Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE LA HAUTE-GARONNE

Direction Départementale des Territoires

Service Risques et Gestion

Ref. : 2010.DDT.31

ARRETE PREFECTORAL

portant approbation du
Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de mouvements différentiels de terrain consécutifs au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux pour la commune de TOULOUSE.

LE PREFET DE LA REGION MIDI-PYRENEES,
PREFET DE LA HAUTE-GARONNE,
OFFICIER DE LA LEGION D'HONNEUR,
OFFICIER DE L'ORDRE NATIONAL DU MERITE,

Vu le code général des collectivités territoriales,

Vu le code de l'urbanisme,

Vu le code de l'environnement,

Vu la loi n° 2004-811 du 13 août 2004, relative à la modernisation de la sécurité civile,

Vu la loi n° 95-101 du 2 février 1995 modifiée relative au renforcement de la protection de l'environnement,

Vu le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles ; modifié par décret n°2005-3 du 4 janvier 2005,

Vu l'arrêté préfectoral en date du 02 février 2004 prescrivant l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de mouvements différentiels de terrain consécutifs au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux pour la commune de TOULOUSE,

Vu l'arrêté préfectoral en date du 3 décembre 2009, prescrivant l'ouverture d'une enquête publique 4 janvier 2010 au 5 février 2010 sur le projet de Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de mouvements différentiels de terrain consécutifs au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux pour la commune de TOULOUSE,

Vu l'avis Favorable du conseil municipal de la commune de TOULOUSE en date du 25 septembre 2009,

Vu les rapports et conclusions de la Commission d'Enquête en date 9 avril 2010,

Vu les modifications apportées au dossier pour faire droit aux observations de la Commission d'Enquête,

Sur proposition du Directeur Départemental des Territoires de la Haute-Garonne,

.../...

ARRETE

Article 1er :

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de mouvements différentiels de terrains consécutifs au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux pour la commune de TOULOUSE annexé au présent arrêté, est approuvé.

Article 2 :

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles, visé à l'article 1er, vaut servitude d'utilité publique et sera, à ce titre, annexé au document d'urbanisme de la commune de TOULOUSE en application des dispositions de l'article L 126 – 1 du code de l'urbanisme.

Article 3 :

Le présent arrêté fera l'objet d'une mention, à la diligence du préfet et à ses frais, en caractères apparents, dans un journal diffusé dans le département.

Cet arrêté sera, en outre, publié au recueil des actes administratifs de la Préfecture de la Haute-Garonne.

Une copie du présent arrêté sera publiée par voie d'affichage en mairie de TOULOUSE à la diligence du maire, pendant un mois au minimum.

Article 4 :

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles, visé à l'article 1er, est tenu à la disposition du public, tous les jours ouvrables et aux heures habituelles d'ouverture des bureaux :

1 – à la mairie de TOULOUSE,

2 – à la Préfecture de la Haute – Garonne.

Article 5 :

La présente décision peut faire l'objet, dans le délai de deux mois à compter de sa notification, soit d'un recours gracieux auprès du Préfet de la Haute-Garonne, soit d'un recours hiérarchique auprès du Ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.

Il peut faire également l'objet d'un recours contentieux auprès du Tribunal administratif de Toulouse soit :

1 - directement, en l'absence de recours préalable, dans le délai de deux mois à compter de la plus tardive des mesures de publicité prévues à l'article 3,

2 - à l'issue d'un recours préalable, dans les deux mois à compter de la date de notification de la réponse obtenue de l'administration, ou au terme d'un silence gardé par celle-ci pendant deux mois à compter de la réception de la demande.

.../...

Article 6 :

Le Secrétaire Général de la Préfecture, le maire de la commune de TOULOUSE, le Directeur Départemental des Territoires sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au recueil des actes administratifs de l'État dans le département.

Fait à Toulouse le 25 OCT. 2010

Pour le Préfet
et par délégation,
Le Secrétaire Général,

Françoise SOULIMAN

--- ANNEXE ---

Éléments de réponse aux questions formulées depuis le Comité de pilotage du 27/11/2008

1. Question sur le contrôle des servitudes d'abord par rapport aux mesures sur la végétation, responsabilité du maire dans l'exercice de ce contrôle :

Tout d'abord, il convient de noter que les obligations prévues par le PPRS dépassent le cadre de ce est contrôlé dans le cadre du permis de construire. On ne peut également contrôler que les éléments apparaissant au permis de construire qui nécessitent donc une demande d'autorisation ou qui figurent sur les plans fournis. Il est à noter que les nouvelles plantations d'arbres ne nécessitent pas d'autorisation.

Toutefois, le non respect d'une règle de fond (c'est-à-dire non soumise à déclaration ou demande d'autorisation) d'une servitude d'utilité publique peut générer des poursuites devant le tribunal correctionnel au même titre qu'une règle de fond quelconque d'un document d'urbanisme en vigueur. Il s'agit ici d'une infraction au PPRS et donc au titre du code de l'environnement.

Concernant les prescriptions sur la végétation, il est utile de rappeler qu'elles entrent dans le cadre de l'application d'un forfait de **mesures géotechniques** (sans la réalisation d'une étude géotechnique et pour les constructions individuelles). Il s'agit bien ici d'une règle de fond liée au risque géotechnique. Le maire peut donc être interpellé par un citoyen en vue de faire respecter les prescriptions du PPR Sécheresse afin d'éviter un risque géotechnique (police de l'environnement liée au PPR mais a priori pas la police générale de sécurité publique du maire qui recouvre des risques imminents).

2. **Demande d'explicitation de la couverture CATNAT par rapport au régime d'indemnisation CATNAT**

En complément du paragraphe 1.2 du règlement de PPR, on peut préciser que l'indemnisation en elle-même dépend d'une expertise réalisée par l'assurance. Cette expertise porte sur la qualification de l'origine du sinistre. L'objectif est de savoir savoir si l'agent qui est la cause du sinistre est bien le caractère exceptionnel de la sécheresse et non un défaut de la construction mis en évidence par la sécheresse. Le non respect d'une recommandation du PPR ne peut pas être invoquée comme seul argument pour refuser une indemnisation. Une recommandation n'est pas une mesure « normale » de précaution. En revanche, il est possible que l'assurance au terme de son expertise demande que les recommandations du PPR soient mises en oeuvre en vue d'éviter ou de réduire les désordres.

En cas d'infraction constatée aux prescriptions du PPR « Sécheresse », notamment dans le cas d'une construction neuve non conforme au PPR « sécheresse », l'assureur pourra ne pas reconduire la couverture CATNAT dans le contrat d'assurance. Dans ce cas, l'assuré devra se retourner auprès du Bureau Central de Tarification pour obtenir une couverture CATNAT, mais vraisemblablement avec une franchise majorée.

3. **Question sur la mise en place d'un écran anti-racine :**

- Qui a obligation de réaliser l'écran anti-racinaire?
- Pour les arbres trentenaires ou séculaires, que deviennent les dispositions des articles 671, 672 et 673 du code civil?

Pour les constructions nouvelles, la mise en place d'un écran anti-racinaire, si elle est nécessaire, incombe au nouvel arrivant qui doit se prémunir des risques auxquels le terrain est exposé. Il s'agit là de l'application du principe d'adaptation de la construction au sol existant.

.../...

Pour les arbres existants, le PPRS ne propose lors de la construction que des recommandations, aussi la question de la prescription trentenaire ne se poserait pas à priori pour des arbres anciens.

Dans le cas d'une plantation nouvelle, la mise en place d'un écran anti-racinaire, si elle est jugée nécessaire, est à la charge du propriétaire des arbres qui pourraient générer un risque supplémentaire par rapport à l'existant.

Enfin, la prescription trentenaire du code civil ne s'applique pas au PPRS. D'une part, il s'agit de réglementation disjointe (code civil et code de l'environnement). D'autre par, la prescription trentenaire ne concerne que les distances par rapport à la limite de clôture.

4. Comment contrôler que le pétitionnaire a bien respecté les prescriptions/ recommandations liées au PPRS ?

Les recommandations ne sont pas soumises, par nature, à examen lors de l'instruction du permis de construire.

En vertu de l'article R431-16 du code de l'urbanisme, le pétitionnaire doit fournir une attestation comme quoi il a réalisé une étude géotechnique ou pris en compte les mesures forfaitaires géotechniques proposées par le PPRS. **Il est nécessaire que le pétitionnaire précise s'il a réalisé l'étude ou appliqué le forfait de mesures géotechniques** (qui est le résultat d'une étude géotechnique en soi) prévu par le PPRS. Dans le cas de de la réalisation d'une étude, le pétitionnaire doit fournir une attestation établie par l'architecte ou par un expert agréé (ex : bureaux d'études géotechniques et structures) certifiant la réalisation de cette étude et constatant que le projet prend en compte ces conditions au stade de la conception. Dans le cas de la mise en oeuvre du forfait de mesures géotechniques, l'architecte ou le pétitionnaire doit établir l'attestation. Le forfait de mesures géotechniques vaut réalisation d'une étude géotechnique par des experts agréés au sens du PPRS selon l'analyse de la DDEA.

En vertu de l'article R462-7 du code de l'urbanisme, il semble que le dossier de PPRS échappe à l'obligation de récolement des PPRN. En effet, le récolement n'est pas obligatoire dans le cas d'étude géotechnique permettant de déterminer l'aptitude du sol à recevoir la construction. Selon l'analyse de la DDEA, le forfait de mesures géotechniques étant le résultat d'une étude globale géotechnique, il ne nécessite pas a priori de récolement au même titre que la réalisation de l'étude géotechnique à la parcelle.

Pour le contrôle des distances par rapport aux plantations, se référer à la réponse N°3.

. Remarque sur les distances de rejet des eaux pluviales et usées :

Les eaux de ruissellement de la plate-forme anti-évaporation peuvent être infiltrées à une distance de 1,50m notamment parce que le volume drainé est nettement plus faible que ceux relatifs aux eaux usées et pluviales.

L'infiltration des eaux de ruissellement de la plate-forme anti-évaporation à une distance de 1,50m n'est pas susceptible de générer des désordres géotechniques d'après les dernières connaissances.

Ceci n'est pas le cas des eaux pluviales ou usées qui correspondent à des volumes nettement plus importants d'où la différence dans le règlement du PPRS dans les distances d'éloignement à respecter.

Cette disposition a été validée au niveau national. Il ne nous apparaît donc pas pertinent d'augmenter cette exigence réglementaire qui ne serait pas justifiée sur le plan technique.

Questions	*Réponses*	
1. Projets neufs / Extensions		
Existe-t-il des consignes par rapport à une **déclaration préalable pour les piscines**? (prescriptions?) Et pour les **piscines soumises à dépôt de PC**?	On peut considérer que les piscines ne sont pas à proprement parlé des constructions individuelles, donc pas de prescriptions particulières pour ces DP. Ce qui n'empêche pas d'attirer l'attention du maître d'ouvrage sur le fait que son terrain se situe éventuellement en terrain argileux et qu'il lui est conseillé de prendre en considération le risque éventuel de retrait-gonflement lors de la conception et de la réalisation de son projet même si le PPR ne lui impose rien de manière réglementaire. En effet, il existe des cas de désordres sur des piscines du fait du tassement différentiel de terrains argileux et il semble important de le signaler au moment du projet. -pour le cas de piscines (avec PC) recouverte, dont la structure de couverture reste légère, comme par exemple les "bulles amovibles", avec fixations "superficielles" : on peut considérer que ces piscines de la même manière que les piscines avec simple DP : pas de prescriptions particulières.	
La complétude des dossiers de permis de construire relatifs à l'**activité "commerciale** pure" passe-t-elle obligatoirement par la réalisation de l'étude géotechnique figurant en titre III (page n°7). Dans ce cas de figure précis, il n'existerait pas d'alternative possible, seule l'étude est prescrite. Avons nous bien compris?	Cela revient à se poser la question "qu'est-ce qu'une construction individuelle au sens du PPRS?" La réponse que l'on peut fournir : une construction individuelle est d'abord une maison individuelle, donc à priori on prescrit une étude géotechnique pour de l'activité. Le forfait de mesures lui, a été défini pour une maison type à la base. Mais si le pétitionnaire s'engage à respecter le forfait de mesures pour un	

Questions	*Réponses*	
Que se passe t-il dès lors que nous nous devons d'instruire un **permis de construire mixte** soit activité avec logement de fonction? Doit-on dissocier la partie activité de la partie logement en considérant que le pétitionnaire aura pour obligation de réaliser pour la partie activité une étude géotechnique et pour la partie habitation seul un engagement suffira?	bâtiment individuel d'activité, qui dans sa construction est proche d'une maison individuelle, on pourrait éventuellement l'accepter. Pour une construction mixte, ce n'est plus une construction individuelle donc il vaut mieux imposer l'étude géotechnique.	
Autre cas, pour les **permis d'aménager à usage d'activités ou habitation** du reste, peut-on imaginer que les lotisseurs effectuent des études géotechniques pour chaque lot, et de ce fait, permettre au pétitionnaire de s'exonérer d'une telle étude?	Concernant cette dernière question, on peut répondre oui et non, car le pétitionnaire doit attester de la réalisation de l'étude au moment du permis de construire. Donc si le lotisseur a fait l'étude géotechnique définissant toutes les mesures constructives à prendre conformes au PPRS, le pétitionnaire n'a pas à refaire l'étude s'il s'engage à la respecter, mais il doit, comme dit précédemment, en attester.	
Projet de lotissement : faut-il une attestation disant que le lotisseur a réalisé une étude G12 ou doit on mettre une prescription dans l'arrêté de lotir ou est ce que ce seront les permis pour les maisons qui seront concernés.	Les opérations de lotissements qui ont pour objet uniquement d'aménager des terrains en vue de la construction ne sont pas concernées par les dispositions du PPRS. Les modalités du PPRS seront appliquées lors du dépôt des permis de construire sur les lots. Par contre, le permis groupé qui permet la réalisation de construction sur un terrain relève bien du règlement de PPRS.	

Questions	*Réponses*	
La **surélévation partielle ou non** d'une construction doit-elle être considérée comme une extension (verticale)? Est-elle soumise aux prescriptions du PPRS?	Les surélévations partielles ou non de construction individuelles, dans la mesure où leur ampleur justifie le dépôt d'une demande de permis de construire, sont considérées comme des extensions et par conséquent soumises aux mêmes prescriptions que des constructions neuves lorsqu'elles se situeront en zone réglementées par un PPRS. Ceci peut notamment s'expliquer par le fait qu'une extension (qu'elle soit verticale ou latérale) augmente nécessairement la vulnérabilité de la construction, ne serait-ce que parce qu'elle en augmente la valeur, mais aussi parce qu'elle est susceptible de se traduire par un nouvel équilibre des charges exercées, surtout si elle n'est que partielle.	
Ne peut-il pas y avoir une certaine nuance dans l'application de cette exigence notamment lorsque que la surélévation n'est pas de nature, en raison de sa taille, à remettre en cause la stabilité "mécanique" de l'immeuble?	Il ne peut pas vraiment y avoir de nuance dans l'application des prescriptions du PPRS, l'appréciation au cas par cas s'avérant difficile.	
Les **vérandas** inférieures à 20m² sont-elles soumises aux prescriptions du PPRS ?	Une véranda, qui pourrait-être assimilable à une annexe d'habitation de moins de 20m², est destiné à de l'occupation humaine. De fait, elle ne peut se soustraire aux prescriptions édictées par le règlement de PPR "Sécheresse".	

Questions	*Réponses*	
Questions sur les **centrales photovoltaïques** : les panneaux et les locaux techniques (préfabriqués posés sur une semelle de propreté) sont-ils soumis aux prescriptions du PPRS?	-les panneaux photovoltaïques, ne constituent pas de construction ou extensions de construction à proprement parler : et ne rentrent ainsi pas dans le cadre des constructions soumises à règlementation. - concernant les locaux techniques, le sujet semble plus nuancé. Nous avons tendance à dire que de manière générale, échappent aux prescriptions du PPRS les constructions qui ne sont pas "en dur", provisoires, et sans fondation. Dans le cas de figure de ces préfabriqués pour locaux techniques, la construction nous semble pérenne. Si le préfabriqué est posé sans fixations, sans être "solidarisé" avec la semelle, nous penchons pour ne pas soumettre aux prescriptions du PPRS, puisque il n'y aurait a priori pas de sinistralité subie par le préfabriqué. Si le préfabriqué est solidaire, fixé, constituant une sorte de chaînage avec la semelle de propreté, il nous paraîtrait alors prudent soumettre la construction aux prescriptions du PPRS, si la construction excède 20m².	

Questions	*Réponses*	
Faut-il demander l'attestation relative à l'étude de sol, et plus généralement, une étude du sol est-elle indispensable dans le cas de **constructions provisoires, type algéco ou autre (préfabriqué), mises en place pour une durée déterminée (jusqu'à 5 ans par exemple) et sans fondations.**	Un algéco n'est pas une construction individuelle en dur, et qui plus est sans fondations, donc pas de sinistralité qui serait liée au PPRS. Plus largement, que ce soit l'étude géotechnique ou le forfait de mesures, on reste sur un même principe, c'est à dire des mesures constructives sur les fondations, les structures et les abords de la construction. Par conséquent, les constructions provisoires, sans fondations (aléco, préfabriqué,...) ne peuvent pas rentrer dans le cadre de la règlementation du PPRS, à **condition qu'elles ne soient pas fixées au sol.** Autrement dit, l'étude géotechnique ne servirait à rien dans ces cas là.	
Le PPR sécheresse s'applique à des **abris voiture ou garages, ou abris jardin etc... de + de 20 m²**, mais Est-ce aussi le cas s'ils sont indépendants de l'habitation principale, car dans le règlement du PPR, il est mentionné que les prescriptions ne s'appliquent pas pour les constructions qui ne sont pas destinées à l'occupation humaine.	Les prescriptions du PPRS s'appliquent bien à tous les abris et annexes d'habitation de plus de 20m², que ceux-ci soient indépendants de l'habitation ou non. L'expression "destiné à l'occupation humaine" sert en fait à distinguer les pièces habitables, vouées à l'habitation (lieu de vie), des autres extensions : garages, abris de jardin, etc... En effet, les extensions du type salle ou chambre supplémentaire, sont elles soumises aux prescriptions du PPRS.	

Questions	*Réponses*	
2. Projets sur de l'existant		
Cas des **PC modificatifs**. Par exemple : une construction réalisée dans le cadre d'un PC délivré avant approbation du PPR Sécheresse fait l'objet d'une demande de PC modificatif après approbation de ce PPRS dans le but d'agrandir légèrement l'emprise au sol. Question : Cette modification mineure d'un projet initial antérieur au PPRS doit-elle aussi faire l'objet d'une étude sachant qu'elle ne devrait normalement porter que sur la partie "ajoutée" (droits acquis pour la partie initiale).	Une extension, même dans le cadre d'un permis modificatif, si elle rentre dans le cadre des constructions soumises à la réglementation du PPRS, se doit de respecter les prescriptions énoncées (étude géotechnique ou forfait de mesures). Comme précisé, ceci ne porte que sur la partie ajoutée du projet.	
Dans le cas d'un **changement de destination** d'un bâtiment existant (cas de figure : travaux de réaménagement d'une construction existante qui n'ont pas pour effet de modifier le volume et les caractéristiques de la construction).	Il ne s'agit pas de construction nouvelle, pas de modification niveau fondation, volume, caractéristique. On ne voit pas pourquoi imposer des prescriptions et exiger une attestation.	
Un **changement de destination de grange en habitation**, consistant en un changement de toiture (métallique en tuiles) avec création/modification d'ouvertures est-il soumis aux prescriptions du PPRS?	Ces opérations sont de nature à modifier le comportement général de la structure vis à vis de l'aléa retrait-gonflement des argiles, pouvant ainsi créer des désordres. On considère donc que les prescriptions sont applicables à ce type de projet, assimilable à un projet d'extension ou construction nouvelle.	

Questions	*Réponses*	
3. Environnement proche		
Est-ce que les prescriptions du PPRS s'appliquent **aux puits artésiens?**	Non, car il ne s'agit pas de pompage pour les puits artésiens.	
Doit -on assimiler à un puits, un **puisard** destiné uniquement à recueillir les eaux pluviales du toit. Cet ouvrage doit-il également se situer à plus de 10 m de la construction (prescription PPRS) ?	On peut traiter ces derniers selon deux cas de figures : 1- Soit il s'agit d'un puisard étanche, et à ce compte là c'est le système de trop plein qui doit être filtré et évacué à une distance minimale de 5m de la construction (principe des mesures appliquées aux eaux d'infiltration : +5m de l'habitation). Les canalisations doivent être souples, etc... 2- Soit il s'agit puisard servant à l'infiltration, et dans ce cas là, il doit être à une distance minimale de 5m Dans les deux cas, la distance minimale à respecter est bien de 5m, car ils sont associés à du **rejet d'eau pluviale**	
Pour **la création de puits**, la distance minimum de 10 m à respecter par rapport aux habitations existantes s'applique-t-elle si l'habitation en question se situe sur une parcelle différente de celle sur laquelle le puits est à créer?	La prescription de l'article du règlement du PPRS en question, visant à respecter la distance minimum de 10m de toute construction individuelle existante, s'applique, même si l'habitation existante se situe sur une parcelle attenante. Par contre, cette prescription ne s'appliquerait pas s'il s'agissait de bâtiment d'habitat collectif, puisque les prescriptions du PPRS s'appliquent uniquement aux constructions individuelles.	

Questions	*Réponses*	
4. Points réglementaires / divers		
Que signifie le « **hors permis groupés** » du titre II?	Les permis groupés sont par exemple des lotissements.	
Liste des géotechniciens habilités pour faire une étude de sol?	Nous n'avons pas de liste à fournir sur ce point là. Nous pouvons cependant faire part **de la liste de B.E. géotechniques que nous connaissons (non exhaustive)**, et qui sont réputés compétents. Il est possible de se renseigner auprès des CCI, de la DREAL Midi-Pyrénées, ...	
L'attestation d'engagement du pétitionnaire (forfait de mesures) doit-elle faire ressortir toutes les dispositions des prescriptions détaillées dans le règlement?	Le pétitionnaire doit simplement attester qu'il va mettre en oeuvre l'ensemble du forfait de mesures, ou alors qu'il fait l'étude géotechnique (dans ce cas, l'attestation doit émaner de l'architecte ou de l'expert agréé).	
Les points suivants ne sont pas réalisés dans une **étude G12** par les B.E.: *« l'adaptation de la construction (structure, chaînages, murs porteurs, canalisations, etc.) »* **Est-ce qu'une étude G12 sans la partie *« l'adaptation de la construction (structure, chaînages, murs porteurs, canalisations, etc.) »* serait suffisante** pour couvrir les prescriptions du PPR ?	L'article II.1.1 du règlement stipule que la prescription repose sur la réalisation d'une étude géotechnique **"de type"** G12 au sens de la norme NF P94-500, laquelle devra : *- préciser la nature et les caractéristiques des sols du site.* *- se prononcer sur les mesures et recommandations applicables à l'environnement immédiat (éloignement des plantations, limitations des infiltrations dans le sol, etc.)* A cette étude, on demande également de traiter un point sur la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction (structure, chaînages, murs porteurs, canalisations, etc.) aux caractéristiques du site. Il ne s'agit donc pas de procéder à la réalisation d'une étude G12 stricto senso, qui n'est donc pas suffisante.	

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFET DE LA HAUTE-GARONNE

Direction Départementale des Territoires

Haute-Garonne

Service Risques et Gestion de Crise

P.P.R. approuvé
le : 25 OCT. 2010

PPR

Plan de prévention des risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux

Ville de Toulouse

PPR SECHERESSE
Règlement

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Titre I- Portée du règlement

Article I.1 - Champ d'application :

Le présent règlement s'applique à la ville de Toulouse et détermine les mesures de prévention des risques naturels prévisibles de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux.

En application de l'article L.562-1 du Code de l'Environnement, le plan de zonage comprend une zone unique caractérisée comme faiblement à moyennement exposée.

Principes réglementaires
En application de l'article L. 562-1 du Code de l'Environnement, le présent règlement définit :
- les conditions de réalisation, d'utilisation et d'exploitation des projets d'aménagement ou de construction ;
- les mesures relatives aux biens et activités existants en vue de leur adaptation au risque ;
- les mesures plus générales de prévention, de protection et de sauvegarde qui incombent aux particuliers ou aux collectivités.

Article I.2 - Effets du PPRN :

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique. A ce titre, il doit être annexé au PLU, conformément à l'article L.126-1 du Code de l'Urbanisme. Les mesures prescrites dans le présent règlement sont mises en œuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre.

Conformément à l'article L.562-5 du Code de l'Environnement, le non-respect des mesures rendues obligatoires est passible des peines prévues à l'article L.480-4 du Code de l'Urbanisme.

La loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 modifiée, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (article L.125-1 du Code des assurances) a fixé pour objectif d'indemniser les victimes de catastrophes naturelles en se fondant sur le principe de mutualisation entre tous les assurés et la mise en place d'une garantie de l'État.

Il s'agit de la couverture du sinistre au titre de la garantie " catastrophes naturelles " sachant que celle-ci est soumise à certaines conditions :
- l'agent naturel doit être la cause déterminante du sinistre et doit présenter une intensité anormale
- les victimes doivent avoir souscrit un contrat d'assurance garantissant les dommages d'incendie ou les dommages aux biens ainsi que, le cas échéant, les dommages aux véhicules terrestres à moteur. Cette garantie est étendue aux pertes d'exploitation, si elles sont couvertes par le contrat de l'assuré
- l'état de catastrophe naturelle, ouvrant droit à la garantie, doit être constaté par un arrêté interministériel (du ministère de l'Intérieur et de celui de l'Économie, des Finances et de l'Écologie). Il détermine les zones et les périodes où a eu lieu la catastrophe, ainsi que la nature des dommages résultant de celle-ci et couverts par la garantie (article L.125-1 du Code des assurances).

Toutefois, selon les dispositions de l'article L.125-6 du Code des Assurances, l'obligation de garantie de l'assuré contre les effets des catastrophes naturelles prévue à l'article L.125-2 du même code ne s'impose pas aux entreprises d'assurance à l'égard des biens immobiliers construits en violation des règles prescrites d'un PPR approuvé. Cette dérogation à l'obligation de garantie de l'assuré ne peut intervenir que lors de la conclusion initiale ou du renouvellement du contrat d'assurance.

Article I.3 - Dérogations aux règles du PPRN :

Les dispositions du présent règlement ne s'appliquent pas si l'absence d'argile sur l'emprise de la totalité de la parcelle est démontrée par sondage selon une étude géotechnique au minimum de type G11 (étude géotechnique préliminaire de site) au sens de la norme NF P94-500.

