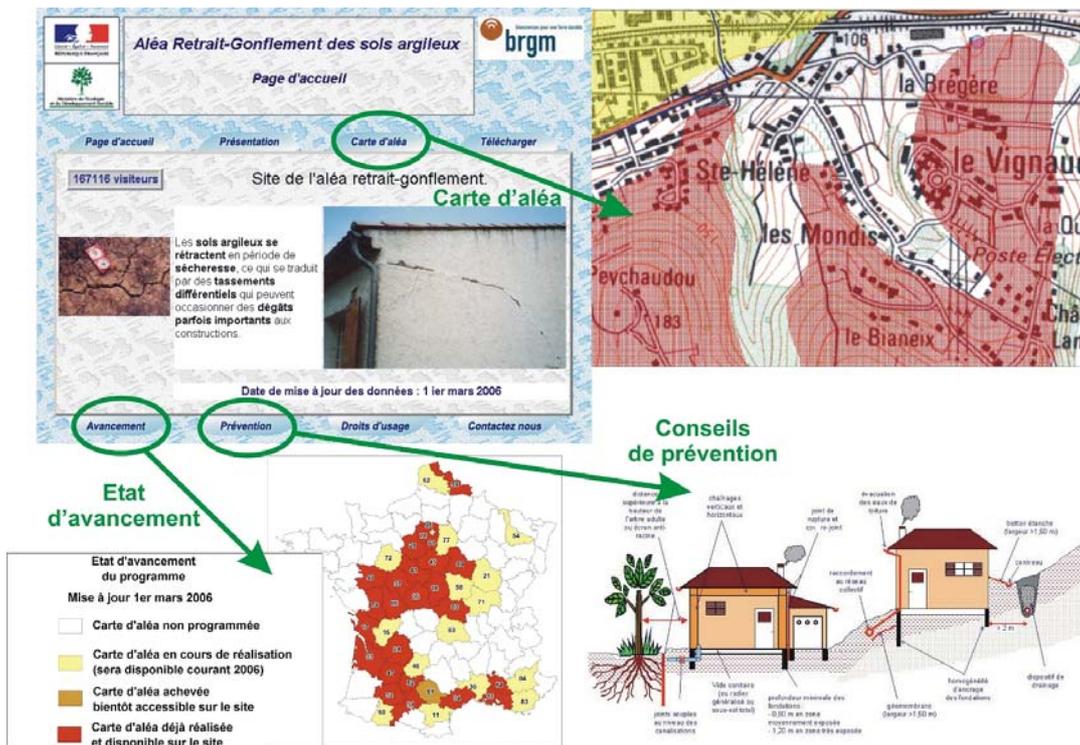


Figure 6 – Extraints du site internet www.argiles.fr

7. Conclusions

Ces cartes départementales d'aléa, en cours de réalisation mais qui sont d'ores et déjà disponibles sur une trentaine de départements, les plus touchés par le phénomène, devraient à terme couvrir la totalité du territoire métropolitain. Du fait de leur large diffusion sur internet, et sous réserve que se poursuive l'effort d'information et de réglementation préventive fourni sur cette thématique par les pouvoirs publics, jusqu'à présent plutôt bien accueilli voire relayé par les professionnels de la construction, ces cartes devraient contribuer à généraliser la réalisation, par les bureaux d'études géotechniques, d'études de sols avant construction, y compris pour de simples maisons individuelles, ce qui devrait avoir un effet bénéfique sur la qualité des futures constructions et leur pérennité.

8. Références bibliographiques

- Chassagneux D., Stieljes L., Mouroux P., avec la coll. de Ducreux G.H. (1995) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols (sécheresse/pluie) dans la région de Manosque (Alpes de Haute Provence). Échelle communale et départementale. Approche méthodologique. *Rapport BRGM R 38695*.
- Donsimoni M., Hatton C., Giraud F, avec la coll. 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.
- Mouroux P., Margron P. et Pinte J.C. (1988) – La construction économique sur sols gonflants. Edit. BRGM, *Manuels et Méthodes n° 14*.
- Norie A. et Vincent M. (2000) - Etablissement de plan 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 pages, 4 figures, 4 annexes.
- Philiponnat G. (1978) – Désordres dus à la présence de sols gonflants dans la région parisienne. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, n° 364, p. 1-15.
- 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 n° RP-50376-FR*, 269 p., 32 fig., 11 tabl., 6 ann., 3 cartes hors-texte.
- Skempton A.W. (1954) – A foundation failure due to clay shrinkage caused by poplar trees. *Proc. Instn. Civ. Engrs. Part I*, 3, Jan., pp. 66-83.
- Vincent M., Le Nindre Y.M., Meisina C., Chassignol A.L. (1998) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Deux-Sèvres. *Rapport BRGM n° R 39967*, 89 p., 14 fig., 13 tab., 6 ann., 2 cartes hors-texte.
- Vincent M. (2003) – Retrait-gonflement des sols argileux : méthode cartographique d'évaluation de l'aléa en vue de l'établissement de PPR – 3^{ème} Conférence SIRNAT – Forum des Journées pour la Prévention des Risques Naturels, Orléans, janv. 2003. Actes du Colloque, 7 p., 5 fig.