Titre II- Réglementation des projets

Les dispositions du présent titre sont définies en application de l'article L.562-1 du Code de l'Environnement, sans préjudice des règles normatives en vigueur. Elles s'appliquent à l'ensemble des zones à risques délimitées sur le plan de zonage réglementaire.

Cette partie du règlement concerne la construction de tout type de bâtiments. Pour les maisons individuelles, du fait de la sinistralité importante observée sur ce type de construction, des mesures particulières existent et sont traitées dans le chapitre II.

Néanmoins, les prescriptions suivantes ne s'appliquent pas aux abris légers ou annexes d'habitations n'excédant pas 20 m² et s'ils ne sont pas destinés à l'occupation humaine.

II.1 - Mesures générales applicables aux projets de construction de bâtiment

Article II.1.1 - Sont prescrits :

- Pour déterminer les conditions précises de réalisation, d'utilisation et d'exploitation du projet au niveau de la parcelle, **il est prescrit la réalisation d'une étude géotechnique** sur l'ensemble de la parcelle, définissant les dispositions constructives et environnementales nécessaires pour assurer la stabilité des bâtiments vis-à-vis du risque de tassement différentiel et couvrant les missions géotechniques de type G12 (étude géotechnique d'avant-projet). Ces études devront notamment :

- préciser la nature et les caractéristiques des sols du site
- couvrir la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction (structure, chaînages, murs porteurs, canalisations, etc.) aux caractéristiques du site
- se prononcer sur les mesures et recommandations applicables à l'environnement immédiat (éloignement des plantations, limitations des infiltrations dans le sol, etc).

Au cours de ces études, une attention particulière devra être portée sur les conséquences néfastes que pourrait créer le nouveau projet sur les parcelles voisines (influence des plantations d'arbres ou rejet d'eau trop proche des limites parcellaires par exemple). Toutes les dispositions et recommandations issues de cette étude devront être appliquées.

- **Pour les maisons individuelles et leur extensions, à défaut de réaliser une étude géotechnique**, un ensemble de dispositions structurales et de dispositions concernant l'environnement immédiat du projet devra être respecter (cf.II-2) dans sa totalité afin de prévenir les risques de désordres géotechniques.

Nota : l'étude de sol est à privilégier car elle permet d'adapter au plus près les mesures structurales et les mesures sur l'environnement par rapport à la nature du sol et à la configuration de la parcelle dans les zones d'aléa faible notamment. Toutefois, il convient d'insister sur l'importance du respect des règles de l'art notamment sur la structure au-delà des seules fondations, qui même profondes peuvent ne pas suffire pour garantir la résistance des constructions. Il conviendra donc de s'assurer de disposer des compétences suffisantes auprès des bureaux d'étude et de maîtrise d'œuvre.

Nota : Dans le cas où l'ensemble des mesures forfaitaires ne sont pas applicables pour des motifs réglementaires ou techniques, alors l'étude géotechnique devient obligatoire. Cela peut être le cas de zone urbaine dense avec un petit parcellaire.

La réalisation d'une étude de sol peut conduire à diminuer fortement les mesures à prendre, voire les supprimer en cas de très faible présence d'argile, ou d'absence, dans les sous-sols concernés.

Dès la conception de leur projet, les pétitionnaires doivent aussi veiller à prendre en compte les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde du titre IV du présent règlement.

Article II.1.2 – Est recommandé :

- La réalisation des missions géotechniques G2 (étude géotechnique de projet) et G3 (étude et suivi géotechnique d'exécution) au sens de la norme NF P94-500.

II.2 – Ensemble forfaitaire de mesures s'appliquant aux constructions de maisons individuelles et de leurs extensions à défaut d'une étude géotechnique

Maison individuelle s'entend au sens de l'article L.231-1 du Code de la Construction et de l'Habitation : construction d'un immeuble à usage d'habitation ou d'un immeuble à usage professionnel et d'habitation ne comportant pas plus de deux logements.

En l'absence d'une série d'études géotechniques, telle que définie à l'article 1 du II.1.1 du présent titre, il est prescrit la réalisation de l'ensemble des règles forfaitaires définies aux II.2-1 et II.2.2, afin de prévenir les risques de désordres géotechniques.

II. 2.1 - Règles de construction :

Article II. 2.1.1 - Est interdite :

L'exécution d'un sous-sol partiel sous une construction d'un seul tenant, sauf mise en place d'un joint de rupture.

Article II. 2.1.2 - Sont prescrites les mesures suivantes :

- des fondations d'une profondeur minimum de 0,80 m sauf rencontre de terrains rocheux insensibles à l'eau à une profondeur inférieure ;
- des fondations plus profondes à l'aval qu'à l'amont pour les terrains en pente et pour des constructions réalisées sur plate-forme en déblais ou déblais-remblais afin d'assurer une homogénéité de l'ancrage ;
- des fondations continues, armées et bétonnées à pleine fouille, dimensionnées selon les préconisations du DTU 13-12 « Règles pour le calcul des fondations superficielles » et réalisées selon les préconisations du DTU 13-11 « Fondations superficielles – cahier des clauses techniques » lorsqu'elles sont sur semelles ;
- toutes parties de bâtiment fondées différemment ou exerçant des charges différentes et susceptibles d'être soumises à des tassements différentiels doivent être désolidarisées et séparées par un joint de rupture sur toute la hauteur de la construction ; cette mesure s'applique aussi aux extensions ;
- les murs porteurs doivent comporter un chaînage horizontal et vertical liaisonné, dimensionné et réalisé selon les préconisations du DTU 20-1 « Ouvrages de maçonnerie en petits éléments : Règles de calcul et dispositions constructives minimales » ;
- si le plancher bas est réalisé sur radier général, la réalisation d'une bêche périphérique est prescrite. S'il est constitué d'un dallage sur terre plein, il doit être réalisé en béton

armé, après mise en œuvre d'une couche de forme en matériaux sélectionnés et compactés, et répondre à des prescriptions minimales d'épaisseur, de dosage de béton et de ferraillage, selon les préconisations du DTU 13.3 « Dallages – conception, calcul et exécution ». Des dispositions doivent être prises pour atténuer le risque de mouvements différentiels vis-à-vis de l'ossature de la construction et de leurs conséquences, notamment sur les refends, cloisons, doublages et canalisations ; les solutions de type plancher porté sur vide sanitaire et sous-sol total seront privilégiées ;

- En cas d'implantation d'une source de chaleur en sous-sol (chaudière ou autres), celle-ci ne devra pas être positionnée le long des murs périphériques de ce sous-sol. A défaut, il devra être mis en place un dispositif spécifique d'isolation des murs.

II.2.2 - Dispositions relatives à l'environnement immédiat des projets de bâtiments

Les dispositions suivantes réglementent l'aménagement des abords immédiats des bâtiments. Elles ont pour objectif de limiter les risques de retrait-gonflement par une bonne gestion des eaux superficielles et de la végétation.

Article II.2.2.1 - Sont prescrits :

- la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (raccords souples notamment) ;
- la récupération et l'évacuation des eaux pluviales et de ruissellement des abords du bâtiment par un dispositif d'évacuation de type caniveau. Le stockage éventuel de ces eaux à des fins de réutilisation doit être étanche ;
- le captage des écoulements de faibles profondeurs, lorsqu'ils existent, par un dispositif de drainage périphérique situé à une distance minimale de 2 m de tout bâtiment ;
- le rejet des eaux pluviales ou usées et des dispositifs de drainage dans le réseau collectif lorsque cela est possible. A défaut, les points de rejets devront être situés à l'aval du bâtiment et à une distance minimale de 5 mètres de tout bâtiment hors les constructions existantes sur fondations profondes.

  Nota : dans les communes dotées d'une carte d'aptitude des sols à l'assainissement et /ou d'un schéma communal d'assainissement pluvial, il faut également se référer à ces documents même si le PPR s'impose à ce dernier

- la mise en place sur toute la périphérie du bâtiment, à l'exception des parties mitoyennes avec un terrain déjà construit ou revêtu, d'un dispositif s'opposant à l'évaporation (terrasse ou géomembrane enterrée par exemple) et d'une largeur minimale de 1,5 m ;
- l'arrachage ou l'élagage périodiques des arbres et arbustes d'eau existants situés à une distance de l'emprise de la construction projetée inférieure à leur hauteur. A défaut de possibilité d'arrachage ou d'élagage des arbres situés à une distance de l'emprise de la construction inférieure à leur hauteur, notamment lorsqu'ils sont situés sur le domaine public, un espace boisé et classé et que l'accord de l'autorité compétente n'a pu être obtenu, ou, lorsqu'ils présentent un intérêt majeur particulier, la mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m sera obligatoire ;

Article II.2.2.2 - Sont recommandés :

- le respect d'un délai minimum de 1 an entre l'arrachage des arbres ou arbustes éventuels situés dans l'emprise du projet ou à son abord immédiat et le démarrage des travaux de construction, lorsque le déboisement concerne des arbres de grande taille ou en nombre important (plus de cinq) ;

Titre III- Mesures applicables aux biens et activités existants

Cette partie du règlement définit les adaptations qui doivent être effectuées par les propriétaires sur les biens existants. Il s'agit de dispositions visant à diminuer les risques de désordres par retrait-gonflement des sols argileux en limitant les variations de teneur en eau dans le sol sous la construction et à sa proximité immédiate.

Compte tenu de la vulnérabilité importante des maisons individuelles face au risque de retrait-gonflement des sols argileux, les mesures suivantes n'incombent qu'aux propriétaires des biens de types « maisons individuelles » au sens de l'article L.231-1 du Code de la Construction et de l'Habitation, à l'exception des constructions su fondations profondes.

Article III.1 - Sont recommandées les mesures suivantes :

- la mise en place d'un dispositif s'opposant à l'évaporation (terrasse ou géomembrane enterrée) et d'une largeur minimale de 1,50 m sur toute la périphérie du bâtiment, à l'exception des parties mitoyennes avec un terrain déjà construit ou revêtu ;

- le raccordement des canalisations d'eaux pluviales et usées au réseau collectif lorsque cela est possible. A défaut, il convient de respecter une distance minimale de 5 m entre les points de rejet et tout bâtiment (hors les constructions existantes sur fondations profondes).

- La collecte et l'évacuation des eaux pluviales des abords du bâtiment par un système approprié dont le rejet sera éloigné à une distance minimale de 5 m de tout bâtiment. Le stockage éventuel de ces eaux à des fins de réutilisation doit être étanche et le trop-plein doit être évacué à une distance minimale de 5 m de tout bâtiment.

Titre IV- Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Les dispositions du présent titre s'appliquent à l'ensemble des bâtiments de un ou deux niveaux situés dans les zones délimitées sur le plan de zonage réglementaire, **à l'exception des constructions sur fondations profondes** et **sauf dispositions particulières résultant d'études réalisées dans le cadre des missions géotechniques définies dans la norme NF P94-500.**

Par ailleurs, en application de l'article R 562-5 du code de l'environnement, « les travaux de prévention imposés à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du plan ».

Article IV.1 - Sont prescrites et immédiatement applicables les mesures suivantes :

- pour toute nouvelle plantation d'arbre ou d'arbuste, le volume de l'appareil aérien doit être maîtrisé par un élagage régulier afin que la hauteur de l'arbre reste toujours inférieure à sa distance par rapport aux constructions individuelles (1,5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes), sauf mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m;
- la création d'un puits pour usage domestique doit respecter une distance d'éloignement de tout bâtiment d'au moins 10 m ; De même, les nouvelles constructions doivent être implantées à une distance minimale de 10m de tout puits existant et en état de fonctionnement ;
- en cas de remplacement des canalisations d'évacuation des eaux usées et/ou pluviales, il doit être mis en place des dispositifs assurant leur étanchéité (raccords souples notamment) ;
- tous travaux de déblais ou de remblais modifiant localement la profondeur d'encastrement des fondations doivent être précédés d'une étude géotechnique de type G12 au sens de la norme NF P94-500, pour vérifier qu'ils n'aggraveront pas la vulnérabilité du bâti.

Article IV.2 - Sont recommandées les mesures suivantes :

- le contrôle régulier d'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales existantes et leur étanchéification en tant que de besoin. Cette recommandation concerne à la fois les particuliers et les gestionnaires des réseaux ;
- pour les puits existants, et en l'absence d'arrêté préfectoral définissant les mesures de restriction des usages de l'eau, d'éviter tout pompage excessif à usage domestique, entre mai et octobre, dans un puit situé à moins de 10 m d'une construction individuelle et où la profondeur du niveau de l'eau (par rapport au terrain naturel) est inférieure à 10 m ;
- L'élagage régulier (au minimum tous les 3 ans) de tous arbres ou arbustes implantés à une distance de toute construction individuelle inférieure à leur hauteur, sauf mise en place d'un écran anti-racine d'une profondeur minimale de 2 m interposé entre la plantation et les bâtiments ; cet élagage doit permettre de maintenir stable le volume de l'appareil aérien de l'arbre (feuillage et branchage).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFET DE LA HAUTE-GARONNE

Direction
Départementale
des Territoires

Haute-Garonne

Service Risques
et Gestion de Crise

P.P.R. approuvé
le : 25 OCT. 2010

PPR

Plan de prévention des risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux

Ville de Toulouse

PPR SECHERESSE
Note de présentation

Géosciences pour une Terre durable
brgm

SOMMAIRE

SOMMAIRE 3

1. INTRODUCTION 4

2. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE 5

2.1. LIMITES DE L'ETUDE 5
2.2. CONTEXTE NATUREL DEPARTEMENTAL 5
2.2.1. Situation géographique 5
2.2.2. Géologie 5
2.2.3. Hydrogéologie 7
2.3. CONTEXTE PARTICULIER DE TOULOUSE 7

3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES 7

4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT 7

5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR 8

5.1. CARTE DEPARTEMENTALE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT 8
5.2. CARTE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT A TOULOUSE 11
5.3. PLAN DE ZONAGE REGLEMENTAIRE 11
5.4. REGLEMENTATION 12

6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES 12

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte géologique départementale synthétique des formations argileuses et marneuses de la Haute-Garonne selon une approche globale

Figure 2 : Carte départementale d'aléa retrait-gonflement des argiles de la Haute-Garonne selon une approche globale

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classement des formations géologiques par niveau d'aléa selon une approche globale

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description succincte des formations argileuses affleurant dans le département de la Haute-Garonne

Annexe 2 : Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences

Annexe 3 : Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles, pris pour la ville de Toulouse à la date du 22 avril 2009

Annexe 4 : Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (version 2006) intitulée « Classifications et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique »

Annexe 5 : Schéma de principe des mesures constructives préconisées

Annexe 6 : Extrait de l'étude GIPEA-2GH-ADRET de novembre 2006

1. INTRODUCTION

Les phénomènes de retrait et de gonflement de certains sols argileux ont été observés depuis longtemps dans les pays à climat aride et semi-aride où ils sont à l'origine de nombreux dégâts causés tant aux bâtiments qu'aux réseaux et voiries. En France, où la répartition pluviométrique annuelle est plus régulière et les déficits saisonniers d'humidité moins marqués, ces phénomènes n'ont été mis en évidence que plus récemment, en particulier à l'occasion des sécheresses de l'été 1976, et surtout des années 1989-90. Les dégâts observés concernent en France principalement le bâti individuel.

La prise en compte, par les assurances, de sinistres résultant de mouvements différentiels de terrain dus au retrait-gonflement des argiles 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, date à laquelle cette procédure a commencé à être appliquée, près de 5 000 communes françaises, réparties dans 75 départements ont été reconnues en état de catastrophe naturelle à ce titre. A ce jour, on évalue à plus de 3 milliards d'euros le coût cumulé des sinistres « sécheresse » indemnisés en France, en application de la loi de 1982.

Le département de la Haute-Garonne fait partie de ceux qui ont été particulièrement touchés par de nombreux désordres du bâti du fait de ce phénomène. Entre août 1991 et février 2003, 51 arrêtés inter-ministériels ont ainsi été pris, reconnaissant l'état de catastrophe naturelle pour ce seul aléa dans 383 communes du département (soit 65 % des 588 communes que compte la Haute-Garonne). Dans le cadre de l'étude départementale d'aléa réalisée en 2002 par le BRGM, 5 249 sites de sinistres, répartis dans 220 communes de la Haute-Garonne, ont ainsi été recensés depuis 1989, ce qui constitue très vraisemblablement une estimation minorée de la réalité.

L'examen de nombreux dossiers de diagnostics ou d'expertises révèle que beaucoup de sinistres auraient sans doute pu être évités ou que du moins leurs conséquences auraient pu être limitées, si certaines dispositions constructives avaient été respectées pour des bâtiments situés en zones sensibles au phénomène.

C'est pourquoi l'État a souhaité engager une politique de prévention vis-à-vis de ce risque en incitant les maîtres d'ouvrage à respecter certaines règles constructives. Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'une politique générale visant à limiter les conséquences humaines et économiques des catastrophes naturelles, par la mise en oeuvre de Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR), ce qui consiste à délimiter des zones apparaissant exposées à un niveau de risque homogène et à définir, pour chacune de ces zones, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent y être prises, en application du code de l'environnement (articles L562-1 à L562-9).

Dans le cas particulier du phénomène de retrait-gonflement des argiles, les zones concernées, même soumises à un aléa considéré comme élevé, restent constructibles. Les prescriptions imposées sont, pour l'essentiel, des règles de bon sens dont la mise en œuvre n'engendre qu'un surcoût relativement modique, mais dont le respect permet de réduire considérablement les désordres causés au bâti, même en présence de terrains fortement susceptibles vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

Cette réglementation concerne essentiellement les constructions futures. Quelques consignes s'appliquent toutefois aux bâtiments existants afin de limiter les facteurs déclenchants et/ou aggravants du phénomène de retrait-gonflement.

Le non respect du règlement du PPR peut conduire à la perte du droit à l'indemnisation de sinistres déclarés, et ceci malgré la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.

2. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

2.1. Limites de l'étude

Le présent PPR couvre l'ensemble de la commune de Toulouse.

2.2. Contexte naturel départemental

2.2.1. Situation géographique

Le département de la Haute-Garonne est divisé en 589 communes et couvre une superficie de 6 376 km2. Il comptait 1 050 000 habitants au recensement de 1999 mais l'urbanisation est surtout concentrée dans l'agglomération de Toulouse qui regroupe plus de la moitié de la population départementale dans une trentaine de communes, le reste de la Haute-Garonne se caractérisant plutôt par un habitat rural dispersé.

La partie sud du département, jusqu'à Saint-Gaudens, correspond à une partie de la chaîne pyrénéenne, tandis que son extrémité nord-est, près de Revel, se situe en limite de la Montagne Noire, terminaison du Massif Central. Entre ces deux zones de socle, l'essentiel de la Haute-Garonne est constitué de terrains molassiques issus du démantèlement des massifs périphériques et largement recouverts de formations superficielles récentes : dépôts glaciaires, colluvions et surtout alluvions diverses particulièrement développées dans les larges vallées de la Garonne, de l'Ariège et du Tarn.

2.2.2. Géologie

La connaissance de l'aléa retrait-gonflement passe par une étude détaillée de la géologie du département, en s'attachant particulièrement aux formations contenant de l'argile (argiles proprement dites mais aussi marnes, altérites, alluvions, limons, sables argileux, etc.). Il est en effet important de déterminer, pour chaque formation, la nature lithologique des terrains ainsi que les caractéristiques minéralogiques et géotechniques de leur phase argileuse. Cette analyse a été effectuée principalement à partir des données déjà disponibles sur le sujet et notamment à partir des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 publiées par le BRGM et de l'analyse des données de sondages contenues dans la Banque de données du Sous-Sol gérée par le BRGM. Elle reflète donc l'état actuel des connaissances sur la géologie des formations superficielles de la Haute-Garonne, mais est susceptible d'évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données locales sur le proche sous-sol. C'est le cas en particulier à Toulouse où l'on dispose d'éléments d'études plus précis.

Les formations géologiques affleurantes ou sub-affleurantes dans le département et considérées comme argileuses (au sens le plus large) sont brièvement décrites en annexe 1, après regroupement d'unités stratigraphiquement distinctes mais dont les caractéristiques lithologiques et donc le comportement supposé vis-à-vis du retrait-gonflement sont comparables.

La carte géologique des formations argileuses et marneuses présentée en figure 1 est une carte synthétique départementale qui résulte d'une analyse interprétative à partir des connaissances actuellement disponibles. Certaines unités stratigraphiques ont été regroupées dans la mesure où leur nature lithologique similaire le justifiait. Par ailleurs, les formations considérées comme a priori non argileuses n'ont pas été figurées sur cette carte, ce qui n'exclut pas que des poches ou placages argileux, non identifiés sur les cartes géologiques actuellement disponibles, peuvent s'y rencontrer localement.

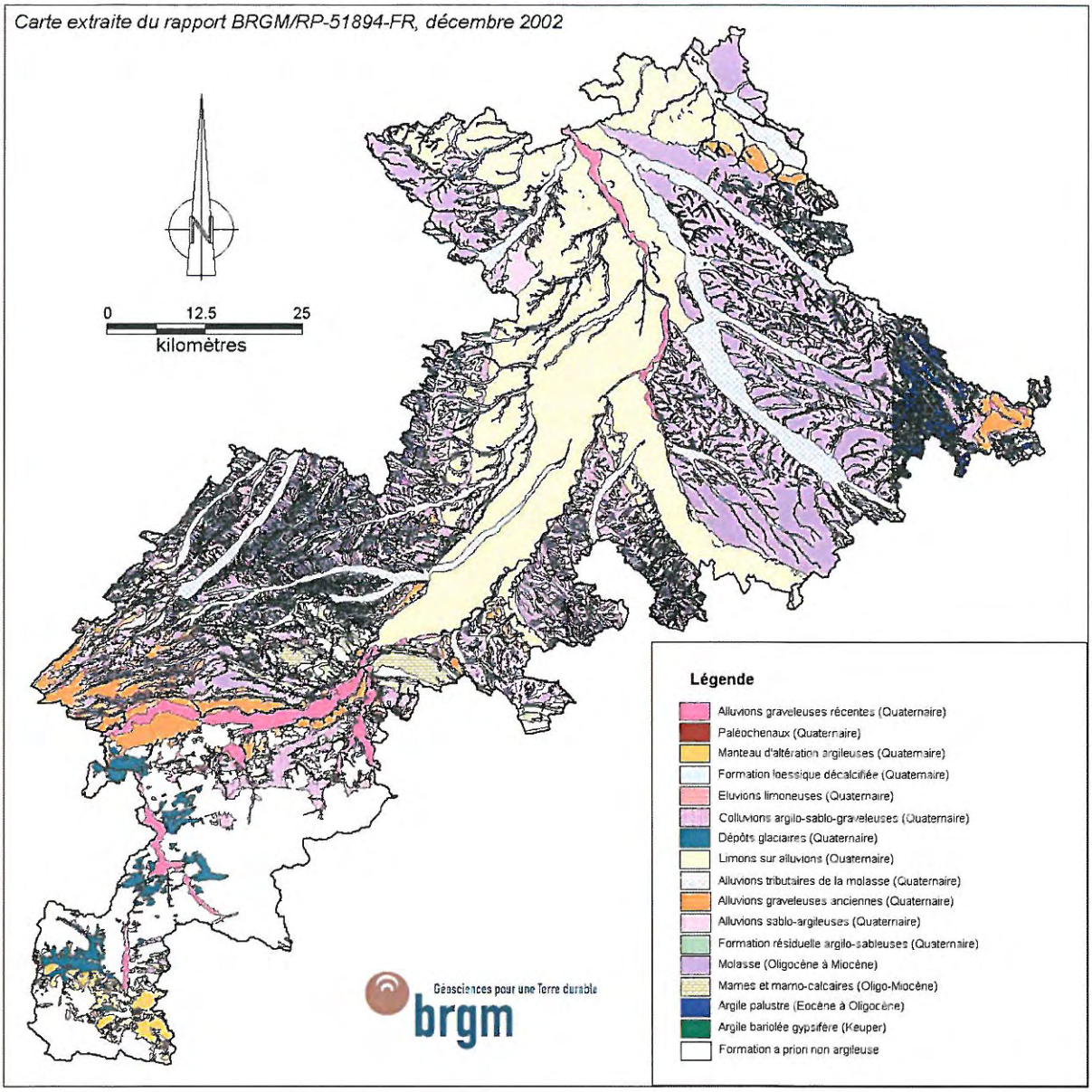


Fig. 1 : Carte géologique départementale synthétique des formations argileuses et marneuses de la Haute-Garonne selon une approche globale

Cette synthèse géologique départementale indique que plus de 85 % de la superficie de la Haute-Garonne est concernée par des formations à dominante argileuse plus ou moins marquée, et donc soumises à un risque de retrait-gonflement. Les formations argileuses et marneuses ainsi identifiées sont en définitive au nombre de 16. Celle dont la surface d'affleurement est la plus étendue est la Molasse, formation détritique continentale tertiaire, présentant des évolutions lithologiques séquentielles et de nombreuses variations latérales de faciès, qui couvre le quart du département. Les autres formations argileuses prépondérantes sont pour l'essentiel d'origine alluvionnaire ou colluviale, les plus importantes en terme de surface d'affleurement étant les limons sur alluvions, les colluvions argilo-sableuses à argilo-graveleuses et les alluvions tributaires de la molasse, puis les alluvions graveleuses anciennes et récentes.

2.2.3.Hydrogéologie

Les fluctuations du niveau des nappes phréatiques peuvent avoir une incidence sur la teneur en eau (dessiccation ou imbibition) dans certaines formations à alternance argilo-sableuse, et contribuer ainsi au déclenchement ou à l'aggravation de mouvements de terrain différentiels.

Plusieurs cas de sinistres survenus dans le département sont à relier à ce type de mécanisme. Ceci concerne en particulier les nappes alluviales qui présentent d'importantes variations saisonnières de leur niveau piézométrique. En période estivale, le tarissement naturel des cours d'eau qui les drainent et l'effet des prélèvements pour l'eau potable et surtout l'irrigation se traduisent par un abaissement du niveau de ces nappes, de nature à entraîner une diminution de la teneur en eau des argiles situées en surface.

2.3. Contexte particulier de Toulouse

La ville de Toulouse a engagé en 2006 des études spécifiques afin de mieux reconnaître la problématique de retrait-gonflement des argiles sur son territoire.

Cette étude comporte deux volets, un premier sur l'établissement d'une cartographie fine des aléas à partir d'une analyse de nombreux sondages existants ou réalisés. Un deuxième volet sur l'infiltration des eaux pluviales, la végétation et les prélèvements dans la nappe. Cette étude à été expertisée par les services centraux du ministère en 2007 ainsi que par le BRGM. Le premier volet d'étude a été validé par les services de l'Etat tant sur la démarche d'évaluation de l'aléa que sur les résultats de l'étude. Le seconde volet d'étude n'a pas été validé au regard des connaissances actuelles sur la problématique (cf. annexe 6 « Extraits de l'étude GIPEA-2GH-ADRET de novembre 2006 »)

3. DESCRIPTION DES PHENOMENES ET DE LEURS CONSEQUENCES

Les principales caractéristiques des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et leurs conséquences sont rappelées en annexe 2.

4. SINISTRES OBSERVES DANS LE DEPARTEMENT

Entre août 1991 et novembre 2008, 486 des 589 communes que compte le département de la Haute-Garonne (soit 81% d'entre elles) ont été reconnues en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles, ce qui représente environ 87% de la superficie totale du département.

Le nombre total de sites de sinistres recensés et localisés par le BRGM dans le cadre de l'étude départementale d'aléa s'élève à 5 250 jusqu'en 2000, répartis dans 220 communes, mais ce nombre constitue très vraisemblablement une estimation minorée de la réalité.

Les périodes prises en compte dans ces arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle s'étalent entre mai 1989 et septembre 2000 et le nombre total d'occurrences (en distinguant commune par commune) s'élève à 513. De 1989 à 1997, 34 % des communes du département en moyenne ont été chaque année reconnues en état de catastrophe naturelle à ce titre (à raison de 163 à 236 communes chaque année), avec un maximum de 40 % en 1993. Depuis 1998, ce nombre a baissé sensiblement et concerne moins de 50 communes (soit 10 % de la superficie départementale) pour les années 1999 et 2000. Tout ceci place la Haute-Garonne en première position des départements français eu égard au nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle sécheresse (78 depuis 1991) et en deuxième

place (derrière le département des Yvelines) pour ce qui est du montant cumulé des indemnisations versées à ce titre (données de la Caisse Centrale de Réassurance).
Suite à la canicule de 2003, le département de la Haute-Garonne a dépassé les Yvelines pour le versement de ces indemnités.
Depuis 1989, 6 arrêtés CATNAT (cf. annexe3) ont été enregistrés pour la ville de Toulouse, ce qui correspond aux communes les plus exposées du département.

5. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DU PPR

5.1. Carte départementale de l'aléa retrait-gonflement

Afin de circonscrire les zones à risque, le BRGM a dressé, pour l'ensemble du département de la Haute-Garonne, une carte de l'aléa retrait-gonflement (figure 2). L'aléa correspond par définition à la probabilité d'occurrence du phénomène. Il est ici approché de manière qualitative à partir d'une hiérarchisation des formations géologiques argileuses du département vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

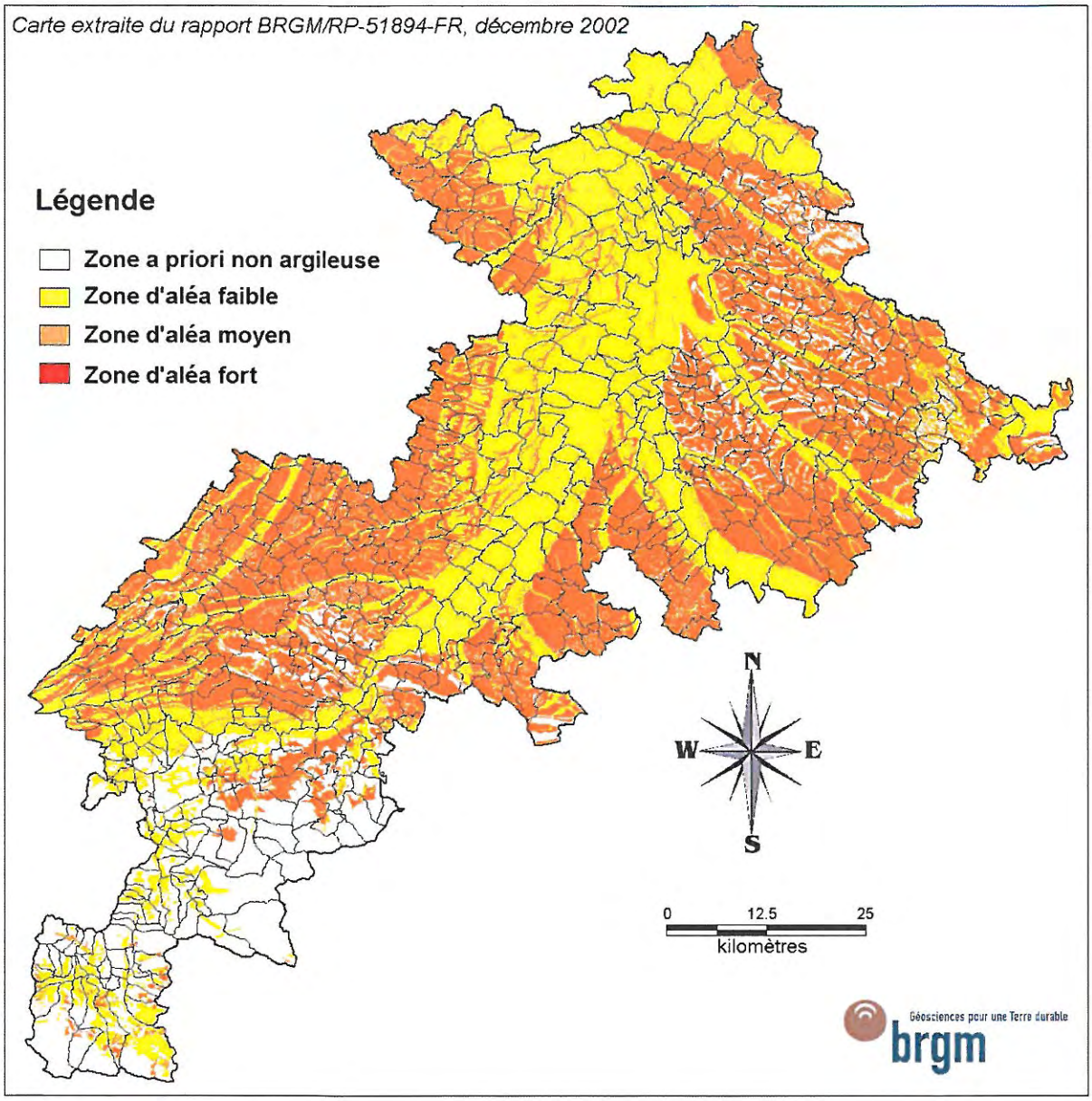


Fig. 2 : Carte départementale d'aléa retrait-gonflement des argiles de la Haute-Garonne selon une approche globale

Pour cela, on établit d'abord une carte de susceptibilité, sur la base d'une caractérisation purement physique des formations géologiques à partir des critères suivants :

- la proportion et la géométrie des termes argileux au sein de la formation (analyse lithologique) ;
- la proportion de minéraux gonflants dans la phase argileuse (composition minéralogique);
- le comportement géotechnique du matériau.

Pour chacune des 16 formations argilo-marneuses identifiées, le niveau d'aléa est en définitive la résultante du niveau de susceptibilité ainsi obtenu avec la densité de sinistres retrait-gonflement, rapportée à 100 km2 de surface d'affleurement réellement urbanisée pour permettre des comparaisons fiables entre formations). La synthèse départementale des résultats obtenus est présentée dans le tableau 1 ci-après.

Formation géologique	Superficie (en % de la surface du département)
Formations à aléa moyen	
Colluvions argilo-sablo-graveleuses (Quaternaire)	12,06
Alluvions sablo-argileuses (Quaternaire)	0,63
Formation résiduelle argilo-sableuse (Quaternaire)	0,69
Molasse (Oligocène à Miocène)	25,70
Marnes et marno-calcaires (Oligocène à Miocène)	3,68
Formations à aléa faible	
Alluvions graveleuses récentes (Quaternaire)	2,91
Paléochenaux (Quaternaire)	0,04
Manteau d'altération argileuse (Quaternaire)	0,87
Formation loessique décalcifiée (Quaternaire)	0,01
Eluvions limoneuses (Quaternaire)	0,12
Dépôts glaciaires (Quaternaire)	1,18
Limons sur alluvions (Quaternaire)	21,11
Alluvions tributaires de la molasse (Quaternaire)	10,19
Alluvions graveleuses anciennes (Quaternaire)	4,04
Argile palustre (Eocène à Oligocène)	0,68
Argile bariolée gypsifère (Keuper)	0,02

Tabl. 1 - Classement des formations géologiques par niveau d'aléa selon une approche globale

La répartition cartographique des zones d'aléa est présentée sur la carte de la figure 2. En définitive, près de 43 % de la superficie du département est située en zone d'aléa moyen et un peu plus de 41 % en zone d'aléa faible, le reste, soit environ 16 % du département étant en zone a priori non argileuse, en principe non exposée aux risques de retrait-gonflement ce qui n'exclut pas la présence, localement, de poches ou de placages argileux non cartographiés). Ces estimations ne tiennent pas compte de l'étude spécifique des aléas sur Toulouse qui a été intégrée dans le présent PPRN.

Il est à noter que dans le cas de la Haute-Garonne et par comparaison avec d'autres départements où cette même méthodologie a été appliquée (notamment en région parisienne), aucune des formations argileuse ou marneuse identifiée n'a été considérée comme présentant un aléa élevé vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement. Ce résultat peut paraître surprenant dans la mesure où la Haute-Garonne se caractérise par une sinistralité particulièrement forte, malgré un taux d'urbanisation modeste (surtout en dehors de l'agglomération toulousaine). Rappelons cependant que la méthodologie adoptée accorde plus de poids à la susceptibilité des formations (établie sur la base de critères purement physiques) qu'à leur sinistralité (qui est largement influencée par des facteurs humains de nature à fausser la perception des phénomènes). Or les formations molassiques, alluviales et colluviales qui caractérisent la majeure partie de ce département se caractérisent, outre leur forte hétérogénéité spatiale, par des teneurs en smectites et des valeurs au bleu de méthylène relativement faibles par rapport à ce qu'on peut observer dans d'autres formations argileuses sujettes au retrait-gonflement.

5.2. Carte de l'aléa retrait-gonflement à Toulouse

L'étude d'affinage de l'aléa réalisée en 2006 par la ville de Toulouse et validée par les services de l'Etat a permis d'établir une cartographie précise des aléas sur Toulouse (Cf. carte des aléas).
Cette étude a repris les principes méthodologiques d'analyse des aléas retrait-gonflement et a permis d'obtenir des données plus fines que l'approche globale mise en œuvre au niveau départemental. Cependant, cette étude ne couvre pas quelques secteurs non urbanisés donc sans enjeux, pour lesquels la cartographie départementale du BRGM reste la référence. La carte d'aléas du présent PPRN est extraite de l'étude GIPEA-2GH-ADRET 2006 complétée localement par l'étude globale du BRGM.

La carte d'aléa élaborée dans le cadre de cette étude appelle les commentaires suivants :

- la carte ne comporte aucune parcelle en aléa fort. Sur ce point, la carte est conforme à celle du projet de PPRN départemental.

- la carte comporte très peu de parcelle en aléa nul, c'est à dire de parcelles au droit desquels la présence d'aucun matériau à caractère argileux dans la tranche de profondeur 0-5m n'est présumé (superficie totale < 50 ha, soit moins de 0,5% des zones AU de la commune).

- les parcelles en aléa faible et moyen représentent respectivement 60% et 40% de la superficie totale des zones U et AU de la commune.

- en ce qui concerne la répartition des zones d'aléa par rapport à la carte du projet de PPRN départemental, deux observations majeures peuvent être relevées :

    - en termes de superficie totale, la zone couverte par l'aléa moyen concerne une plus grande partie du territoire communal, et par conséquent, la zone couverte par l'aléa faible est moins étendue.

    - Dans la répartition globale des zones d'aléa, on retrouve bien les grandes unités géologiques qui structurent le territoire : buttes molassiques de Jolimont et Pech-David en aléa moyen, alluvions de la basse terrasse et de la basse plaine (en rive gauche) en aléa faible. Mais dans le détail, de nombreuses d'aléa moyen apparaissent dans des secteurs où la carte géologique (et a fortiori la carte d'aléa du projet de PPRN départemental) ne mentionnait pas de formations sensibles : seuil de Toulouse, quartier des minimes, Ginestous. Dans ces secteurs, le classement en aléa moyen résulte de la présence à faible profondeur au sein des alluvions de la basse plaine (rive droite) et du seuil de Toulouse d'alluvions modernes argilo-limoneuse (AMAL). On peut signaler au passage que de nombreux sinistres ont été déclarés en 2003 dans ces secteurs.

5.3. Plan de zonage réglementaire

Par souci d'homogénéité avec la méthodologie appliquée sur le reste du territoire national, les zones exposées à un aléa faible à moyen ont été regroupées en une zone unique, de couleur bleue, notée B2. La carte réglementaire traduit ainsi directement la carte d'aléa et présente donc une zone réglementée unique.

5.4. Réglementation

Le règlement du PPR décrit les différentes prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer à la zone réglementée. Ces prescriptions sont pour l'essentiel des dispositions constructives et visent surtout la construction de maisons neuves. Certaines s'appliquent néanmoins aussi aux constructions existantes, avec pour principal objectif de ne pas aggraver la vulnérabilité actuelle de ces maisons vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique et est opposable aux tiers. A ce titre il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme (PLU) conformément à l'article 126.1 du Code de l'Urbanisme. Comme spécifié dans l'article L562-4 du code de l'environnement, le respect des prescriptions obligatoires s'applique à toute nouvelle construction (dans les zones concernées) dès l'approbation du PPR. Pour les constructions existantes, le délai autorisé pour la mise en conformité avec les prescriptions du PPR atteint au maximum cinq ans pour les mesures les plus contraignantes.

Le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone réglementée par un PPR, et de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par ce plan est puni des peines prévues à l'article L. 480-4 du Code de l'Urbanisme. Le non respect des dispositions du PPR peut notamment entraîner une restriction des dispositifs d'indemnisation en cas de sinistre, même si la commune est reconnue en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement.

6. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES

Les dispositions constructives décrites dans le règlement du PPR ne sont évidemment pas exhaustives en ce sens qu'elles ne se substituent pas aux documents normatifs en vigueur (NF – DTU) mais qu'elles les complètent. La mise en application de ces dispositions ne dispense donc pas de respecter l'ensemble des règles de l'art en vigueur dans le domaine de la construction.

Par ailleurs, il s'agit de dispositions préventives et non curatives. Elles ne s'appliquent donc pas nécessairement en cas de sinistre avéré, pour lequel il convient de faire appel à des méthodes de réparation spécifiques.

Concernant les constructions nouvelles en zone réglementées par le PPR et pour ce qui est des maisons individuelles (hors permis de construire groupé), le choix est laissé entre deux options. La première consiste à faire réaliser par un bureau d'études géotechniques une reconnaissance de sol de type G12 (cf. annexe 4) qui permettra de vérifier si, au droit de la parcelle, le proche sous-sol contient effectivement des matériaux sujets au retrait-gonflement (dans le cas contraire, le constructeur s'exonère ainsi de toute disposition constructive spécifique) et de déterminer quelles sont les mesures particulières à observer pour réaliser le projet en toute sécurité en prenant en compte cet aléa. La seconde option consiste à appliquer directement un certain nombre de mesures préventives qui concernent autant la construction elle-même que son environnement immédiat, mesures de nature à éviter a priori tout risque de désordre important même en présence de matériaux très sensibles au retrait-gonflement. Il va de soi que la première option est préférable, d'une part parce qu'elle permet de lever d'éventuelles incertitudes quant à la nature exacte des matériaux au droit de la parcelle à construire, et d'autre part parce qu'elle permet une adaptation plus fine du projet au contexte géologique local. Pour tous les autres bâtiments projetés en zone d'aléa retrait-gonflement (à l'exception de ceux à usage purement agricole et des annexes d'habitation non accolées au bâtiment principal), c'est cette première option qui s'impose.

Concernant les mesures constructives et d'environnement préconisées, les principes ayant guidé leur élaboration sont en particulier les suivants :

- Les fondations doivent être suffisamment profondes pour s'affranchir de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation. Elles doivent être suffisamment armées et coulées à pleine fouille le plus rapidement possible, en évitant que le sol mis à nu en fond de fouille ne soit soumis à des variations importantes de sa teneur en eau ;

- Elles doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment (ceci vaut notamment pour les terrains en pente ou à sous-sol hétérogène, mais explique aussi l'interdiction des sous-sols partiels qui induisent des hétérogénéités d'ancrage) ;

- La structure du bâtiment doit être suffisamment rigide pour résister à des mouvements différentiels, d'où l'importance des chaînages haut et bas ;

- En cas de source de chaleur en sous-sol (chaudière notamment), les échanges thermiques à travers les parois doivent être limités pour éviter d'aggraver la dessiccation du terrain en périphérie ;

- Tout élément de nature à provoquer des variations saisonnières d'humidité du terrain (arbre, drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) doit être le plus éloigné possible de la construction ;

- Sous la construction, le sol est à l'équilibre hydrique alors que tout autour il est soumis à une évaporation saisonnière, ce qui tend à induire des différences de teneur en eau au droit des fondations. Pour l'éviter, il convient d'entourer la construction d'un dispositif, le plus large possible, qui protège sa périphérie immédiate de l'évaporation.

ANNEXE 1

Description succincte des formations argileuses affleurant dans le département de la Haute-Garonne

La liste qui suit donne une description succincte des formations géologiques argileuses qui affleurent dans le département de la Haute-Garonne, de la plus récente à la plus ancienne. Dans un souci de simplification, la plupart de ces formations correspondent en réalité à des regroupements d'unités stratigraphiquement distinctes mais dont les caractéristiques lithologiques et par conséquent le comportement vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement sont similaires.

- *Alluvions graveleuses récentes (Quaternaire) :* il s'agit de matériaux détritiques provenant des massifs montagneux (Pyrénées et Massif Central), d'aspect frais, à teinte grisâtre. C'est un mélange très grossier et hétérogène, de sables, graviers, galets et blocs. Dans les bras morts, ce sont des dépôts fins et mêmes tourbeux. Leur épaisseur varie de quelques décimètres à quelques mètres. Cette formation matérialise les cours de la Garonne, de l'Ariège, du Tarn et de l'Agout ;

- *Manteau d'altération argileuse (Quaternaire) :* cette formation correspond aux zones de la partie pyrénéenne du département dépourvues d'affleurements rocheux, de pente moyenne et porteuses de pâturages de l'étage subalpin. Lorsque le substratum apparaît du fait d'une érosion locale, il s'agit habituellement de matériaux issus de l'altération des pélites, schistes et autres roches schisto-quartzeuses sous-jacentes, que la décomposition réduit en fragments anguleux dans une matrice argileuse ;

- *Formation loessique décalcifiée (Quaternaire) :* le rebord des terrasses moyennes est souvent empâté, sur 3 à 4 m, de sables fins et de limons, d'origine éolienne. La partie supérieure est décalcifiée, et se présente comme de l'argile silteuse. Ces formations sont visibles dans le sud du département ;

- *Eluvions limoneuses (Quaternaire) :* il s'agit de matériaux superficiels argilo-limoneux de teinte ocre, qui tapissent d'argile calcaire le fond des dépressions, essentiellement dans la partie sud du département. Ces éluvions ont pour origine la décalcification intervenue lors de la karstification, et sont aussi appelées Terra Rossa ;

- *Colluvions argilo-sableuse à argilo-graveleuses (Quaternaire) :* ces matériaux proviennent de l'érosion, en bordure des plateaux, des alluvions des terrasses anciennes des principaux cours d'eau. Il s'agit de cailloutis mêlés à de l'argile sableuse, remaniés sur les versants des coteaux molassiques en éboulis de gravité sur les pentes fortes, et de solifluxions sur les pentes faibles. Ces matériaux ont été mélangés lors des glissements, avec apport d'éléments arrachés au substratum molassique ;

- *Dépôts glaciaires (Quaternaire) :* ces dépôts glaciaires sont de type morainique et pour la plupart mis en place lors de la dernière grande glaciation. Ils se présentent sous forme de blocs cristallins émoussés, emballés ou non dans de l'argile grise et se retrouvent dans l'extrémité sud de la Haute-Garonne ;

- *Paléochenaux (Quaternaire) :* les paléochenaux, individualisés au sein des alluvions, constituent en général des zones très argileuses dans leur tranche supérieure ;

- *Limons sur alluvions (Quaternaire) :* Ces alluvions limoneuses sont souvent formées d'une couche de plusieurs mètres d'épaisseur de cailloux, graviers ou sables argileux rubéfiés, surmontée de 1 à 6 m de limons d'inondation argileux très décalcifiés. Les limons de surface peuvent subir une évolution pédologique de type podzolique qui les transforme en « boulbènes battantes » plus ou moins hydromorphes par suite du mauvais drainage de la plaine. Le sous-sol peut présenter des accumulations argilo-ferrugineuses. Ces limons occupent plus de 20 % de la superficie du département, notamment autour des cours d'eau actuels ;

- *Alluvions tributaires de la molasse (Quaternaire) :* les alluvions tributaires de la molasse sont des formations qui, par leur position géographique, n'ont pu être alimentées que par la molasse environnante. Leur épaisseur varie de 3 à 10 m. Elles sont la plupart du temps, composées de limons argileux à rares galets, mais peuvent contenir en surface des passées sableuses, peu calcaires, et, en profondeur, des lits de graviers de quelques centimètres d'épaisseur qui surmontent des accumulations argileuses et/ou tourbeuses. Il s'agit des alluvions actuelles et de basses terrasses des cours d'eau secondaires et des alluvions anciennes des petites rivières ;

- *Alluvions graveleuses anciennes (Quaternaire) :* il s'agit de dépôts périglaciaires remaniés par l'érosion, réduits à des bancs de galets et graviers intercalés, entourés d'éboulis et de coulées de solifluxion. Ce sont les alluvions des terrasses moyennes et de glacis, les éboulis et matériaux de solifluxion issus des terrasses quaternaires, les alluvions des hauts niveaux et les alluvions des terrasses supérieures. Ces alluvions sont présentes au sud du département ;

- *Alluvions sablo-argileuses (Quaternaire) :* il s'agit de formations caillouteuses cimentées par une matrice argileuse. Les graviers et cailloux peuvent être abondants. Cette formation, dont l'épaisseur peut dépasser 10 m, correspond aux hautes terrasses et aux alluvions des rivières, principalement dans le nord du département ;

- *Formation résiduelle argilo-sableuse (Quaternaire) :* sur les replats des pentes douces et les parties horizontales des interfluves, le substratum molassique s'est altéré sur place pour donner une formation d'un à deux mètres d'épaisseur, argileuse, limoneuse et sableuse, plus ou moins décalcifiée. Cette formation est présente au sud-ouest du département ;

- *Molasse (Oligocène-Miocène) :* la molasse est caractérisée par la superposition, sur quelques centaines de mètres d'épaisseur, de plusieurs séquences sédimentaires continentales détritiques, mises en place dans un milieu fluviatile, entre l'Oligocène inférieur (Stampien) et le Miocène moyen (Helvétien). Les huit séquences observées sont généralement sablo-graveleuses à la base, puis silteuses, argileuses et enfin calcaires. Des traces de pédogénèse peuvent exister au sommet, ainsi que de l'argile d'altération ou de néoformation, parfois sur plusieurs mètres d'épaisseur. La granulométrie de la molasse varie énormément, avec de multiples passages latéraux de faciès non individualisés sur les cartes géologiques actuellement disponibles, mais la phase argileuse représente au minimum 15% du dépôt. Des formations superficielles dérivées de ces séquences (éluvions, colluvions,...) ont été localement regroupées dans cette catégorie, qui couvre plus de 25 % de la superficie du département ;

- *Argile palustre (Eocène-Oligocène) :* cette formation débute en général par des conglomérats à galets de quartz parfois rubéfiés, associés à des argiles rouges. L'essentiel de la série est constituée d'argiles gréseuses rouges, violacées à blanches ou

vertes, déposées en milieu palustre de plaine d'inondation alimentée par des matériaux argileux hérités du lessivage d'altérites. Puis, des encroûtements calcaires annoncent des calcaires lacustres. L'ensemble présente une épaisseur de 10 à 20 m et affleure localement dans l'est du département ;

- *Marnes et marno-calcaires (Jurassique) :* il s'agit de formations molassiques à dominante marneuse ou marno-calcaire et dont l'épaisseur atteint 40 à 50 m. Les faciès regroupés dans cette catégorie sont des marnes compactes et des calcaires marneux, ainsi que des marnes grises sableuses. Ces formations affleurent pour l'essentiel dans le sud-est du département ;

- *Argile bariolée gypsifère (Keuper) :* cette formation correspond à un complexe d'argiles bariolées (verte ou rouge à lie de vin), de cargneules ocres, de brèches, de calcaire dolomitique et d'évaporites (gypse et anhydrite).

Les formations affleurantes considérées comme non argileuses sont les suivantes :

- *Cônes de déjection et éboulis non argileux (Quaternaire) :* ces éboulis proviennent de la couverture des plateaux et masquent les formations miocène au pied des versants raides et au débouché des petits ravins qui les entament. Il s'agit de formations actuelles, caillouteuses, peu consolidées, à matrice argileuse.

- *Sables, grès et formations détritiques non consolidées (Oligocène*-Pliocène*) :* les formations détritiques non consolidées sont composées de cailloutis et de sables qui ont été individualisées dans la molasse : il s'agit de cailloutis, de sables peu agglomérés par un ciment calcaire, de grès à ciment calcaire et de sables fins micacés ;

- *Calcaires, poudingues et brèches (âge varié, principalement jurassique) :* les horizons calcaires sont disséminés au sein de la sédimentation molassique et présentent d'importantes hétérogénéités de faciès, ainsi qu'une grande variabilité dans leurs extensions horizontales et verticales. Ils peuvent présenter en surface des altérations argileuses liées à des phénomènes karstiques, mais ces poches d'argile n'ont pas été cartographiées et sont donc regroupées avec le calcaire. Certaines formations de type poudingue et brèches ont également été classées dans la même unité lithologique, du fait de leur caractère très résistant vis à vis de l'érosion.

- *Roches sédimentaires, cristallo-phylliennes et cristallines consolidées (âge varié, jurassique, triasique et paléozoïque) :* ce sont des roches dures, résistantes, qui ne sont a priori pas sensibles au phénomène de retrait-gonflement. Cette catégorie de roches consolidées fait apparaître des faciès très différents tels que des calcschistes, des calcaires, des calcaires marneux, des flysch marno-gréseux, des schistes et des grès d'une puissance de 1 000 m, des roches granitiques et des gneiss. Ces formations se situent principalement dans la partie pyrénéenne du département.

ANNEXE 2

Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences

Le phénomène de retrait-gonflement concerne exclusivement les sols à dominante argileuse.

Ce sont des sols fins comprenant une proportion importante de minéraux argileux et le plus souvent dénommés « argiles », « glaises », « marnes » ou « limons ». Ils sont caractérisés notamment par une consistance variable en fonction de la quantité d'eau qu'ils renferment : collant aux mains, parfois « plastiques », lorsqu'ils sont humides, durs et parfois pulvérulents à l'état desséché.

Les sols argileux se caractérisent essentiellement par une grande influence de la teneur en eau sur leur comportement mécanique.

1. Introduction aux problèmes de « retrait-gonflement »

Par suite d'une modification de leur teneur en eau, les terrains superficiels argileux varient de volume : retrait lors d'une période d'assèchement, gonflement lorsqu'il y a apport d'eau. Cette variation de volume est accompagnée d'une modification des caractéristiques mécaniques de ces sols.

Ces variations sont donc essentiellement gouvernées par les conditions météorologiques, mais une modification de l'équilibre hydrique établi (imperméabilisation, drainage, concentration de rejet d'eau pluviale....) ou une conception des fondations du bâtiment inadaptée à ces terrains sensibles peut tout à fait jouer un rôle pathogène.

La construction d'un bâtiment débute généralement par l'ouverture d'une fouille qui se traduit par une diminution de la charge appliquée sur le terrain d'assise. Cette diminution de charge peut provoquer un gonflement du sol en cas d'ouverture prolongée de la fouille (c'est pourquoi il est préconisé de limiter au maximum sa durée d'ouverture).

La contrainte appliquée augmente lors de la construction du bâtiment, et s'oppose plus ou moins au gonflement éventuel du sol. On constate en tout cas que plus le bâtiment est léger, plus la surcharge sur le terrain sera faible et donc plus l'amplitude des mouvements liés au phénomène de retrait-gonflement sera grande.

Une fois le bâtiment construit, la surface du sol qu'il occupe devient imperméable. L'évaporation ne peut plus se produire qu'en périphérie de la maison. Il apparaît donc un gradient entre le centre du bâtiment (où le sol est en équilibre hydrique) et les façades, ce qui explique que les fissures apparaissent de façon préférentielle dans les angles.

Une période de sécheresse provoque le retrait qui peut aller jusqu'à la fissuration du sol. Le retour à une période humide se traduit alors par une pénétration d'autant plus brutale de l'eau dans le sol par l'intermédiaire des fissures ouvertes, ce qui entraîne des phénomènes de gonflement. Le bâtiment en surface est donc soumis à des mouvements différentiels alternés dont l'influence finit par amoindrir la résistance de la structure. Contrairement à un phénomène de tassement des sols de remblais, dont les effets diminuent avec le temps, les désordres liés au retrait-gonflement des sols argileux évoluent d'abord lentement puis

s'amplifient lorsque le bâtiment perd de sa rigidité et que la structure originelle des sols s'altère.

Retrait et gonflement sont deux mécanismes liés. Il arrive que leurs effets se compensent (des fissures apparues en été se referment parfois en hiver), mais la variabilité des propriétés mécaniques des sols de fondations et l'hétérogénéité des structures (et des régimes de contraintes) font que les phénomènes sont rarement complètement réversibles.

L'intensité de ces variations de volume, ainsi que la profondeur de terrain affectée par ces mouvements de « retrait-gonflement » dépendent essentiellement :

- des caractéristiques du sol (nature, géométrie, hétérogénéité) ;
- de l'épaisseur de sol concernée par des variations de teneurs en eau : plus la couche de sol concernée par ces variations est épaisse, plus les mouvements en surface seront importants. L'amplitude des déformations s'amortit cependant assez rapidement avec la profondeur et on considère généralement qu'au-delà de 3 à 5 m, le phénomène s'atténue, car les variations saisonnières de teneurs en eau deviennent négligeables ;
- de l'intensité des facteurs climatiques (amplitude et surtout durée des périodes de déficit pluviométrique) ;
- de facteurs d'environnement tels que :
  - . la végétation ;
  - . la topographie (pente) ;
  - . la présence d'eaux souterraines (nappe, source...) ;
  - . l'exposition (influence sur l'amplitude des phénomènes d'évaporation).

Ces considérations générales sur le mécanisme de retrait-gonflement permettent de mieux comprendre comment se produisent les sinistres « sécheresse » liés à des mouvements différentiels du sol argileux et quels sont les facteurs qui interviennent dans le processus. On distingue pour cela les facteurs de prédisposition (conditions nécessaires à l'apparition de ce phénomène), qui déterminent la répartition spatiale de l'aléa, et des facteurs qui vont influencer ce phénomène soit en le provoquant (facteurs de déclenchement), soit en en accentuant les effets (facteurs aggravants).

2. Facteurs intervenant dans le mécanisme

2.1. Facteurs de prédisposition

Il s'agit des facteurs dont la présence induit le phénomène de retrait-gonflement mais ne suffit pas à le déclencher. Ces facteurs sont fixes ou évoluent très lentement avec le temps. Ils conditionnent la répartition spatiale du phénomène et permettent de caractériser la susceptibilité du milieu.

Vis à vis du phénomène de retrait-gonflement, la nature lithologique du sol constitue le facteur de prédisposition prédominant. Les terrains susceptibles de retrait-gonflement sont des formations argileuses au sens large, mais leur nature peut être très variable : dépôts sédimentaires argileux, calcaires argileux, marno-calcaires, dépôts alluvionnaires, colluvions, roches éruptives ou métamorphiques altérées, etc.

La géométrie de la formation géologique a une influence dans la mesure où l'épaisseur de la couche de sol argileux joue sur l'amplitude du phénomène. Une formation argileuse continue

sera plus dangereuse qu'un simple inter-lit argileux entre deux bancs calcaires. Mais cette dernière configuration peut dans certains cas conduire à l'apparition de désordres.

Le facteur principal est cependant lié à la nature minéralogique des composants argileux présents dans le sol. Un sol argileux est généralement constitué d'un mélange de différents minéraux dont certains présentent une plus grande aptitude au phénomène de retrait-gonflement. Il s'agit essentiellement des smectites (famille de minéraux argileux tels que la montmorillonite), de certains interstratifiés, de la vermiculite et de certaines chlorites.

Les conditions d'évolution du sol après dépôt jouent également. Le contexte paléoclimatique auquel le sol a été soumis est susceptible de provoquer une évolution de sa composition minéralogique : une altération en climat chaud et humide (de type intertropical) facilite la formation de minéraux argileux gonflants. L'évolution des contraintes mécaniques appliquées intervient aussi : un dépôt vasard à structure lâche sera plus sensible au retrait qu'un matériau « surconsolidé » (sol ancien ayant subi un chargement supérieur à celui des terrains sus-jacents actuels), lequel présentera plutôt des risques de gonflement.

2.2. Facteurs déclenchants et/ou aggravants

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).

Certains de ces facteurs ont plutôt un rôle aggravant : ils ne suffisent pas à eux seuls à déclencher le phénomène, mais leur présence contribue à en alourdir l'impact.

2.2.1. Phénomènes climatiques

Les variations climatiques constituent le principal facteur de déclenchement. Les deux paramètres importants sont les précipitations et l'évapotranspiration.

En l'absence de nappe phréatique, ces deux paramètres contribuent en effet fortement aux variations de teneurs en eau dans la tranche superficielle des sols (que l'on peut considérer comme les deux premiers mètres sous la surface du sol).

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). Elle est mesurée dans certaines stations météorologiques mais ne constitue jamais qu'une approximation puisqu'elle 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 très difficile de relier la répartition dans le temps des hauteurs de pluies efficaces avec l'évolution des teneurs en eau dans le sol, même si l'on observe évidemment qu' après une période de sécheresse prolongée la teneur en eau dans la tranche superficielle de sol a tendance à diminuer tandis que l'épaisseur de la tranche de sol concernée par la dessiccation augmente, 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'évaporation mais aussi le ruissellement), mais toute la difficulté est de connaître la réserve utile des sols, c'est-à-dire leur capacité à emmagasiner de l'eau et à la restituer ensuite (par évaporation ou en la transférant à la végétation par son système racinaire). Les bilans établis selon la méthode de Thornthwaite supposent arbitrairement que la réserve utile des sols est pleine en début d'année, alors que les évolutions de celle-ci peuvent être très variables.

2.2.2. Actions anthropiques

Certains sinistres « sécheresse » ne sont pas déclenchés par un phénomène climatique, par nature imprévisible, mais par une action humaine.

Des travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains, ainsi que les possibilités d'évaporation naturelle, peuvent entraîner des modifications dans l'évolution des teneurs en eau de la tranche superficielle de sol.

La mise en place de drains à proximité d'un bâtiment peut provoquer un abaissement local des teneurs en eau et entraîner des mouvements différentiels au voisinage. Inversement, une fuite dans un réseau enterré augmente localement la teneur en eau et peut provoquer, outre une érosion localisée, un gonflement du sol qui déstabilisera un bâtiment situé à proximité. Dans le cas d'une conduite d'eaux usées, le phénomène peut d'ailleurs être aggravé par la présence de certains ions qui modifient le comportement mécanique des argiles et accentuent leurs déformations.

La concentration d'eau pluviale ou de ruissellement au droit de la construction joue en particulier un rôle pathogène déterminant.

Par ailleurs, la présence de sources de chaleur en sous-sol (four ou chaudière) à proximité d'un mur peut dans certains cas accentuer la dessiccation du sol dans le voisinage immédiat et entraîner l'apparition de désordres localisés.

Enfin, des défauts de conception de la construction tant au niveau des fondations (ancrage à des niveaux différents, bâtiment construit sur sous-sol partiel, etc.) que de la structure elle-même (par exemple, absence de joints entre bâtiments accolés mais fondés de manière différente) constituent un facteur aggravant indéniable qui explique l'apparition de désordres sur certains bâtiments, même en période de sécheresse à caractère non exceptionnel.

2.2.3. Conditions hydrogéologiques

La présence ou non d'une nappe, ainsi que l'évolution de son niveau en période de sécheresse, jouent un rôle important dans les manifestations du phénomène de retrait-gonflement.

La présence d'une nappe permanente à faible profondeur (c'est-à-dire à moins de 4 m sous le terrain naturel) permet en général d'éviter la dessiccation de la tranche de sol superficielle.

Inversement, le rabattement de la nappe (sous l'influence de pompages situés à proximité, ou du fait d'un abaissement généralisé du niveau) ou le tarissement des circulations d'eau superficielles en période de sécheresse provoque une aggravation de la dessiccation dans la tranche de sol soumise à l'évaporation.

Pour exemple, dans le cas d'une formation argileuse surmontant une couche sableuse habituellement saturée en eau, le dénoyage de cette dernière provoque l'arrêt des remontées capillaires dans le terrain argileux et contribue à sa dessiccation.

2.2.4. Topographie

Hormis les phénomènes de reptation en fonction de la pente, les constructions sur terrain pentu peuvent être propices à l'apparition de désordres issus de mouvements différentiels du terrain d'assise sous l'effet de retrait-gonflement.

En effet, plusieurs caractères propres à ces terrains sont à considérer :

- le ruissellement naturel limite leur recharge en eau, ce qui accentue le phénomène de dessiccation du sol ;

- 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 ;
- les fondations étant généralement descendues partout à la même cote se trouvent, de fait, ancrées plus superficiellement du côté aval ;
- enfin, les fondations d'un bâtiment sur terrain pentu se comportent comme une barrière hydraulique vis-à-vis des circulations d'eaux dans les couches superficielles le long du versant. Le sol à l'amont tend donc à conserver une teneur en eau plus importante qu'à l'aval.

2.2.5. Végétation

La présence de végétation arborée à proximité d'un édifice construit sur sol sensible peut, à elle seule, constituer un facteur déclenchant, même si, le plus souvent, elle n'est qu'un élément aggravant.

Les racines des arbres soutirent l'eau contenue dans le sol, par un mécanisme de succion. Cette succion crée une dépression locale autour du système racinaire, ce qui se traduit par un gradient de teneur en eau dans le sol. Celui-ci étant en général faiblement perméable du fait de sa nature argileuse, le rééquilibrage des teneurs en eau est très lent.

Ce phénomène de succion peut alors provoquer un tassement localisé du sol autour de l'arbre. Si la distance au bâtiment n'est pas suffisante, cela peut entraîner des désordres au niveau des fondations, et à terme sur la bâtisse elle-même.

On considère en général que l'influence d'un arbre adulte se fait sentir jusqu'à une distance égale à une fois et demi sa hauteur. Les racines seront naturellement incitées à se développer en direction de la maison puisque celle-ci limite l'évaporation et maintient donc sous sa surface une zone de sol plus humide. Contrairement au processus d'évaporation qui affecte surtout la tranche superficielle des deux premiers mètres, les racines d'arbres ont une influence jusqu' à 4 à 5 m de profondeur, voire davantage.

Le phénomène sera d'autant plus important que l'arbre est en pleine croissance et qu'il a besoin de plus d'eau. Ainsi on considère qu'un peuplier ou un saule adulte a besoin de 300 litres d'eau par jour en été. En France, les arbres considérés comme les plus dangereux du fait de leur influence sur les phénomènes de retrait, sont les chênes, les peupliers, les saules et les cèdres. Des massifs de buissons ou arbustes situés près des façades peuvent cependant causer aussi des dégâts.

Par ailleurs, des risques importants de désordres par gonflement de sols argileux sont susceptibles d'apparaître, souvent plusieurs années après la construction de bâtiments, lorsque ces derniers ont été implantés sur des terrains anciennement boisés et qui ont été défrichés pour les besoins du lotissement. La présence de ces arbres induisait en effet une modification importante de l'équilibre hydrique du sol, et ceci sur plusieurs mètres de profondeur. Leur suppression se traduit par une diminution progressive de la succion, l'eau infiltrée n'étant plus absorbée par le système racinaire. Il s'ensuit un réajustement du profil hydrique, susceptible d'entraîner l'apparition d'un gonflement lent mais continu.

2.3. Mécanismes et manifestations des désordres

Les mouvements différentiels du terrain d'assise d'une construction se traduisent par l'apparition de désordres qui affectent l'ensemble du bâti et qui sont en général les suivants :

Gros-œuvre :

- fissuration des structures enterrées ou aériennes ;
- déversement de structures fondées de manière hétérogène ;

- désencastrement des éléments de charpente ou de chaînage ;
- dislocation des cloisons.

Second-œuvre :

- distorsion des ouvertures ;
- décollement des éléments composites (carrelage, plâtres...) ;
- rupture de tuyauteries et canalisations.

Aménagement extérieur :

- fissuration des terrasses ;
- décollement des bâtiments annexes, terrasses, perrons ;

La nature, l'intensité et la localisation de ces désordres dépendent de la structure de la construction, du type de fondation réalisée et bien sûr de l'importance des mouvements différentiels de terrain subis.

L'exemple type de la maison sinistrée par la sécheresse est :

- une maison individuelle (structure légère) ;
- à simple rez-de-chaussée avec dallage sur terre-plein voire sous-sol partiel ;
- fondée de façon relativement superficielle, généralement sur des semelles continues, peu ou non armées et peu profondes (inférieur à 80 cm) ;
- avec une structure en maçonnerie peu rigide, sans chaînage horizontal ;

et reposant sur un sol argileux.

ANNEXE 3 : Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles, pris pour la commune de Toulouse à la date du 22 avril 2009

Commune	Début période	Fin période	Date de l'arrêté	Date de parution au JO
TOULOUSE I, II, IV, VII, IX, XIII, XIV	janv-91	déc-91	20 octobre 1992	5 novembre 1992
TOULOUSE I, VI, VII, IX, XIV	janv-98	déc-99	27 décembre 2000	29 décembre 2000
TOULOUSE	janv-98	sept-00	15 novembre 2001	1 décembre 2001
TOULOUSE	janv-02	sept-02	8 juillet 2003	26 juillet 2003
TOULOUSE	juil-03	sept-03	11 janvier 2005	1 février 2005
TOULOUSE	janv-06	mars-06	18 avril 2008	23 avril 2008

ANNEXE 4

Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2006
Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.
Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment) .
L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.
L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans l es chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

Tableau 1 – Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ce ou ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

* NOTE : A définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante

Tableau 2 - Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

ETAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2).Elle s sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisinants.
- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)

Elle est réalisée au stade d'avant projet et permet de réduire les conséquence s des risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre e n compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis -à-vis des nappes et avoisinants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

ETAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

Phase Projet

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis -à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

Phase Assistance aux Contrats de Travaux

- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en oeuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

Phase Etude

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement

(calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

Phase Suivi

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaires si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par

l'entrepreneur.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

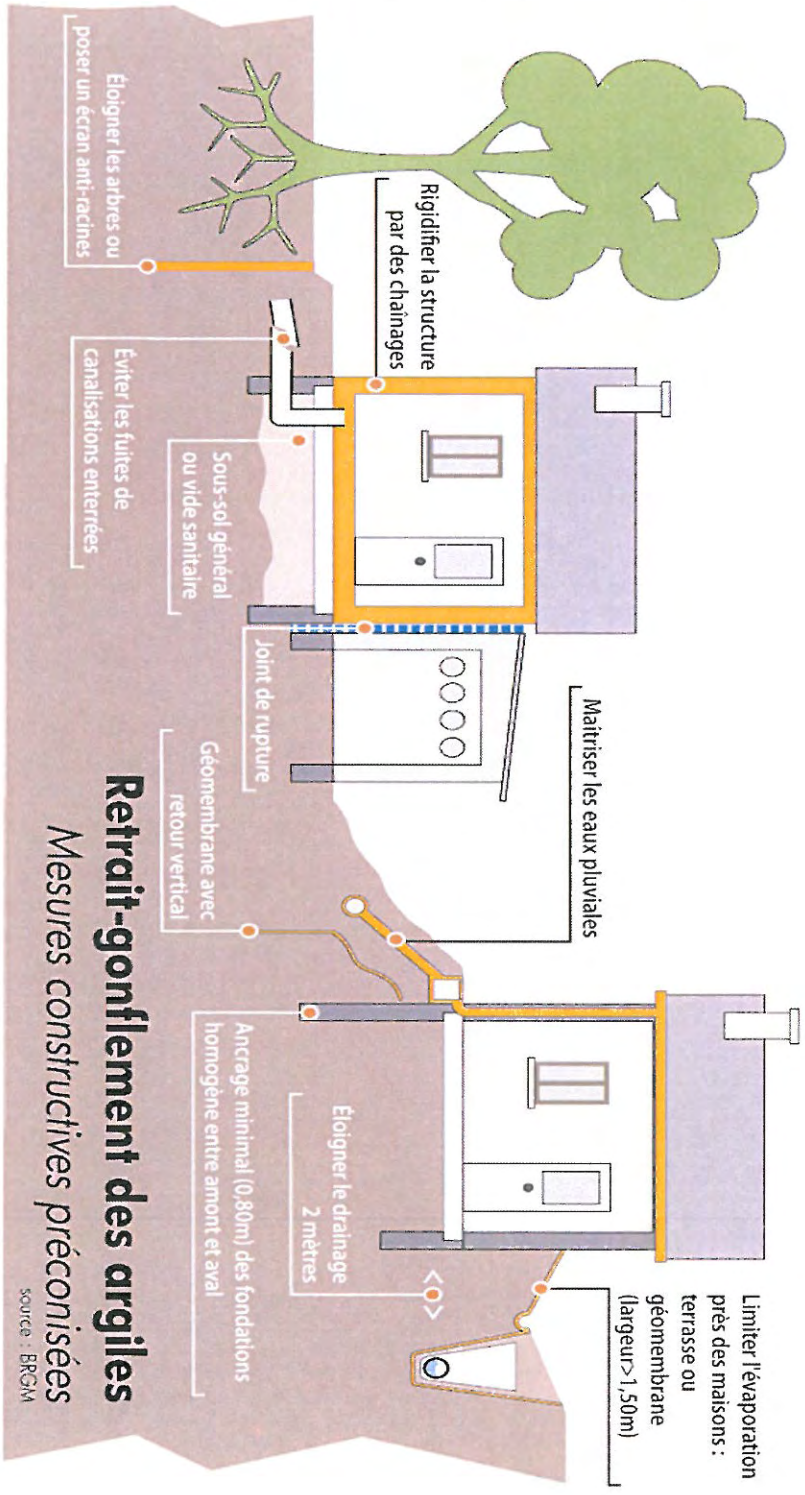
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d' une mission ponctuelle.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifiques, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doiv ent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

ANNEXE 5

Schéma de principe des mesures constructives préconisées



ANNEXE 6

Extrait de l'étude GIPEA-2GH-ADRET (novembre 2006)

MAIRIE DE TOULOUSE

DIRECTION URBANISME ET ENVIRONNEMENT

Risque naturel retrait-gonflement des argiles

Etude spécifique pour le Plan de Prévention des Risques Naturels Sécheresse applicable à Toulouse



Rapport Final

R273.06 – Novembre 2006

Gipea

ADRET

PREMIERE PARTIE :

CARTOGRAPHIE DE L'ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES SUR LE TERRITOIRE DE LA VILLE DE TOULOUSE

3. Présentation des informations utilisées

3.1. Exploitation et valorisation de l'information existante

3.1.1. Généralités

Dans un premier temps, on s'est attaché à exploiter et valoriser toutes les informations existantes sur le contexte toulousain :

- les cartes géologiques et pédologiques locales,
- les sondages contenus dans la banque de données BISMUTH, du point de vue de la lithologie des formations mais aussi de la piézométrie ;
- les photographies aériennes analysées par photogrammétrie, les orthophotographies ;
- les données topographiques (modèles numériques de terrain, fonds de plans...) ;
- le cadastre numérisé ;
- les données climatiques ;
- les données géotechniques issues des rapports d'études de sol et/ou d'expertises diligentées par le maître d'ouvrage dans le cadre de projets d'aménagement, de construction de bâtiments ou d'infrastructures ;
- les sinistres déclarés.

Cette exploitation et cette valorisation ont été possible grâce à **un système d'information spécifique GEOINFO, développé par GIPEA,** qui en plus des fonctionnalités classiques d'affichage de couches géoréférencées, permet d'extraire de la banque de données BISMUTH pour chaque sondage toutes les informations pertinentes pour la caractérisation de l'aléa étudié : localisation en plan et en profondeur des formations potentiellement sensibles au phénomène de retrait-gonflement, localisation des aquifères recoupés par les sondages.

Quelques fonctionnalités du système GEOINFO sont illustrées par des copies d'écran sur les pages suivantes.

Une fois toutes ces informations structurées dans GEOINFO, on a pu ainsi procéder à une première analyse permettant d'établir la répartition spatiale des informations, de manière à mettre en évidence les secteurs pas ou peu renseignés, s'agissant notamment des données du sous-sol.

C'est à l'issue de cette analyse que la localisation des investigations complémentaires nécessaire pour compléter les données existantes a été définie.

3.1.2. Sondages de la base BISMUTH

BISMUTH (**B**anque d'**I**nformation sur le sous-**S**ol en **M**ilieu **U**rbain de **T**oulouse géologique et **H**ydrogéologique) est une base de données créée par le BRGM pour le compte de la ville de Toulouse qui réunit des informations relatives à des sondages, soit qui sont issus de la Banque des données du sous-sol (BSS), soit qui on été exécutés dans le cadre d'opérations sous maîtrise d'ouvrage de la Ville [2].

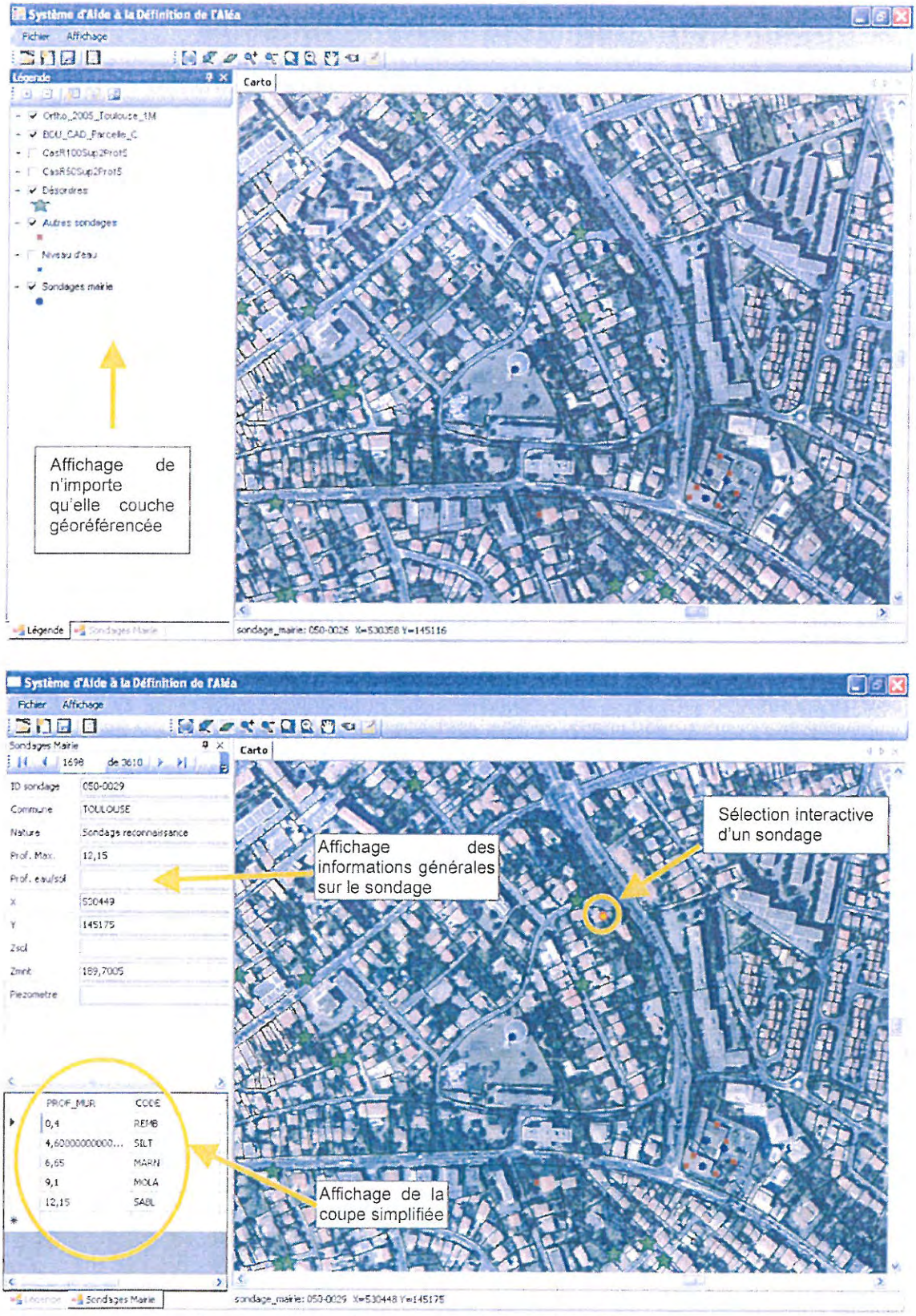


Figure 2 : illustrations des fonctionnalités de GEOINFO

Une fois ces informations rassemblées, le BRGM à procédé à l'homogénéisation des données lithologiques résultant de l'interprétation des sondages contenus dans la base par le biais d'un référentiel géologique spécifique à la ville de Toulouse (voir tableau ci-après).

FORMATIONS	CODE	DESCRIPTION LITHO-STRATIGRAPHIQUE	LABEL (cartes géol. au 1/50000) : 983-984
Actuel	MUR	Maçonnerie	X
	REMB	Remblais	X
	VID	Vide ou cavité	
	COL	Colluvions, formations de pente	m-gRc (984)
	PLAT	Formations résiduelles de plateau	m-gRe (983, 984)
	LOES	Dépôts à faciès de Loess	OE (984)
Basse plaine	AMTO	Tourbes dans les alluvions modernes	sans objet
	AMAL	Alluvions modernes argilo-limoneuses	Fz2, Fz1, Fz (983;984)
	AMAS	Passée sableuse dans AMAL	Fz2, Fz1, Fz (983;984)
	AMSG	Alluvions modernes sablo-graveleuses	Fz2, Fz1, Fz (983;984)
	AMSA	Passée argileuse dans AMSG	Fz2, Fz1, Fz (983;984)
	AMC	Passée sableuse à la base des AMSG (chenalisation ou altération)	Fz2, Fz1, Fz (983;984)
Basses terrasses	1TO	Tourbes dans la première terrasse	sans objet
	1AL	Séquence argilo-limoneuse de la première terrasse	Fy2 (984); Fy1, Fy (983, 984))
	1AS	Passée sableuse dans 1AL	Fy2 (984); Fy1, Fy (983, 984))
	1SG	Séquence sablo-graveleuse de la première terrasse	Fy2 (984); Fy1, Fy (983, 984))
	1SA	Passée argileuse dans 1SG	Fy2 (984); Fy1, Fy (983, 984))
	1C	Passée sableuse à la base des 1SG (chenalisation ou altération)	Fy2 (984); Fy1, Fy (983, 984))
	2TO	Tourbes dans la deuxième terrasse	sans objet
	2AL	Séquence argilo-limoneuse de la deuxième terrasse	Fx (983;984)
	2AS	Passée sableuse dans 2AL	Fx (983;984)
	2SG	Séquence sablo-graveleuse de la deuxième terrasse	Fx (983;984)
	2SA	Passée argileuse dans 2SG	Fx (983;984)
	2C	Passée sableuse à la base des 2SG (chenalisation ou altération)	Fx (983;984)
	3TO	Tourbes dans la troisième terrasse	sans objet
	3AL	Séquence argilo-limoneuse de la troisième terrasse	Fw (983); Fvw (984)
	3AS	Passée sableuse dans 3AL	Fw (983); Fvw (984)
	3SG	Séquence sablo-graveleuse de la troisième terrasse	Fw (983); Fvw (984)
	3SA	Passée argileuse dans 3SG	Fw (983); Fvw (984)
	3C	Passée sableuse à la base des 3SG (chenalisation ou altération)	Fw (983); Fvw (984)
	4AL	Séquence argilo-limoneuse de la quatrième terrasse	Fv (983)
	4AS	Passée sableuse dans 4AL	Fv (983)
	4SG	Séquence sablo-graveleuse de la quatrième terrasse	Fv (983)
	4SA	Passée argileuse dans 4SG	Fv (983)
	4C	Passée sableuse à la base des 4SG (chenalisation ou altération)	Fv (983)
Formations molassiques	SILT	Silts des formations molassiques	m2;m1;g2-3 (983);g2, g2d, g2c, g2b, g2a (984)
	MARN	Argiles et marnes des formations molassiques	m2;m1;g2-3 (983);g2, g2d, g2c, g2b, g2a (984)

	SABL	Sables et grès des formations molassiques	m2;m1;g2-3 (983);g2, g2d, g2c, g2b, g2a (984)
	MOLA	Argile et sable mélangés	m2;m1;g2-3 (983);g2, g2d, g2c, g2b, g2a (984)
	CALC	Calcaires des formations molassiques	m2;m1;g2-3 (983);g2, g2d, g2c, g2b, g2a (984)
	XMOL	Molasse non décrite considérée par défaut comme imperméable	m2;m1;g2-3 (983);g2, g2d, g2c, g2b, g2a (984)
	CAV	Cavité creusée dans la molasse	sans objet
	UNDF	Non connu ou non défini	sans objet

Tableau 1 : Référentiel géologique spécifique à la ville de Toulouse défini par le BRGM

A l'issue de ce processus d'homogénéisation, le BRGM a sélectionné 3610 sondages selon des critères de répartition, profondeur et vraisemblance de l'interprétation dans la perspective de modéliser le sous-sol toulousain. Considérant que ces données offraient les meilleures garanties de représentativité et de qualité, c'est cet ensemble de 3610 sondages qui a été retenu pour le processus de définition de l'aléa retrait-gonflement.

3.1.3. Prise en compte des sinistres déclarés

Un des éléments d'information important quand on traite du phénomène de retrait-gonflement est la **sinistralité**, autrement dit la manifestation du phénomène en termes de sinistres sur le bâti. Cette sinistralité dépend de facteurs de prédisposition (essentiellement la nature lithologique du sol) et de facteurs déclenchants et/ou aggravants qui provoquent le phénomène de retrait-gonflement mais qui n'entrent en jeu que s'il existe des facteurs de prédisposition. Une liste de sinistres **déclarés en 2003** a été fournie par la mairie de Toulouse dans le cadre de cette étude. La répartition géographique de ces sinistres est représentée sur la carte géologique en figure 3.

La carte géologique de référence est **la carte modifiée par le BRGM** dans le cadre du projet BISMUTH . Par rapport aux feuilles de la carte géologique « officielle » au 1/50000 éditée par le Comité de la Carte Géologique de France, les modifications apportées sont relatives aux alluvions du Seuil de Toulouse (Fy2).

On constate sur la figure 3 une très forte corrélation entre la répartition des sinistres et la géologie des terrains sédimentaires :

- 57 % des sinistres se situent sur des formations molassiques (m-g Re, m-g Rc), dont 93% sur la seule butte de Jolimont,
- le reste se répartissant entre les alluvions des basses plaines de la Garonne et les alluvions de la basse terrasse.

Ces corrélations sur les sinistres doivent être toutefois considérées avec précautions :

- nous ne disposons que de la situation géographique de ces sinistres, sans accès au dossier de l'expertise qui nous permettrait de vérifier que les désordres constatés sont bien liés au seul phénomène de retrait-gonflement,
- seuls les sinistres déclarés en 2003 sont pris en compte,
- la quantité de sinistres dépend de la densité de l'habitat. A conditions géologiques équivalentes, les quartiers les moins bâtis sont forcément moins touchés par le phénomène.

CARTE GEOLOGIQUE DE LA VILLE DE TOULOUSE (d'après rapport BRGM RP-53296-FR)

Localisation des sinistres « sécheresse » déclarés en 2003

N
W E
S

Echelle : 1/100000

LEGENDE

TERRAINS SEDIMENTAIRES

- X : Sol historique
- OE : Dépôts à faciès de loess
- Fz2 : Alluvions actuelles du lit majeur de la Garonne
- Fz1 : Alluvions quaternaires des basses plaines de la Garonne
- Fz : Alluvions actuelles et modernes des cours d'eau secondaires
- Fy1 : Alluvions de la basse terrasse
- Fy : Alluvions des basses terrasses des cours d'eau secondaires
- FS : Eboulis et solifluxion des alluvions quaternaires
- g2d : Stampien terminal
- g2c : Stampien supérieur
- g2-3 : Banc calcaire dans le Stampien
- m-g Re : Formations éluviales de la molasse
- m-g Rc : Formations d'éboulis et solifluxion de la molasse

Sècheresse 2003

- Sinistre déclaré

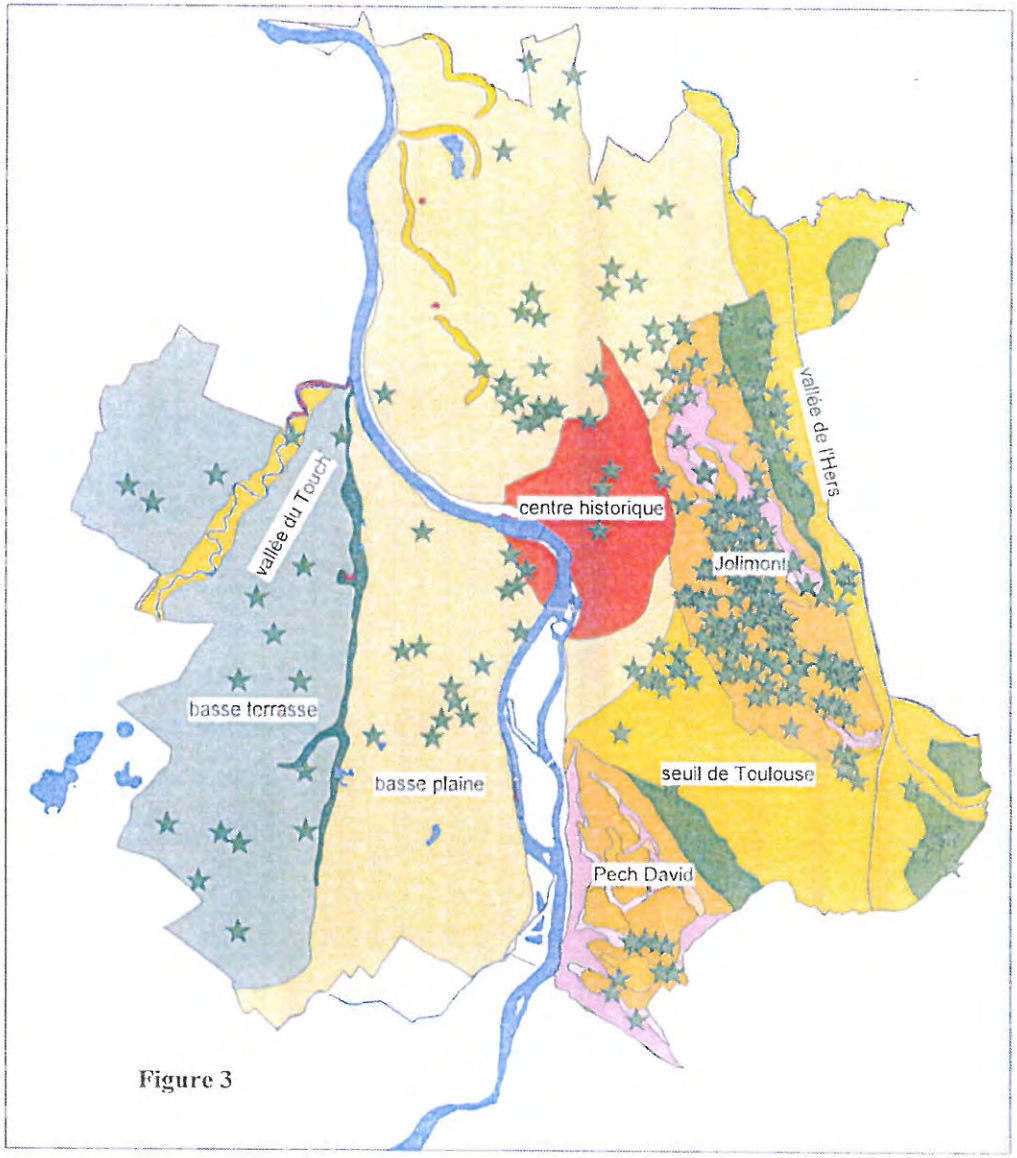


Figure 3

3.2. Collecte de données supplémentaires

3.2.1. Types et quantité d'investigations réalisées

Un programme d'investigations a été élaboré dans le cadre de la préparation de l'offre dont les quantités sont indiquées dans le tableau ci-après. Ces quantités ont été évaluées en tenant compte des sondages existants et de la géologie locale[2]. Dans le même tableau, figurent les quantités effectivement réalisées.

Type d'investigation	Prévu	Réalisé
Prélèvements :		
sondages à la pelle mécanique	30	24*
sondages carotté de 3m de profondeur	7	3
Essais d'identification en laboratoire		
analyse diffractométrique RX	10	
essai au bleu de méthylène	30	24
mesure de l'indice de plasticité	30	24
retrait linéaire	30	24
Essais mécaniques en laboratoire		
essais oedométriques	7	5
Essais in-situ		
essais de pompage	3	0
essais d'infiltration	*20*	*0*

**sondages à la tarière*

Pour déterminer la répartition de ces investigations supplémentaires, les règles suivantes ont été adoptées :

- nous sommes partis de la liste des sinistrés.
- à partir de cette liste, un compromis a été recherché entre la densité de sinistres et la densité de sondages existants, le principe étant que les nouvelles investigations devaient être concentrées sur les secteurs à la fois les plus sinistrés mais aussi les plus « pauvres » en sondages existants.
- on a recherché à optimiser les sites sélectionnés pour répondre au double objectif d'acquérir de nouvelles données géotechniques mais aussi des informations in-situ nécessaires à l'analyse de l'influence de la végétation.

A l'issue de ce processus, un échantillon de 60 propriétés a été retenu, et une demande d'autorisation d'intervenir envoyé à chaque propriétaire accompagné d'un courrier d'explication à en-tête de la mairie. **Ces 60 sites se trouvent quasi exclusivement sur la colline de Jolimont**, puisque c'est le secteur géographique qui présente la plus forte densité de sinistres et la plus faible densité de sondages existants (voir figure 4).

[2] En résumé, on a considéré que l'essentiel des formations concernées par le phénomène de retrait-gonflement se situaient en rive droite de la Garonne, au sein des buttes de mollasse de l'Oligocène et des alluvions récentes de l'Hers.

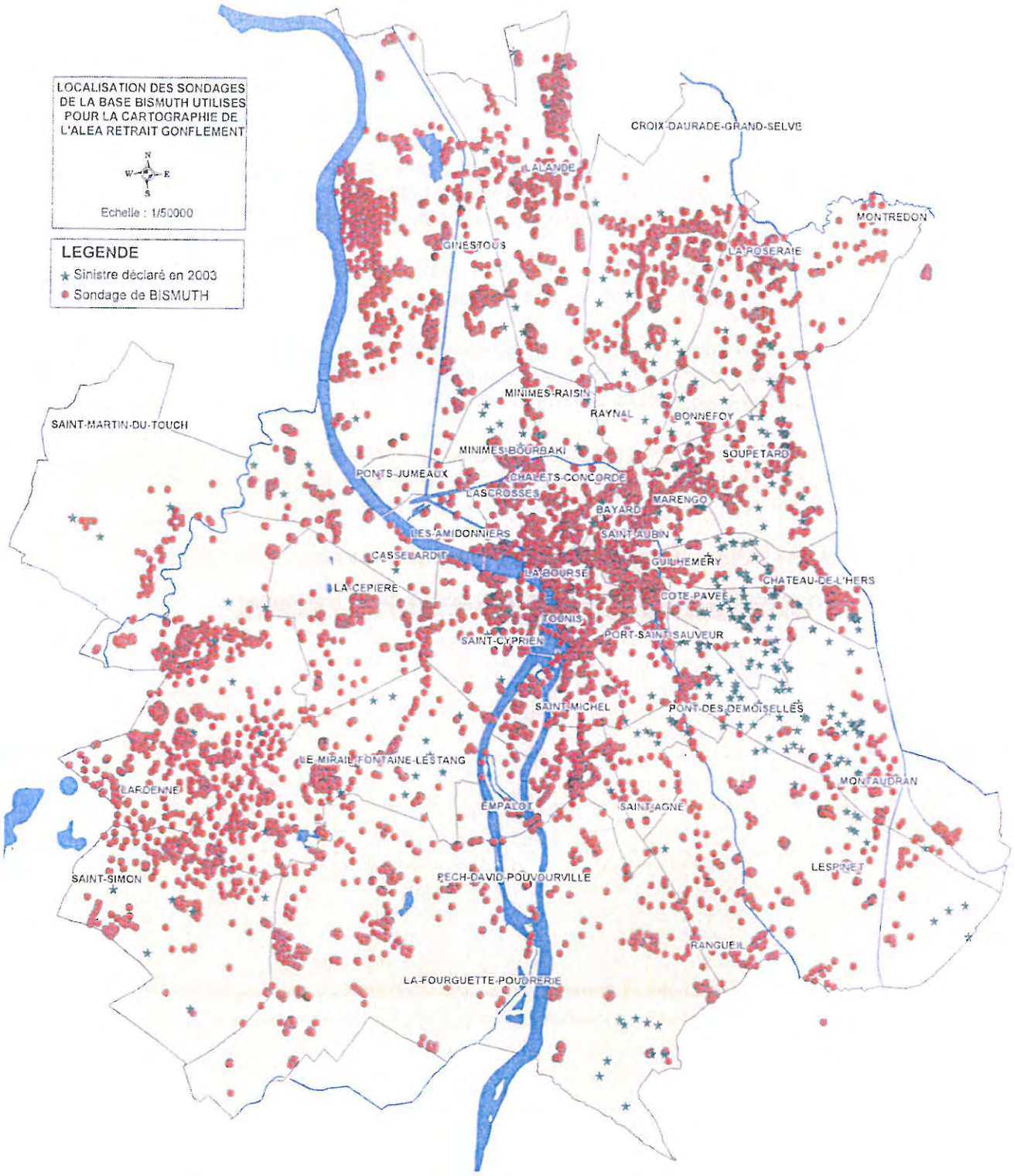


Figure 4 : carte de localisation des sondages de la base BISMUTH utilisés pour la cartographie de l'aléa retrait-gonflement

A l'issue de la phase de consultation des 60 propriétaires sélectionnés, seuls 14 ont répondus favorablement. Sur ces 14 sites potentiels, 10 présentaient des accès permettant la mise en œuvre des moyens d'investigations. Ce maigre bilan par rapport aux ambitions initiales nous a conduits à rechercher d'autres sites dans le même secteur, non plus auprès de particuliers, mais dans le domaine public : parcs, jardins, espaces verts... Au final, 14 sites en plus des 10 chez des particuliers ont pu faire l'objet d'investigations soit un total de 24 sites.

Les sondages à la pelle initialement prévus ont été remplacés par des tarières de 5m de profondeur. L'impact de cette technique est en effet plus faible sur les terrains au droit et aux abords du sondage et le gabarit de la machine est bien adapté aux jardins toulousains.

Les essais de pompage et d'infiltration prévus au programme n'ont pu être exécutés. Pour les essais d'infiltration, les raisons de cet échec sont les suivantes :

→ *la moitié des sondages exécutés n'ont pas recoupé de niveau d'eau,*
→ *dans la grande majorité des cas, les niveaux d'eau recoupés étaient très bas,*
→ *les parois des sondages se sont montrées instables.*

Pour les essais de pompage, le programme prévoyait de les exécuter dans des forages existants[3]. Or aucun ouvrage présentant des caractéristiques adéquates en termes de profondeur, équipement, niveau d'eau n'a été trouvé sur le secteur Jolimont-Cote Pavée.

Le tableau suivant présente la localisation des les 24 sondages exécutés (cf figure 5).

Type	XLambert	YLanbert	N°	NOM
Particuliers			TC1	CO
			TC15	AR
			TC17	RI
			TC18	GE
			TC2	CA
			TC3	LA
			TC4	BE
			TC5	OR
			TC6	BO
			TC7	FA
Espace public	529993,00	147671,10	TC8	Square du Monde
	529900,00	147459,00	TC9	Place Bet
	529686,40	146913,10	TC10	Jardin Périole
	529289,40	146225,50	TC11	Jardin Lavit
	529887,10	146309,20	TC12	Groupe scolaire Jolimont
	530462,00	146400,70	TC13	Eglise St-Vincent
	530828,40	145849,10	TC14	Mairie de quartier
	529246,60	144238,30	TC19	Place Raspail
	529774,70	145076,90	TC21	Place Pinel
	529859,40	144789,20	TC22	Place Basch
	531418,50	144177,70	TC24	Eglise St-Claire
	531184,30	143682,00	TC25	Parc de Limayrac
	530228,90	143175,30	TC27	Place de la Pergola
	531287,40	142184,00	TC31	Place Alalouf

[3] Dans le cadre du programme BISMUTH, la ville de Toulouse dispose d'un réseau de puits faisant l'objet d'un suivi piézométrique régulier

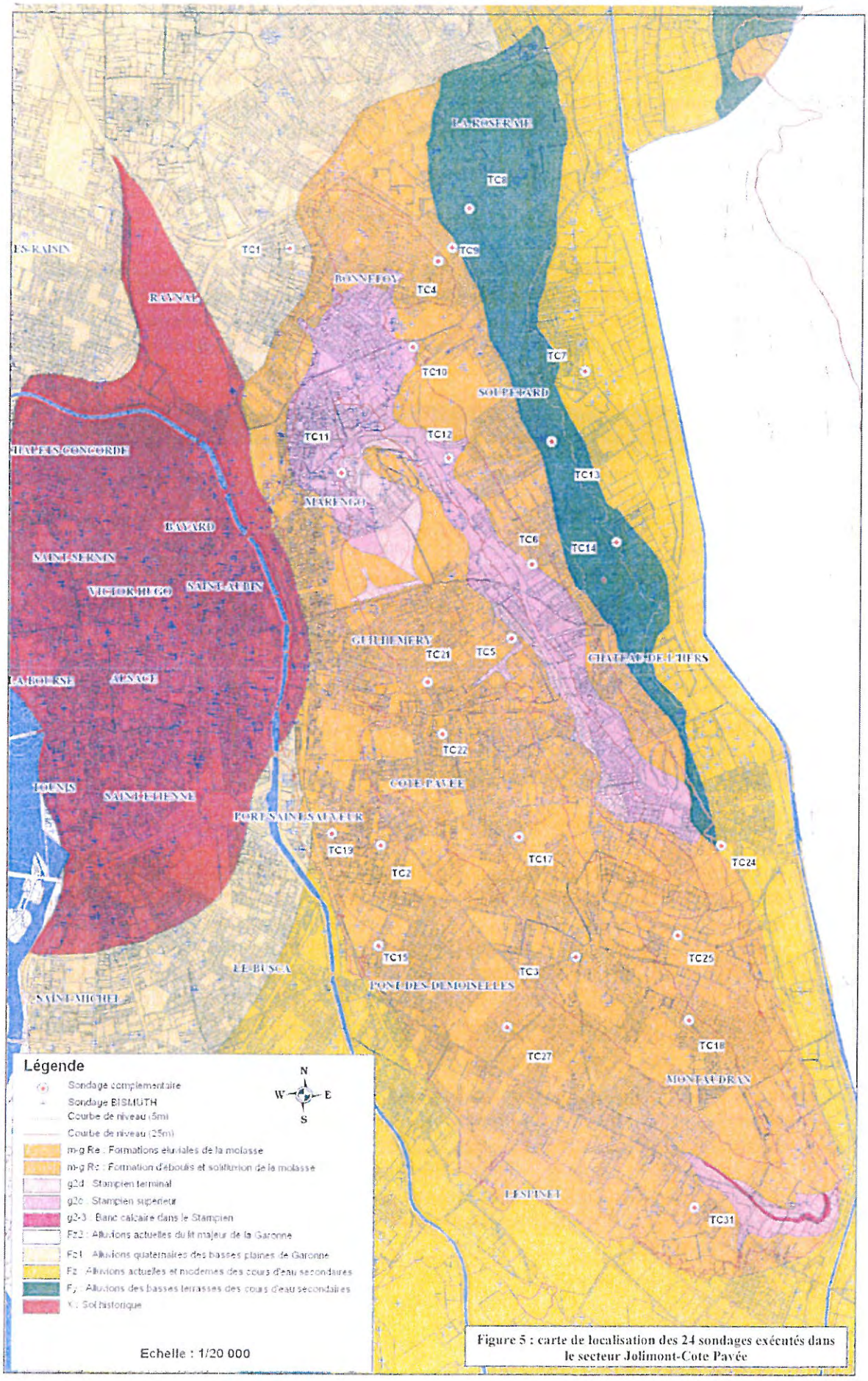


Figure 5 : carte de localisation des 24 sondages exécutés dans le secteur Jolimont-Cote Pavée

Des échantillons de sols « en vrac » ont été systématiquement prélevés dans les sondages à la tarière (environ un/mètre). Quelques échantillons intacts ont été prélevés au moyen d'un carottier. Tous ces échantillons ont fait l'objet d'essais en laboratoire.

3.2.2. Résultats des investigations réalisées

Résultats géologiques

Les coupes détaillées des sondages sont fournies en annexe. Sur la figure 6, on a représenté les points de sondages avec leur **coupe lithologique synthétique**. Les quatre termes retenus pour décrire ces coupes, *remblai, argile, argile sableuse, sable argileux,* correspondent à une classification des formations rencontrées fondée sur la nature lithologique et la granulométrie de la fraction dominante :

Terminologie des coupes synthétiques	Formations rencontrées	Correspondance code BRGM
Argile	argiles pures, argiles limoneuses et/ou silteuses, argiles calcareuses, de consistances plastique à compacte et de teintes très variées (gris, marron, vert, ocre...)	COL, MARN, PLAT
Argile sableuse	argiles sableuse, sablo-graveleuse et graveleuse, de consistances moyenne à compacte et de teintes variées (gris, marron, ocre),	COL, MARN, PLAT
Sable argileux	sables purs (assez rares), sables argileux, de consistances moyenne à compacte et de teintes variées (gris, marron, ocre),	SABL, COL, MARN
Remblai	éléments très hétérogènes : terre végétale (limons), matériaux de remblai (briques, sables, graviers, graves, galets...).	REMB

Cette classification n'est pas encore, à ce stade, reliée à la susceptibilité des sols au phénomène de retrait-gonflement. Elle n'a été introduite que pour rendre compte de la variabilité lithologique des formations du secteur Jolimont-Cote Pavée.

L'examen de la figure 6 appelle les commentaires suivants :

- → on observe une **forte hétérogénéité verticale et latérale** de la lithologie des formations. Aucune tendance claire ne se dégage tant au niveau de la *régionalisation* des séquences lithologiques que de relations éventuelles entre ces séquences et des *éléments topographiques* structurants (pied de versant, versant, plateau, crête...).
- → la **présence de matériaux argileux** sur des épaisseurs significatives (de 1 à 3m) est **quasi systématique** dans tous les sondages. Les plus fortes épaisseurs de matériaux argileux sont observées dans la *plaine de l'Hers* (TC8, TC7, TC14) et au *Pont-des-Demoiselles* (TC15) ; les plus fortes épaisseurs de matériaux sableux sont observées à *Montaudran* (TC3 et TC25).
- → **il est très difficile d'établir une relation entre les séquences lithologiques observées et les formations affleurantes mentionnées par la carte géologique** au droit des sondages. Ainsi les sondages TC24 et TC7, situés sur les alluvions actuelles des cours d'eau Fz (classées en aléa faible dans le projet de PPR), présentent une forte proportion de matériaux argileux, alors que les sondages TC25 et TC3 situés sur les colluvions m-gRe (classées en aléa moyen) montrent les plus fortes épaisseurs de matériaux sableux.

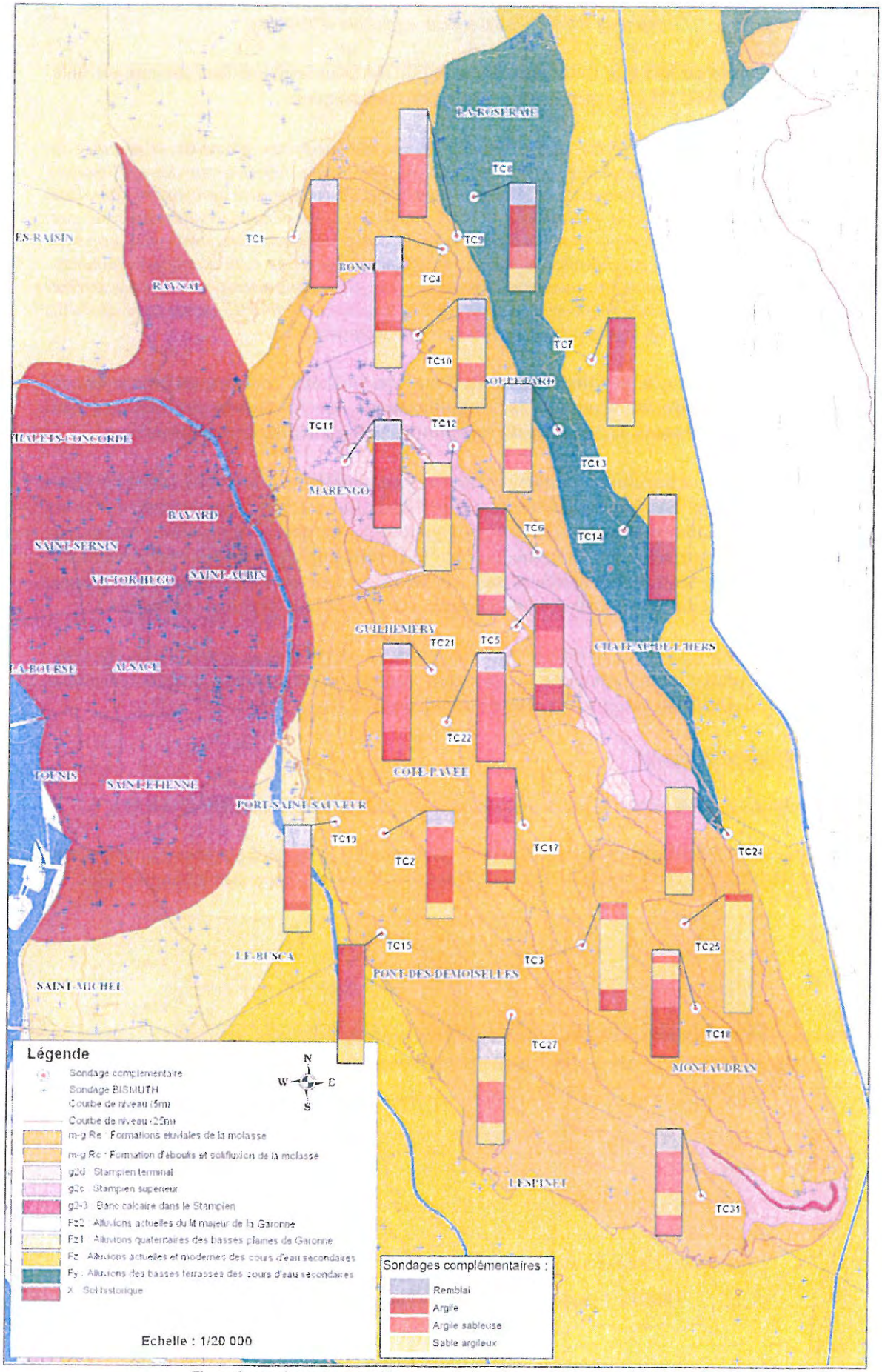


Figure 6 : représentation synthétiques des résultats des sondages complémentaires

Ces observations ne font que confirmer ce que le BRGM avait souligné dans son rapport final sur le projet BISMUTH [2] à propos des formations molassiques:

« ... les conditions de dépôt des molasses car elles conditionnent leur géométrie et explique la difficulté que représente leur cartographie, en particulier lorsqu'elle débouche sur des applications hydrogéologiques ou géotechniques. Les matériaux constitutifs des molasses se sont mis en place dans un environnement torrentiel et fluvio-lacustre. Ceci signifie que les séquences successives se sont superposé après que les torrents transportant le matériel d'une séquence aient érodé tout ou partie des dépôts de la séquence précédente. De ce fait, le paysage résultant est celui d'un glacis tabulaire lardé de méandres plus ou moins anastomosés et le matériel finalement obtenu montre ***une extrême hétérogénéité****. Des grès d'une séquence pourront ainsi se trouver en continuité latérale avec des silts, des argiles ou des calcaires d'une autre séquence, suivante ou précédente.»*

Ce constat pose bien la problématique de l'analyse de l'aléa retrait gonflement sur le territoire de la ville de Toulouse et singulièrement sur les buttes molassiques qui rappelons-le, constituent les terrains de très loin les plus sensibles à ce phénomène.

En un lieu donné, la sensibilité au phénomène de retrait-gonflement n'est pas tellement lié à l'origine et à l'âge des dépôts des terrains superficiels qui est le critère déterminant pour établir la cartographie géologique du lieu, mais plutôt à la présence d'un matériau particulier (l'argile) au sens géotechnique du terme. S'il est indéniable que la présence d'argile dans une formation est liée à sa sédimentation et sa diagénèse, cette même formation peut regrouper sous la même appellation des sols dont la teneur en argile est d'une extrême variabilité.

Dans ces conditions, on peut estimer que la méthode de cartographie de l'aléa retrait-gonflement fondée principalement sur la carte géologique est peu adaptée au territoire toulousain, particulièrement sur les buttes molassiques.

Résultats géotechniques

Les résultats des essais de laboratoire sont donnés dans le tableau de la page suivante.

Du point de vue de **l'argilosité** des matériaux analysés, les paramètres caractéristiques sont l'indice de plasticité **IP** et la valeur au bleu **VBS**. Les valeurs sont représentées sur la figure 7.

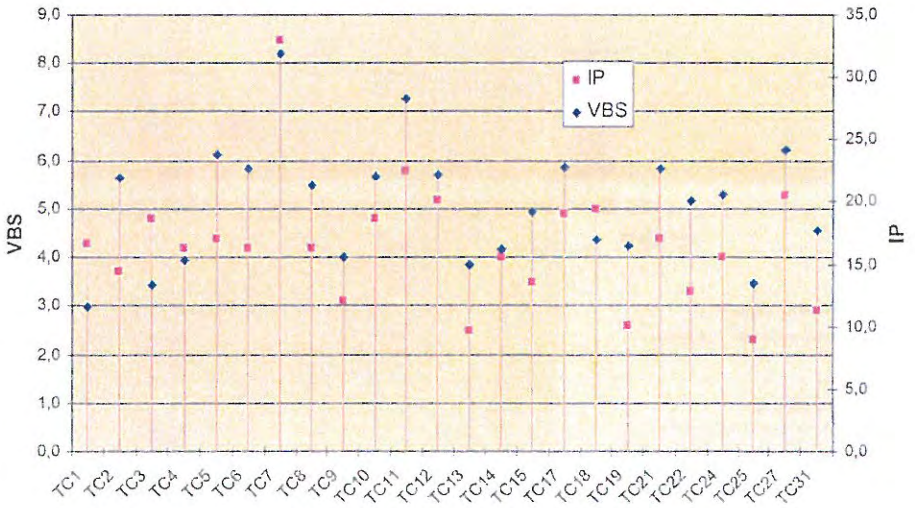


Figure 7 : argilosité des échantillons d'argiles prélevés

Tableau récapitulatif des résultats des essais de laboratoire

Echantillon			Teneur en eau	Essai au bleu de méthylène				Limites d'Atterberg			Indications sur la Granulométrie						Essai de dessiccation	
point de prélèvement	sondage	profondeur en mètres	W nat en %	fraction de sol choisie	%de passant sur la fraction de sol	valeur de bleu sur fraction choisie	valeur de bleu sur le sol	limite de liquidité	indice de plasticité	indice de consistance	pourcentage (sol sec) passant à						Limite de retrait effectif voisine de (en%)	Facteur de retrait effectif
					0/50mm	Vb	VBS	WL	Ip	Ic	20mm	10mm	5mm	2mm	400µm	80µm	Ws	
Villa Co	TC1	2,0/2,5	15,3	0-400µm	90,6	4,7	4,3	32,3	11,6	1,5		100			90,6		8,5	0,43
Villa Ca	TC2	2,5/3,0	21,4	0-400µm	96,1	3,9	3,7	43,6	21,9	1,0			100	99,8	96,1		8,9	0,30
Vila La	TC3	2,5/3,0	11,9	0-400µm	93,9	5,1	4,8	33,2	13,3	1,6			100		93,9		8,8	0,25
Villa Be	TC4	3,0/3,8	12,4	0-400µm	86,6	4,9	4,2	38,9	15,3	*	100				86,6		10,0	0,17
Villa Or	TC5	0,5/1,3	13,6	0-400µm	98,6	4,4	4,4	46,4	23,8	1,4		100			98,6		11,3	0,37
Villa Bo	TC6	0,4/1,3	13,7	0-400µm	93,8	4,5	4,2	46,4	22,7	1,4	100				93,8		11,0	0,41
Villa Fa	TC7	1,4/2,5	33,2	0-400µm	97,9	8,6	8,5	65,4	31,9	1,0		100			97,9		19,0	0,38
Square du monde	TC8	3,1/3,7	18,6	0-400µm	93,8	4,5	4,2	46,3	21,3	1,3	100				93,8		15,9	0,40
Place Bet	TC9	2,0/3,0	17,7	0-400µm	97,3	3,2	3,1	41,2	15,6	1,5		100			97,3		14,4	0,32
Jardin Périole	TC10	0,6/1,8	15,2	0-400µm	90,7	5,3	4,8	43,3	22,1	1,3			100		90,7		10,5	0,31
Jardin Lavit	TC11	0,9/2,6	18,7	0-400µm	96,5	6,0	5,8	51,7	28,3	1,2		100			96,5		12,0	0,44
Groupe scolaire Jolimont	TC12	0,6/2,6	14,4	0-400µm	96,4	5,4	5,2	47,5	22,2	1,5		100			96,4		9,6	0,36
Église St Vincent de Paul	TC13	2,8/3,8	12,7	0-400µm	89,3	2,8	2,5	38,7	14,9	*	100				89,3		14,5	0,22
Mairie annexe Rue Garnier	TC14	2,1/3,0	17,1	0-400µm	95,1	4,2	4,0	39,4	16,2	1,4		100	99,6		95,1		12,3	0,32
Villa Ar	TC15	3,5/4,4	13,6	0-400µm	92,1	3,8	3,5	42,0	19,2	1,5	100				92,1		14,9	0,30
Villa Ri	TC17	1,3/1,8	21,0	0-400µm	98,1	5,0	4,9	49,6	22,8	1,3		100			98,1		10,5	0,33
Villa Ge	TC18	1,3/2,6	16,6	0-2mm	99,6	5,0	5,0	43,7	16,9	1,6			100	99,6	95,4		13,2	0,35
Place Raspail	TC19	2,5/3,4	17,2	0-2mm	98,4	2,7	2,6	37,9	16,5	*			100	98,4	88,2	52,8	11,0	0,26
Place Pinel	TC21	0,9/2,6	12,6	0-2mm	96,5	4,5	4,4	46,3	22,7	1,5			100	96,5	91,9		11,3	0,32
Place Basch	TC22	0,8/2,7	14,7	0-2mm	98,7	3,3	3,3	45,2	20,0	1,5		100		98,7	95,1		11,6	0,40
Église Ste Claire	TC24	1,3/2,8	19,6	0-2mm	99,6	4,1	4,0	46,2	20,5	1,3			100	99,6	96,9		13,0	0,42
Parc de Limayrac	TC25	0,0/0,4	8,7	0-400µm	84,8	2,7	2,3	32,8	13,5	*			100		84,8		10,5	0,17
Place Pergola	TC27	2,0/3,2	13,9	0-2mm	98,9	5,4	5,3	48,5	24,2	*		100	99,6	98,9	93,3	74,0	13,2	0,27
Parc Alalouf	TC31	2,7/3,5	9,6	0-2mm	94,9	3,0	2,9	39,3	17,7	1,7			100	94,9	90,2		15,0	0,20

**Ic non significatif car passant à 400µm trop faible*

Echantillon			Essai de compressibilité à l'œdomètre						Essai de gonflement à l'œdomètre	
point de prélèvement	sondage	profondeur en mètres	indice des vides	contrainte effective verticale (kPa)	contrainte effective de préconsolidation (kPa)	indice de compression	indice de gonflement	coefficient de gonflement	pression de gonflement (kPa)	rapport de gonflement
Square du monde	TC8	3,0	0,472	60	63	0,048	0,008	0,015	≈ 100	$0,9 \times 10^{-2}$
Parc de Limayrac	TC25	1,3	0,63	26	70	0,22	0,01	0,018	non réalisable	
Place Pergola	TC27	3,1	0,508	62	100	0,065	0,01	0,021	≈ 100	$1,4 \times 10^{-2}$

Si l'on se réfère à la norme AFNOR pour la classification géotechnique des matériaux (n° NFP11-300), les matériaux analysés se rangent dans les catégories suivantes :

Echantillon	Classe AFNOR	Définition
TC1, TC13,	A1-A2	Limons peu plastiques, silts alluvionnaires,
TC2, TC3, TC4, TC5, TC6, TC8, TC9, TC10, TC12, TC14, TC15, TC17, TC18, TC19, TC21, TC22, TC24, TC25, TC27, TC31	A2	Argiles peu plastiques
TC7, TC11	A3	Argiles très plastiques

Ce tableau montre que, du point de vue de leur argilosité et *selon la classification AFNOR*, les échantillons analysés sont **remarquablement homogènes.**

La plasticité des argiles analysées, caractérisée par leurs limites d'Atterberg, est exprimée dans le diagramme de Casagrande (figure 8). On constate sur ce diagramme que la très grande majorité des échantillons se classe dans la catégorie des **argiles moyennement plastiques.** Seul l'échantillon prélevé dans le TC7 (villa Fa, dans la plaine de l'Hers) se classe dans les argiles très plastiques.

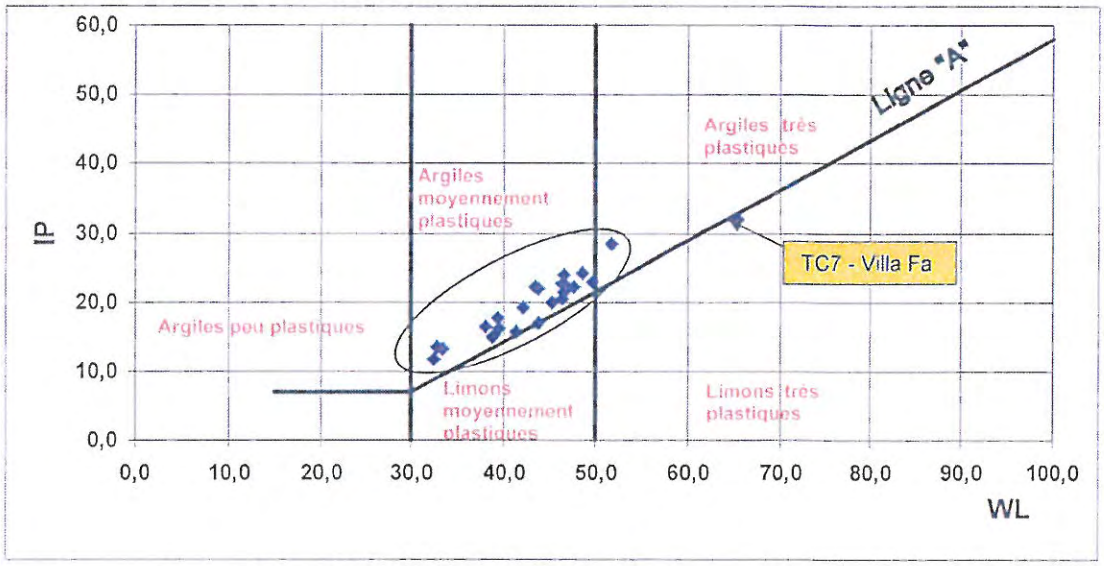


Figure 8 : plasticité des argiles prélevées (diagramme de Casagrande)

La **compressibilité** de ces matériaux et leur aptitude au **gonflement** ont été évalués par le biais d'essais à l'œdomètre effectués sur 3 prélèvements intacts. Les résultats montrent que ces matériaux sont **peu à moyennement compressibles** et présentent un **faible potentiel de gonflement.**

Les **analyses minéralogiques** effectuées par diffractométrie des rayons X sur les mêmes 3 échantillons que ceux testés à l'œdomètre indiquent une fraction largement majoritaire d'interstratifiés smectite/illite et smectite/chlorite (72, 79 et 88%) plus de l'illite et/ou des micas et de la kaolinite. Rappelons que les interstratifiés sont considérées comme des **minéraux potentiellement gonflants.**

Pour caractériser **la susceptibilité de ces matériaux au phénomène de retrait-gonflement**, il n'existe pas de classification « officielle ». On s'est donc appuyé sur trois approches différentes :

- → celle utilisée par le BRGM pour la caractérisation de l'aléa dans le cadre du projet de PPR [1], basée sur la valeur au bleu (VBS), l'indice de plasticité (IP) et le retrait linéaire (RI),
- → celle préconisée dans le rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement sur les risques de subsidence dus à la sécheresse [3], basée sur l'IP, le pourcentage de passant au tamis de 80 µm et la VBS,
- → une classification préconisée en Angleterre par le *Building Research Establishment* [20] basée exclusivement sur l'indice de plasticité.

Selon la classification du BRGM :

Echantillon	Susceptibilité / VBS	Susceptibilité / IP	Susceptibilité / RI	Susceptibilité globale
TC2, TC3, TC4, TC5, TC6, TC9, TC10, TC12, TC13, TC14, TC15, TC17, TC18, TC19, TC21, TC22, TC25, TC27,TC31	moyenne	moyenne	faible	moyenne
TC1, TC8, TC11, TC24			moyen	
TC7	forte	forte	faible	forte

Selon la classification préconisée dans le rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement :

Echantillon	Susceptibilité / IP	Susceptibilité / % 80µ	Susceptibilité / VBS	Susceptibilité globale
TC1, TC3, TC13, TC25	faible	?	moyen	moyenne
TC2, TC4, TC5, TC6, TC8, TC9, TC10, TC11, TC12, TC14, TC15, TC17, TC18, TC19, TC21, TC22, TC24, TC27, TC31	moyenne			
TC7	forte	?	forte	forte

Selon la classification du BRE (Angleterre) :

Echantillon	Susceptibilité / IP
TC1, TC3, TC4, TC9, TC13, TC14, TC15, TC18, TC19, TC25, TC31	faible
TC2, TC5, TC6, TC7, TC8, TC10, TC11, TC12, TC17, TC21, TC22, TC24, TC27	moyenne

On constate que les deux premières classifications donnent le même résultat pour la susceptibilité globale des échantillons. Ce résultat est, au passage, le même dans les deux cas que celui donné par la classification en fonction de la **seule valeur au bleu**. La classification anglaise ne donne pas, contrairement aux autres, d'échantillons à forte susceptibilité.

Les échantillons analysés présentent donc dans leur grande majorité, des **caractéristiques faibles à moyennes de susceptibilité au retrait-gonflement**.

Des analyses de teneur en eau ont été systématiquement effectuées sur des séries d'échantillons prélevés à peu près tous les mètres dans chacun des sondages. Les variations de teneur en eau en fonction de la profondeur sont représentées pour chacun des sondages sur la figure 9 pages suivantes. Sur les graphiques figurent également la séquence lithologique de chaque sondage (cf. § 3.2.2.).

A l'instar de la lithologie, les résultats des profils de teneur en eau montrent :

- → une **grande dispersion** des valeurs,
- → une **extrême hétérogénéité** dans leur tendance évolutive en fonction de la profondeur,
- → une absence de relation évidente entre teneur en eau et lithologie.

Sur le graphique de la figure 10, la totalité des résultats est reportée en fonction de la profondeur.

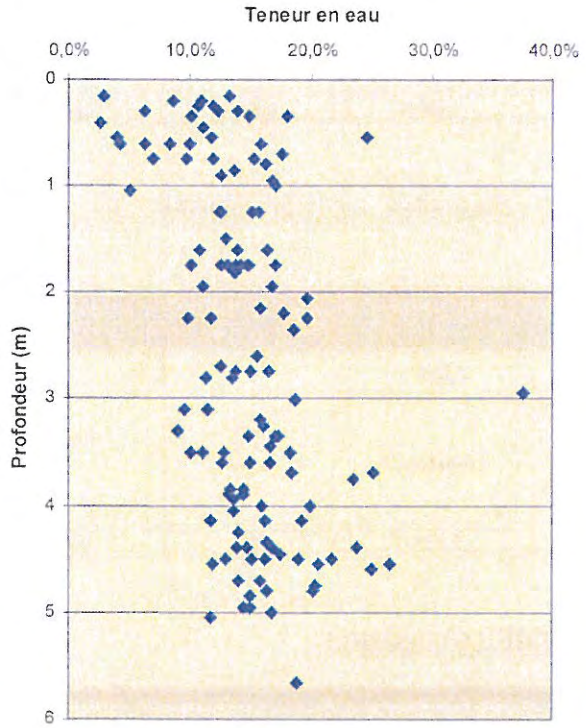
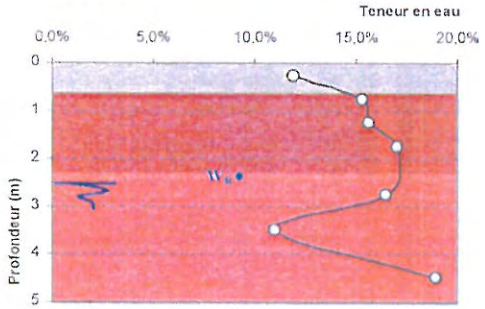


Figure 10 : ensemble des résultats des teneurs en eau en fonction de la profondeur

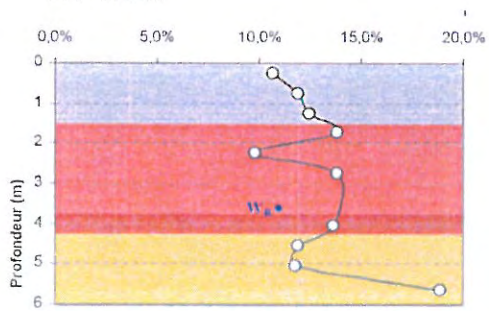
Ce graphique illustre la grande dispersion des résultats. Les seules tendances qui se dessinent, si l'on prend ces résultats dans leur globalité, sont les suivantes :

- → la teneur en eau s'accroît avec la profondeur,
- → la dispersion des valeurs est maximum dans la tranche 0-1m, et minimum (mais non négligeable) dans la tranche 2-3m. Quant à la tranche 3-5m, la dispersion y apparaît comme intermédiaire par rapport aux deux autres tranches de profondeur.

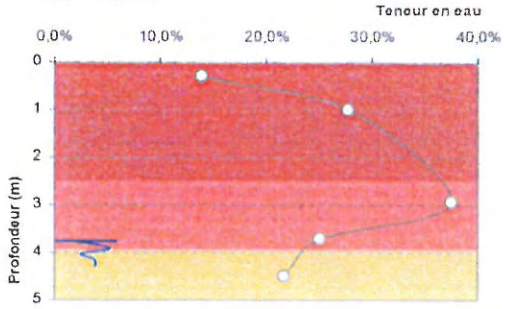
TC1 - Villa Co



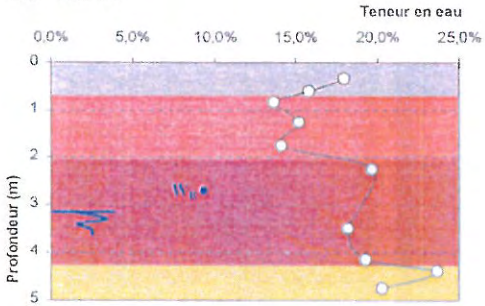
TC4 - Villa Be



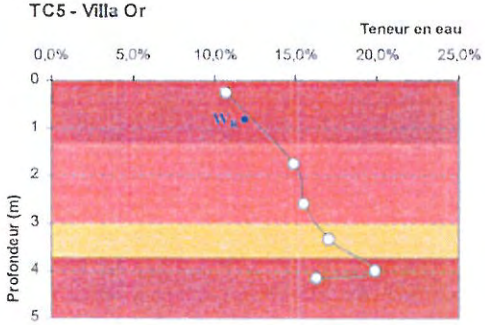
TC7 - Villa Fa



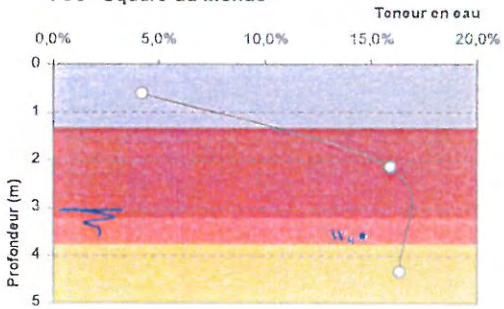
TC2 - Villa Ca



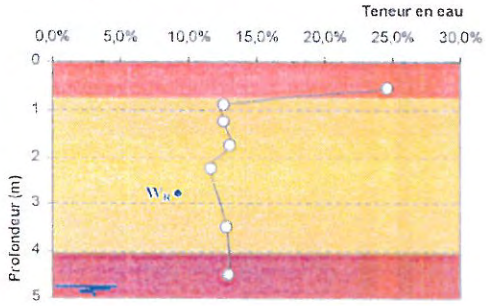
TC5 - Villa Or



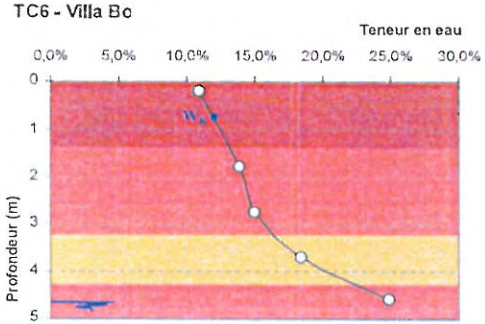
TC8 - Square du Monde



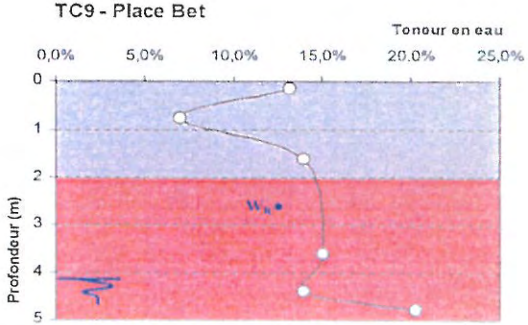
TC3 - Villa La



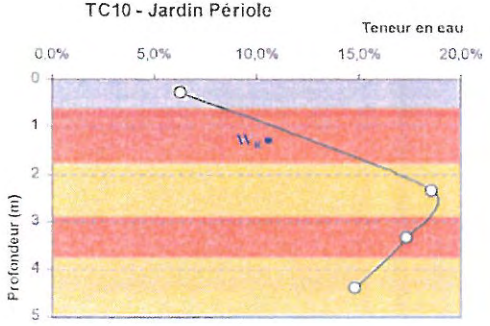
TC6 - Villa Bo



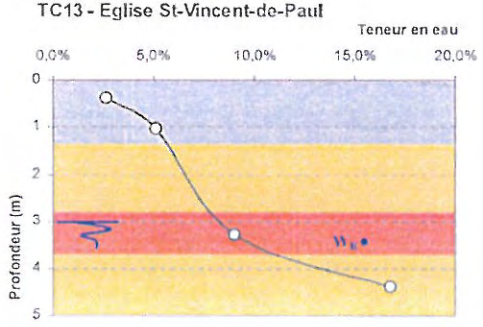
TC9 - Place Bet



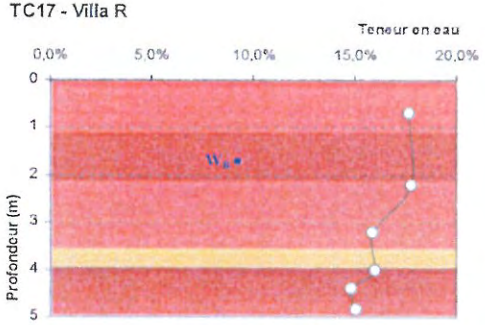
TC10 - Jardin Périole



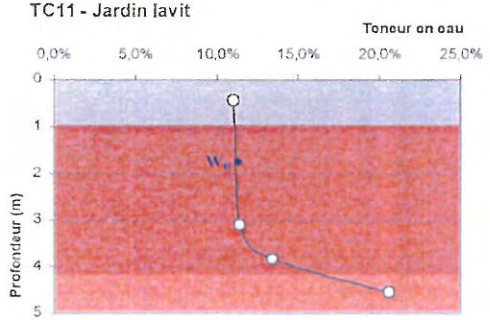
TC13 - Eglise St-Vincent-de-Paul



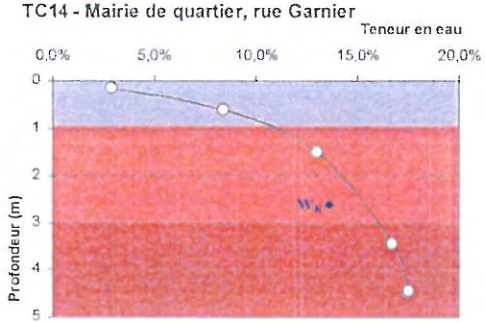
TC17 - Villa R



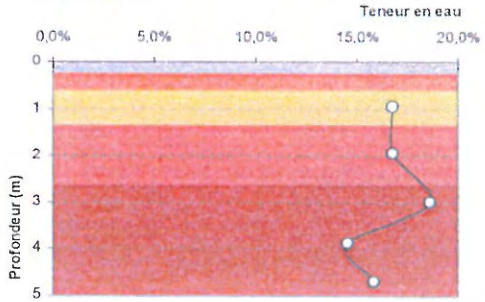
TC11 - Jardin Iavit



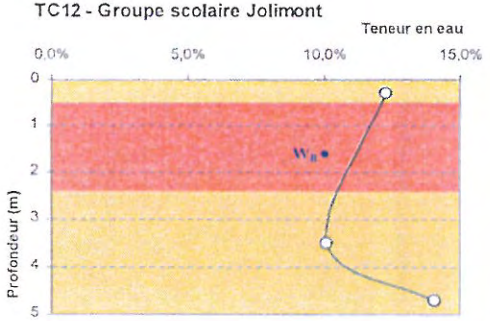
TC14 - Mairie de quartier, rue Garnier



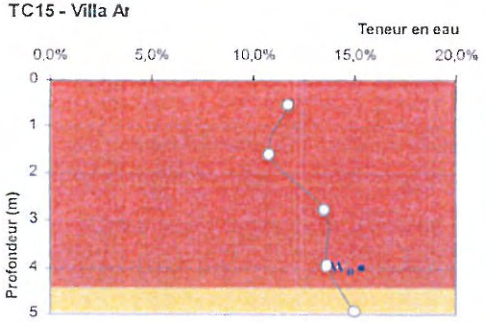
TC18 - Villa Ge



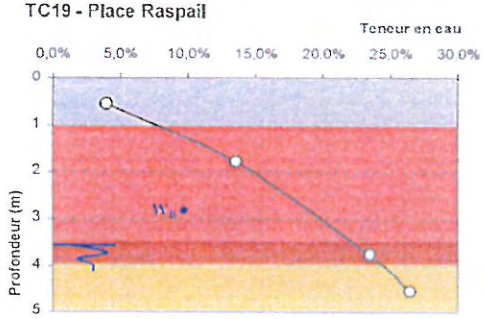
TC12 - Groupe scolaire Jolimont



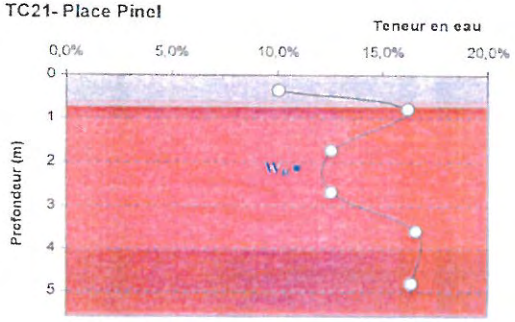
TC15 - Villa Ar



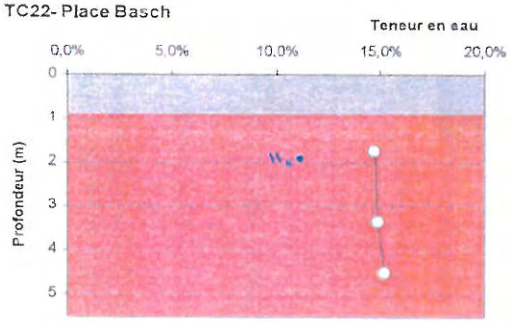
TC19 - Place Raspail



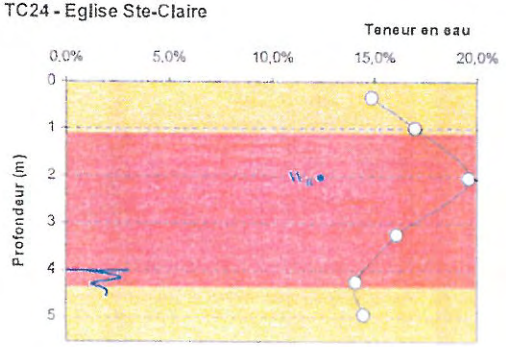
TC21- Place Pinel



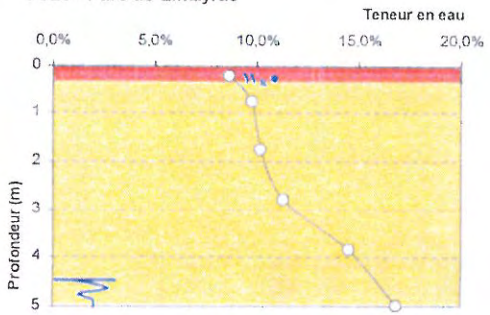
TC22- Place Basch



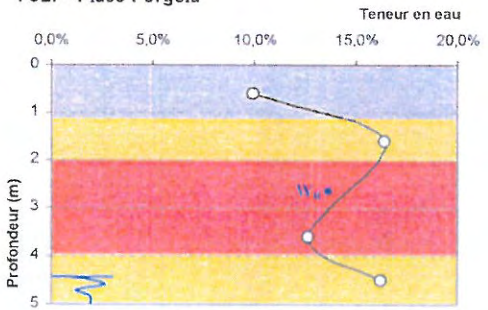
TC24 - Eglise Ste-Claire



TC25 - Parc de Limayrac



TC27 - Place Pergola



TC31 - Parc Alalouf

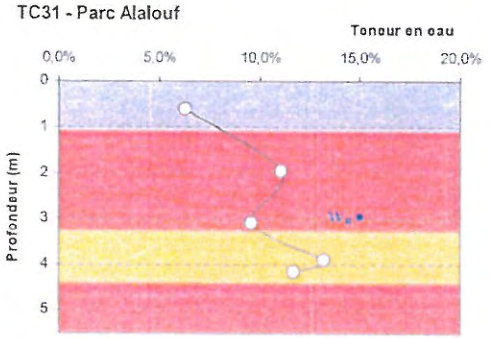


Figure 10 : profils des teneurs en eau résultant des analyses de laboratoire



Pour la très grande dispersion des valeurs de la tranche 0-1, en plus de l'hétérogénéité lithologique des sols, une explication peut être recherchée dans le fait que **c'est dans cette tranche que l'effet des échanges sol-atmosphère est le plus prononcé.**

Ce propos est illustré par la figure 11 extraite d'une étude expérimentale réalisée en région parisienne sur une colonne de sol argileux [4]. Les deux graphiques montrent les résultats de mesures de teneur en eau volumique réalisées à différentes profondeur et à différents moments entre mai et juin 2004.

La figure 11a montre clairement que la période devient de plus en plus sèche. Les effets de quelques pluies (8, 29 et 31 mai) se traduisent par une augmentation de la teneur en eau sur toute la hauteur de sol étudiée. Mais l'influence de ces pluies n'est véritablement marquée que jusqu'à 50cm de profondeur environ. Les pluies ont des effets de courte durée : on observe une reprise rapide de la diminution de la teneur en eau jusqu'à la fin de la période étudiée (fin juin) et ce particulièrement pour la tranche 0-25cm.

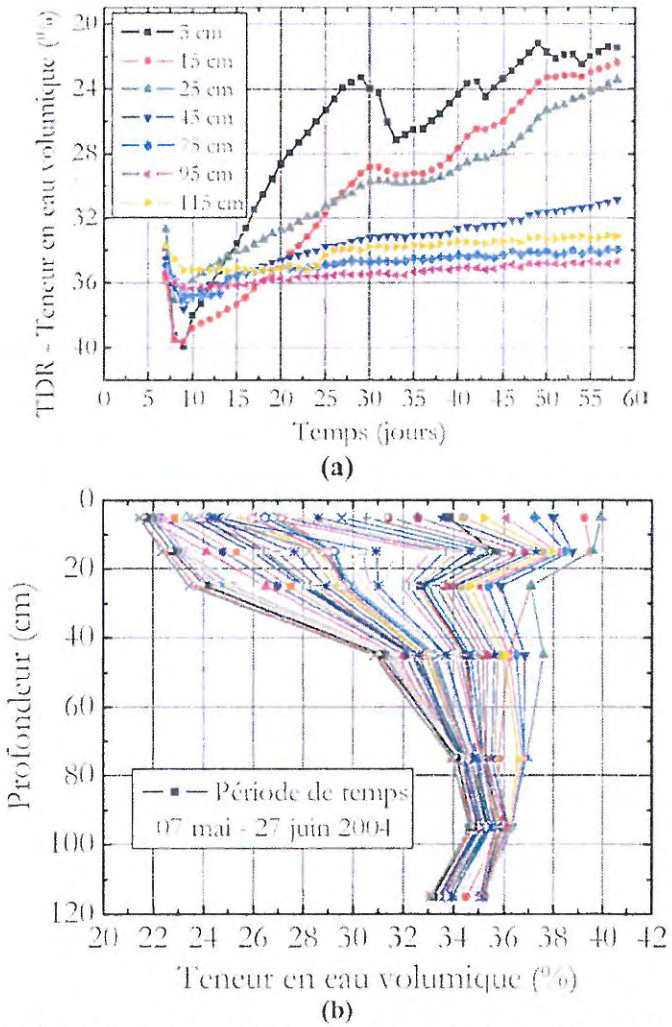


Figure 11 : résultats de mesures de teneur en eau réalisées dans un même matériau à différentes profondeurs et à différentes moments

La figure 11b montre les profils de teneur en eau en fonction de la profondeur. On observe une variation importante des valeurs proches de la surface (entre 21 et 40%) et une variation très faible à partir de 75 cm de profondeur (2-3%). A partir de cette profondeur, les teneurs en eau sont indépendantes de ce qui se passe dans l'atmosphère et à l'interface sol-atmosphère.

Pour la tranche 3-5m, c'est dans cet intervalle qu'ont été mesurés le plus de niveaux d'eau. Cette zone correspond sans doute à la zone de « battement » des nappes captives des formations issues de la mollasse ce qui peut contribuer à expliquer la forte dispersion des teneurs en eau mesurées.

Les prélèvements analysés à Toulouse ont été effectués en période estivale (été 2006). Même si la période en question n'est pas une période de sécheresse « officielle », elle se caractérise malgré tout par de fortes températures et un déficit pluviométrique marqué. Les analyses de teneur en eau montrent que, dans **le contexte toulousain, l'influence du climat sur les sols semble se limiter à une tranche superficielle (0-1m).**

4. Description de la méthodologie de définition de l'aléa retrait-gonflement

4.1. RAPPEL DE LA METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR LE PPR DE HAUTE-GARONNE

On rappelle ici les principes de base adoptés par le BRGM pour établir la carte d'aléa retrait-gonflement du département de Haute-Garonne.

L'aléa correspond par définition à la probabilité d'occurrence du phénomène. Pour l'appréhender à l'échelle départementale, le BRGM à développer une **approche qualitative** à partir d'une hiérarchisation des formations géologiques argileuses du département vis-à-vis du phénomène de retrait gonflement. Dans un premier temps une **carte de susceptibilité** est élaborée, basée sur une caractérisation purement physique des formations géologiques concernées :

- proportion et géométrie des termes argileux de la formation (analyse lithologique),
- proportion de minéraux gonflants dans la phase argileuse (composition minéralogique),
- comportement géotechnique du matériau.

Ainsi, pour chacune des 16 formations argilo-marneuses identifiées dans le département comme potentiellement sujettes au phénomène, une note est attribuée (de 1 à 4) relative à chacune des trois caractéristiques ci-dessus, qui traduit le degré de dépendance de la formation vis-à-vis de la caractéristique.

Exemple :

Les formations molassiques de l'Oligocène/Eocène sont notées :

- 2 pour la lithologie (formation présentant un terme argileux non prédominant de type calcaire argileux ou sable argileux),
- 3 pour la minéralogie (de 25 à 50 % de minéraux gonflants dans la fraction argileuse),
- 2 pour la géotechnique (classement fonction des paramètres d'identification *Valeur au bleu, Indice de plasticité, Retrait linéaire, Coefficient de gonflement*).

La susceptibilité de la formation est ensuite déduite de la moyenne des notes selon la règle suivante :

moyenne < 2 : susceptibilité faible (= 1)
2 < moyenne < 3 : susceptibilité moyenne (= 2)
moyenne > 3 : susceptibilité forte (= 3).

La carte de susceptibilité est donc une transcription de la carte géologique au 1/50000, le passage de l'une à l'autre se faisant par l'attribution d'une note à chaque formation géologique cartographiée.

Le passage de la carte de susceptibilité à la carte d'aléa se fait en intégrant le facteur de densité de sinistre pour 100 km^2 urbanisé déterminé pour chaque formation argilo-marneuse.

En définitive, la carte d'aléa est très proche de la carte de susceptibilité, établie sur la base de considération purement physiques : *"C'est pour limiter l'influence de ces différentes sources d'erreurs possibles, liés à la prise en compte de la sinistralité observée que les cartes d'aléa retrait-gonflement sont établies avant tout sur la caractérisation physique des formations géologiques"*.[1]

4.2. METHODOLOGIE APPLIQUEE SPECIFIQUEMENT SUR LE TERRITOIRE TOULOUSAIN

4.2.1. Détermination de la susceptibilité à l'échelle parcellaire

Pour répondre à la fois au souci de cohérence vis-à-vis du PPR départemental, et à la volonté de travailler à un niveau de détail plus adapté au contexte toulousain, la méthodologie suivante a été adoptée :

- les informations relatives à la géologie du sol et du sous-sol retenues comme données de base sont les descriptions lithologiques des **3610** sondages contenus dans BISMUTH auxquelles on a ajouté les **24** tarières exécutées dans le cadre de cette étude.

- l'unité géographique élémentaire pour la définition de l'aléa est **la parcelle**[4].

[4] Ce choix peut paraître discutable sachant que les parcelles sont des divisions administratives dont les caractéristiques dimensionnelles ne sont pas forcément compatibles avec la nature de l'aléa étudié. Dans le cas de Toulouse, les parcelles situées en zones U et AU concernées en priorité par l'étude (74 159) ont une superficie moyenne de 931 m^2 ± 62 m^2. Les dimensions de ces parcelles sont donc remarquablement homogènes, et leur utilisation comme grille de référence correspond à un découpage du territoire toulousain à une maille de 30x30 m soit environ 1/25000 ème de la superficie totale de la commune. Ces caractéristiques justifient à nos yeux le choix de la parcelle comme unité géographique élémentaire pour la cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles.

- à chaque couche (ou formation) recoupée par un sondage, on attribue une note de susceptibilité selon une grille de correspondance **qui est strictement conforme** à celle établie à l'échelle départementale par le BRGM (voir tableau ci-après).

- à chacun des 3610 sondages, on peut dons associer une colonne de susceptibilité qui ne dépend que de la coupe lithologique du sondage.

- pour tenir compte de l'influence de la profondeur des couches sujettes au phénomène de retrait-gonflement, on introduit la notion de niveaux critiques :
  - **la tranche 0 – 2m**, au sein de laquelle on considère que la présence de formations sensibles à un impact direct sur le bâti de surface,
  - **la tranche 2 – 5m**, au sein de laquelle on considère que l'impact d'une formation sensible est atténué,
  - **la profondeur 5m**, au-delà de laquelle on considère que la présence d'une formation sensible n'a plus d'influence sur le bâti de surface.

  Ce découpage est basé sur des éléments bibliographiques relatifs à des retours d'expérience sur la pathologie des désordres induits par le phénomène retrait-gonflement des argiles.

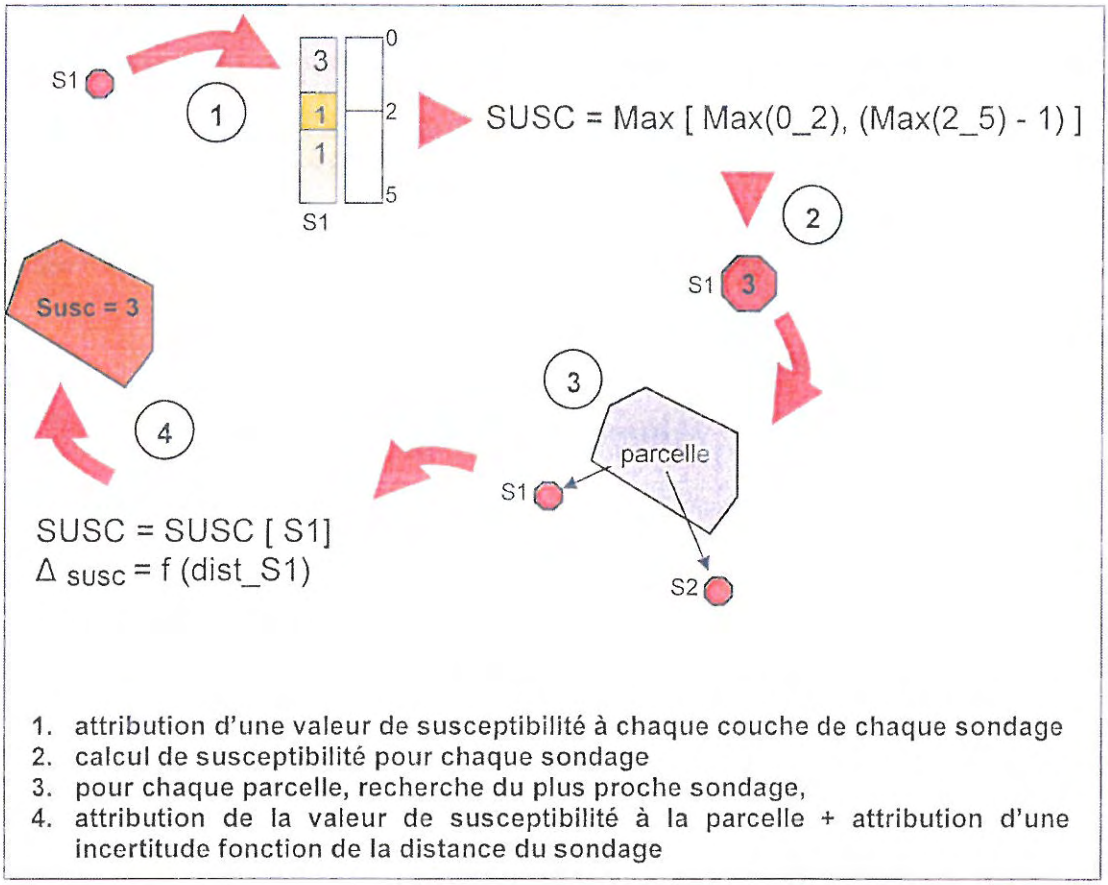
- **pour chacun des 3634 sondages**, on calcule une valeur de susceptibilité :

SUSC(i) = Maximum [Max (0_2), (Max(2_5) - 1)]

  où *SUSC(i)* est la valeur de susceptibilité associée au sondage *i*, *Max(0_2)* est la valeur maximum de susceptibilité de la tranche 0-2m recoupée par le sondage *i* et *Max(2_5)* est la valeur maximum de susceptibilité de la tranche 2-5m recoupée par le sondage *i*.

- pour chaque parcelle, on recherche le sondage le plus proche du centre et **on attribue à toute la parcelle la valeur de susceptibilité associée au sondage**. En parallèle, on retient pour la parcelle la distance du sondage au centre de la parcelle comme caractéristique de l'incertitude affectant la valeur de susceptibilité. *Plus le sondage est éloigné du centre, plus l'incertitude est grande.* Cette approche est « bornée » par des distances maximum que l'on peut paramétrer et qui permettent de maintenir la recherche du sondage le plus proche dans des domaines de « vraisemblance » en rapport avec les spécificités du contexte toulousain.

La méthodologie décrite est résumée sur le schéma page suivante.



1. attribution d'une valeur de susceptibilité à chaque couche de chaque sondage
2. calcul de susceptibilité pour chaque sondage
3. pour chaque parcelle, recherche du plus proche sondage,
4. attribution de la valeur de susceptibilité à la parcelle + attribution d'une incertitude fonction de la distance du sondage

FORMATIONS	CODE	DESCRIPTION LITHO-STRATIGRAPHIQUE	SUSC
Actuel	MUR	Maçonnerie	0
	REMB	Remblais	1
	VID	Vide ou cavité	0
	COL	Colluvions, formations de pente	2
	PLAT	Formations résiduelles de plateau	2
	LOES	Dépôts à faciès de Lœss	1
Basse plaine	AMTO	Tourbes dans les alluvions modernes	1
	AMAL	Alluvions modernes argilo-limoneuses	2
	AMAS	Passée sableuse dans AMAL	1
	AMSG	Alluvions modernes sablo-graveleuses	1
	AMSA	Passée argileuse dans AMSG	2
	AMC	Passée sableuse à la base des AMSG (chenalisation ou altération)	1
Basses terrasses	1TO	Tourbes dans la première terrasse	1
	1AL	Séquence argilo-limoneuse de la première terrasse	1
	1AS	Passée sableuse dans 1AL	1
	1SG	Séquence sablo-graveleuse de la première terrasse	1
	1SA	Passée argileuse dans 1SG	2
	1C	Passée sableuse à la base des 1SG (chenalisation ou altération)	1
	2TO	Tourbes dans la deuxième terrasse	1
	2AL	Séquence argilo-limoneuse de la deuxième terrasse	1
	2AS	Passée sableuse dans 2AL	1
	2SG	Séquence sablo-graveleuse de la deuxième terrasse	1
	2SA	Passée argileuse dans 2SG	2
	2C	Passée sableuse à la base des 2SG (chenalisation ou altération)	1
	3TO	Tourbes dans la troisième terrasse	1
	3AL	Séquence argilo-limoneuse de la troisième terrasse	1
	3AS	Passée sableuse dans 3AL	1
	3SG	Séquence sablo-graveleuse de la troisième terrasse	1
	3SA	Passée argileuse dans 3SG	2
	3C	Passée sableuse à la base des 3SG (chenalisation ou altération)	1
	4AL	Séquence argilo-limoneuse de la quatrième terrasse	1
	4AS	Passée sableuse dans 4AL	1
	4SG	Séquence sablo-graveleuse de la quatrième terrasse	1
	4SA	Passée argileuse dans 4SG	2
	4C	Passée sableuse à la base des 4SG (chenalisation ou altération)	1
Formations molassiques	SILT	Silts des formations molassiques	2
	MARN	Argiles et marnes des formations molassiques	2
	SABL	Sables et grès des formations molassiques	1
	MOLA	Argile et sable mélangés	2
	CALC	Calcaires des formations molassiques	0
	XMOL	Molasse non décrite considérée par défaut comme imperméable	1
	CAV	Cavité creusée dans la molasse	1
	UNDF	Non connu ou non défini	1

Tableau 2 : Valeurs de susceptibilité attribuée aux formations géologiques spécifiques au sous-sol toulousain

4.2.2. Détermination de l'aléa à l'échelle parcellaire

Le passage de la susceptibilité à l'aléa se fait directement, sans tenir compte de la densité de sinistres et d'urbanisation :

Susceptibilité	Aléa
0	nul
1	faible
2	moyen
3	fort

Dans le cas où aucune valeur de susceptibilité n'a pût être calculée sur la parcelle (pas de sondage en deçà de la distance limite)[5], le niveau d'aléa affecté à la parcelle est celui issu de la carte du projet de PPRN départemental.

Ce choix se justifie à nos yeux par les arguments suivants :

- les sinistres de références ne concernent que l'année 2003, et nous n'avons pu accéder aux dossiers d'expertise les concernant. Dans ces conditions, la densité de sinistres ne peut être utilisée comme un paramètre fiable pour établir des comparaisons.
- la densité d'urbanisation est relativement homogène à l'échelle du territoire communal.

5. Carte d'aléa retrait-gonflement

La carte d'aléa a été tracée directement à partir de la carte de susceptibilité (voir figure 13 page suivante) **uniquement sur les zones U et AU** du PLU qui sont a priori les seules concernées par l'étude. A l'instar de la carte départementale d'aléa élaborée dans le cadre du PPR, la version de la carte d'aléa présentée ici n'est basée que sur les caractéristiques physiques (lithologie, minéralogie et géotechnique) des formations du sous-sol toulousain.

Par ailleurs, la méthode de définition de l'aléa « à la parcelle » conduit à un résultat discontinu et hétérogène (figure 12). Un travail de cartographie a donc été nécessaire pour homogénéiser ces résultats.

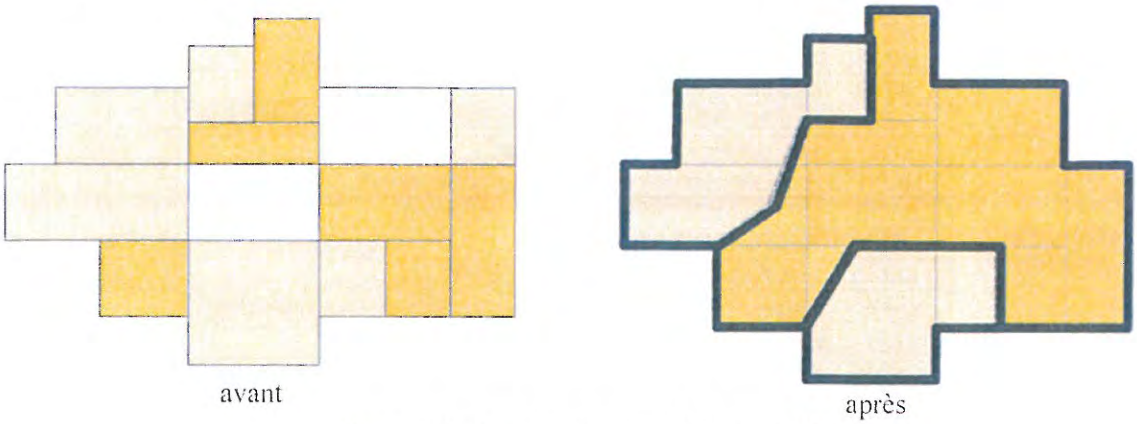


Figure 12 : homogénéisation de la carte d'aléa

[5] En fixant une distance limite de 50m, moins de 5% des parcelles en zones U et AU se sont retrouvées dans ce cas.

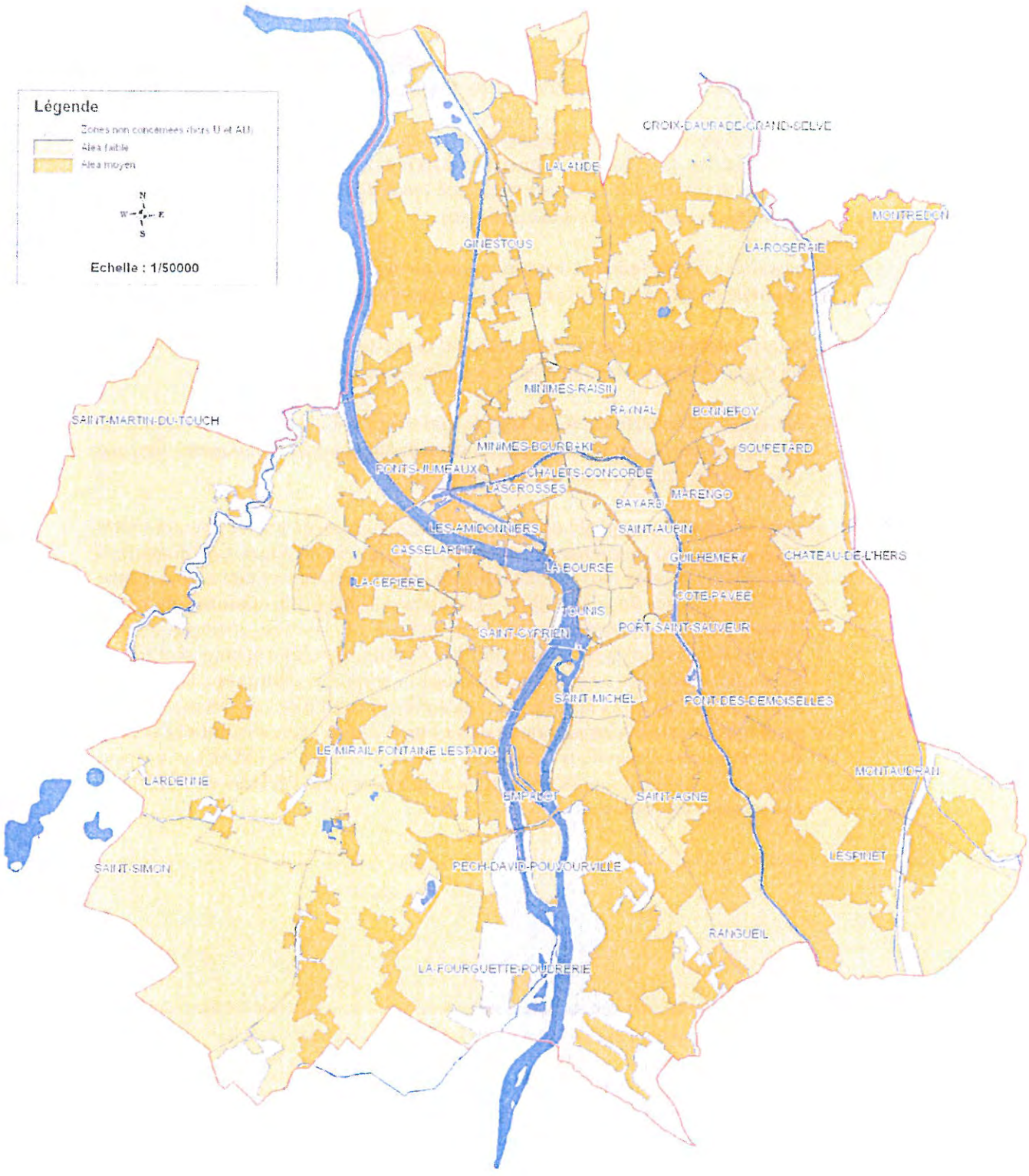


Figure 13 : carte d'aléa retrait-gonflement de la ville de Toulouse

La carte d'aléa élaborée dans le cadre de cette étude appelle les commentaires suivants :

- la carte ne comporte **aucune parcelle en aléa fort**. Sur ce point, la carte est conforme à celle du projet de PPRN départemental.

- la carte comporte très peu de parcelles en aléa nul[6], c'est-à-dire de parcelles au droit desquelles la présence **d'aucun matériau à caractère argileux** dans la tranche de profondeur 0-5m n'est présumée (superficie totale < 50 ha, soit moins de 0,5% des zones U et AU de la commune).

- les parcelles en aléa **faible** et **moyen** représentent respectivement **60%** et **40%** de la superficie totale des zones U et AU de la commune.

- en ce qui concerne la répartition des zones d'aléa par rapport à la carte du projet de PPRN départemental, deux observations majeures peuvent être relevées :

  - en termes de superficie totale, la zone couverte par **l'aléa moyen** concerne une **plus grande partie du territoire communal**, et par conséquent, la zone couverte par l'aléa faible est moins étendue.

  - dans la répartition globale des zones d'aléa, on retrouve bien les grandes unités géologiques qui structurent le territoire : buttes molassiques de Jolimont et Pech-David en aléa moyen, alluvions de la basse terrasse et de la basse plaine (en rive gauche) en aléa faible. Mais dans le détail, **de nombreuses zones d'aléa moyen** apparaissent dans des secteurs où la carte géologique (et *a fortiori* la carte d'aléa du projet de PPRN départemental) ne mentionnait pas de formations sensibles : **seuil de Toulouse**, quartier des **Minimes**, **Ginestous**. Dans ces secteurs, le classement en aléa moyen résulte de la présence à faible profondeur **au sein des alluvions de la basse plaine (rive droite) et du seuil de Toulouse** d'alluvions modernes argilo-limoneuse (AMAL). On peut signaler au passage que de nombreux sinistres ont été déclarés en 2003 dans ces secteurs (cf figure 4).

[6] Du fait de leur petit nombre et de leur faible superficie, ces parcelles ne sont pas visibles sur la carte à l'échelle du 1/50000 incluse dans ce rapport

ELEMENTS DE BIBLIOGRAPHIE

[1] DELPONT, ROUDAUT, VINCENT avec la collaboration de CAPDEVILLE, 2002, "Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département de la Haute-Garonne ", rapport BRGM/RP-RP-51894-FR, 84p.

[2] BOUROULLEC, DELPONT, DUTARTRE, POUX, RICARD, TILLOLOY, TOMERA, THIERRY, 2004, "BISMUTH : Banque d'Information sur le Sous-sl en Milieu Urbain de Toulouse – Phase 1", rapport BRGM/RP-53296, rapport final, 119p.

[3] DUMAS, CHAVAROT, LEGRAND, MACAIRE, DIMITROV, MARTIN, QUEFFELEC, 2005, "Mission d'enquête sur le régime d'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles – Rapport particulier sur les risques de subsidence dus à la sécheresse.", rapport commun de l'Inspection Générale des Finances (N° 2005-M-020-07), du Conseil général des Ponts et Chaussées (N° 2004-0304), de l'Inspection générale de l'Environnement (01 N° IGE/05/006), 95p.

[4] MANTHO, 2005, "Echanges sol-atmosphère – Application à la sècheresse.", thèse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 262 p.

[5] BIDDLE, 1998, "Tree Root Damage to Buildings"., Willowmead Publishing Ltd, 2 Volumes, 676 p.

[6] BLIGHT, 2006, "Interaction between trees and building on shrinkable soil – a detailed field study", Unsaturated Soils 2006 Fourth International Conference on Unsaturated Soils Arizona, USA, Volume 1, American Society of Civil Engineers, pp.281-292

[7] Building Research Establishment (BRE), 1996, "Damage to buildings caused by trees – Good repair - Guide 2", 4 p.

[8] Building Research Establishment (BRE), 1999, "Low-rise building foundations: the influence of trees in clay soils – Digest 298", 8 p.

[9] CUTLER, RICHARDSON, 1989, "Tree Roots and Buildings", Royal Botanic Gardens, Kew

[10] DOUSSAN, PAGES, PIERRET , 2003, « Soil exploration and resource acquisition by plant roots : an architectural and modelage point of view» Journal of agronomy - INRA

[11] HIPPS , 2004, « Controlling water use of trees to alleviate subsidence risk » Horticulture LINK Project 212, Final Report Executive summary, East malling research,University of Cambridge.

[12] LAMBS, MULLER, 2001, « Mesure des flux de sève et des transferts hydriques dans les ripisylves le long de la Garonne ; premiers résultats pour les peupliers et les saules ». Centre d'Écologie des Systèmes Aquatiques Continentaux (CESAC), Annals. of Forest. Sciences. Volume 59 n° 3 (avril 2002) pp. 301-315

[13] LAWSON, 1996, « Vegetation and sustenable cities». Arboricultural Journal (20)

[14] LAWSON, 2004, « Trees, related subsidence of low-rise buildings and the management options. Arboricultural Journal (27)

[15] MEINZER, BROOKS, BUCCI, GOLDSTEIN, SCHOLZ, WARREN, 2003, «Converting patterns of upgrade and hydraulic redistribution of soil water in contrasting woody vegetation types » Tree Physiology (24).

[16] National House Building Council, 2003, « Building near trees ». NHBC Publications

[17] National Urban Forestry , 2005, « Trees Matter – The benefits of trees and woodlands in towns – NUFU Publications

[18] O'MALLEY, CAMERON, 2005, "The influence of trees on soil moisture, dwellings and pavements in an urban environment", University of South Australia, School of Natural and Built Environments, Mawson Lakes Campus, 44 p.

[19] O'CALLAGHAN, KELLY, 2005, "Tree-related subsidence : Pruning is not the answer", Head of Legal & Expert Services, OCA UK Ltd

[20] PEIFFER, 2005, « Paramètrisation du bilan hydrique et établissement des flux d'eau et de nutriments dans des séquences de hêtraies de plaine », THÈSE ENGREF - INRA - Centre de Nancy, Unité Biogéochimie des Écosystèmes Forestiers et UMR Écologie et Écophysiologie Forestières, Équipe Bioclimatologie Forestière

[21] RAIMBAULT, 2003, « La physiologie et l'architecture des racines » Communication 9ème congrès de l'APEVC.

[22] Texas A&M University – college station, 1998, "TEXAS drought management strategies - Drought and trees", 9 p.

[23] UMR INRA- UHP « Fonctionnement hydraulique des arbres » Laboratoire d'Ecologie et d'Ecophysiologie forestière - Champenoux

[24] VRUGT, VAN WIJK, HOPMANS, SIMUNEK , 2001, « One, two and three-dimensional root water upgrade functions for transient modelling – Water Resources Research (Vol. 37)

ANNEXES

Coupes géologiques détaillées des sondages à la tarière

2GH

ENTREPRISE

Sondage : TC 1

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA COUCOUREUX

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

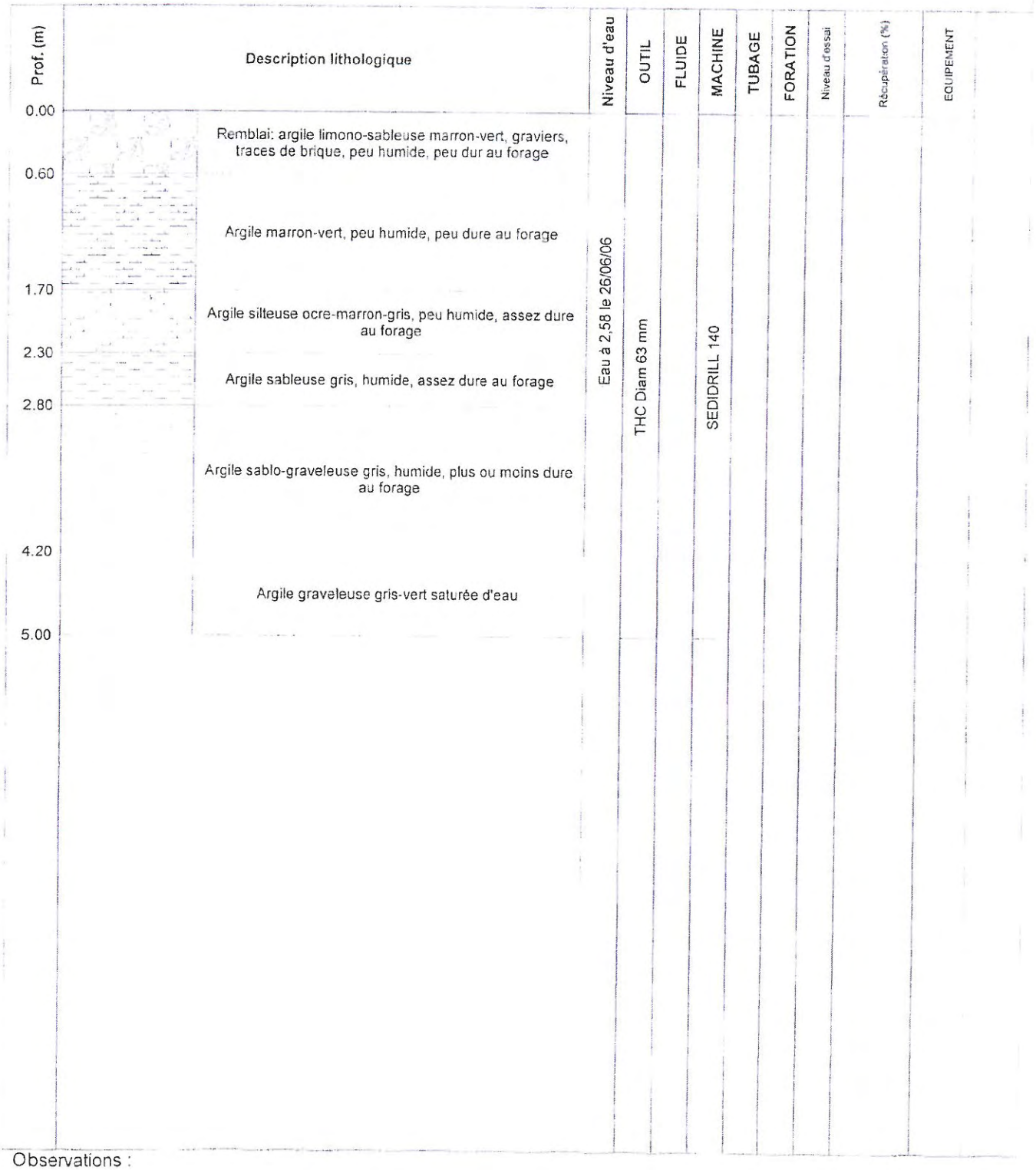
Date : 26/06/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1



Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 2

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA CAZENEUVE

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 22/06/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Remblai: argile brune, graviers, traces de brique, racines, humide, peu dur au forage	Eau à 3,15 le 22/06/06	THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
0.70	Argile sableuse marron-clair, moyennement humide, dure au forage									
2.00	Argile silteuse de plus en plus humide									
3.00	Argile silteuse gris-vert, moins humide, dure au forage									
4.00	Argile silteuse finement sableuse, humide à très humide									
4.30	Sable argileux micacé, saturé d'eau									
4.50	Sable plus argileux et moins humide									
5.00										

Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 3

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA LAPEYRE

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Echelle : 1 / 50

Date : 22/06/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique
0.00	Limon sablo-graveleux brun, sec
0.30	Argile sableuse brune, vasarde, humide
0.80	Sable argilo-calcareux gris, sèche, devenant humide à partir de 1,0 m
2.00	Sable calcareux peu argileux gris, humide
3.00	Sable argileux gris-vert, humide
4.00	Argile silteuse ocre-vert avec niveaux calcareux, humide
4.70	Argile silteuse ocre-vert saturée d'eau
5.00	

Niveau d'eau : Eau à 4,72 le 22/06/06

OUTIL : THC Diam 63 mm

FLUIDE

MACHINE : SEDIDRILL 140

TUBAGE

FORATION

Niveau d'essai

Récupération (%)

EQUIPEMENT

Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 4

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA BESSIERE

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 22/06/2006

Début : 0,00 m

Fin : 6,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Remblai: sable limoneux marron, gravillons, morceaux de brique, racines		THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
1.50	Argile sableuse marron-ocre, humide, peu dure au forage									
2.00	Silte sablo-calcareux marron avec gravillons, sec									
2.50	Argile silto-calcareuse marron-vert, peu humide, peu dure au forage									
3.00	Silte calcareux verdâtre à grains calcaires, peu humide									
3.80	Argile calcareuse marron-clair avec grains calcaires blanc, peu humide									
4.30	Silte calcareux marron-clair, sec									
4.80	Silte calcareux marron-ocre avec grains calcaires, peu humide									
5.30	Silte argilo-calcareux marron-ocre, micacée, humide									
6.00										

Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 5

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA ORION
16 Rue Monie

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 16/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Limon argileux marron-foncé à orange à quelques traces calcareuses blanchâtres, peu humide		THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
0.50	Argile gris-foncé à ocre à traces calcareuses blanchâtres, légèrement humide, légèrement dure au forage									
1.30	Argile légèrement sableuse orange-foncé à quelques grains calcaires blancs, micacée, très humide									
2.30	Argile sableuse à sable argileux orange-foncé, très micacé, humide									
3.00	Sable légèrement argileux orange-gris, très micacé, très humide									
3.70	Argile légèrement sableuse ocre-orange-marron-gris, humide									
4.30	Argile marron-foncé-gris-orange, micacée, sèche, dure au forage									
5.00										

Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 6

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA BORREDON
11 Avenue Angla

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

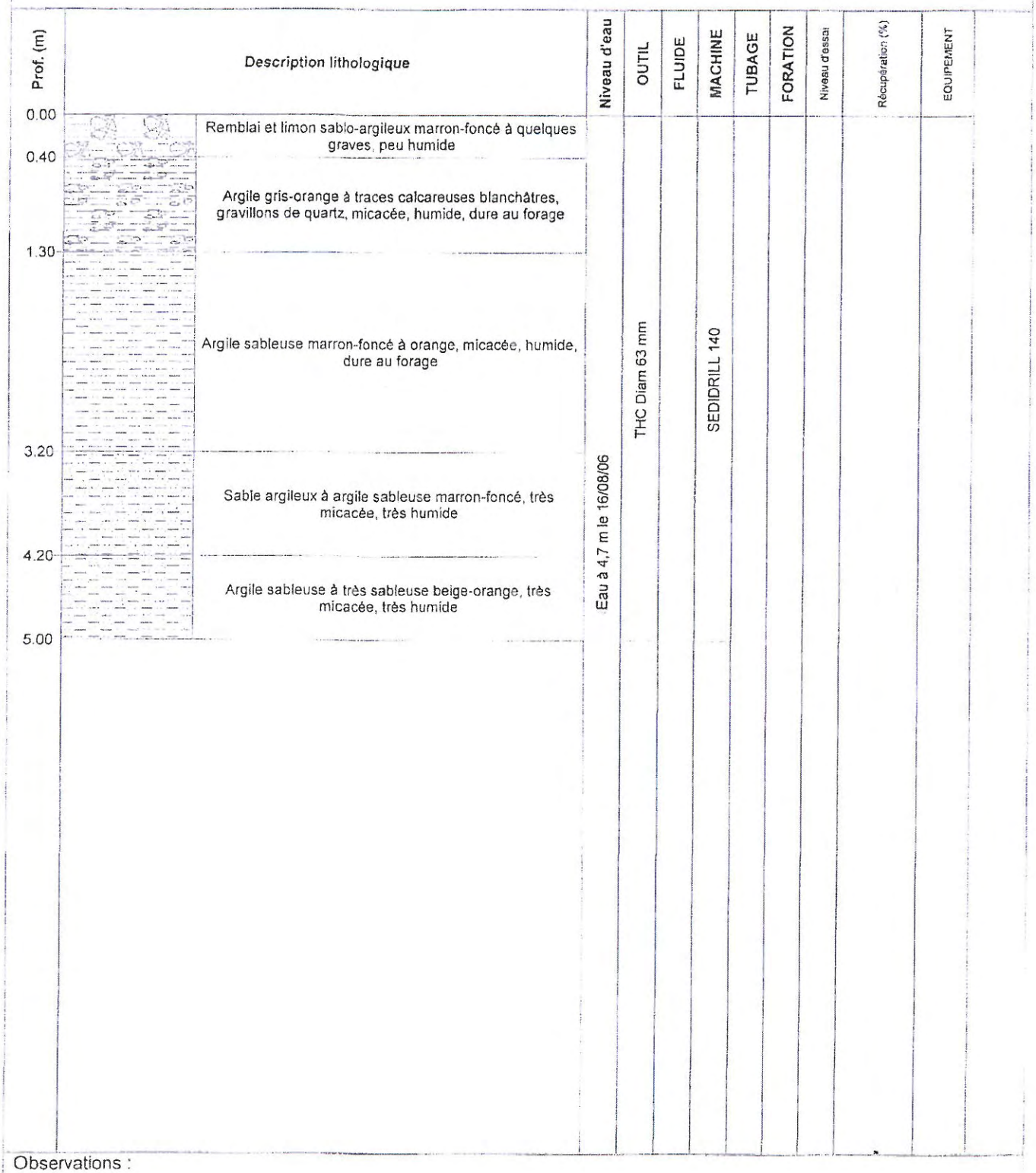
Date : 16/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1



Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 7

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA FAURE
53 Rue Offenbach

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:
X:
Y:

Date : 16/08/2006
Début : 0,00 m
Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Remblai: limon marron-foncé, argile silteuse beige-ocre micacée, briques	Eau à 3.8 m le 16/08/06	THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
0.60	Argile marron-foncé, humide, légèrement dure au forage									
1.40	Argile marron-foncé-ocre-rouille, humide									
2.50	Argile légèrement sableuse gris-foncé à rouille, humide, légèrement dure au forage									
3.40	Argile légèrement sableuse marron-foncé, de plus en plus humide, peu dure au forage									
4.00	Sable légèrement argileux marron-clair, micacé, saturé de l'eau, peu dur au forage									
5.00										

Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 8

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : SQUARE DU MONDE

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 17/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Remblai: limon, sable grossier, graviers, briques	Eau à 3,0 m le 17/08/06	THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
1.20	Argile marron-gris-ocre légèrement humide									
3.10	Argile légèrement sableuse marron-foncé à ocre, peu humide, légèrement dure au forage									
3.70	Sable légèrement argileux gris-ocre, micacé, très dur au forage. Arrivée de l'eau vers 4,5 m									
5.00										

Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 9

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : PLACE BET

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

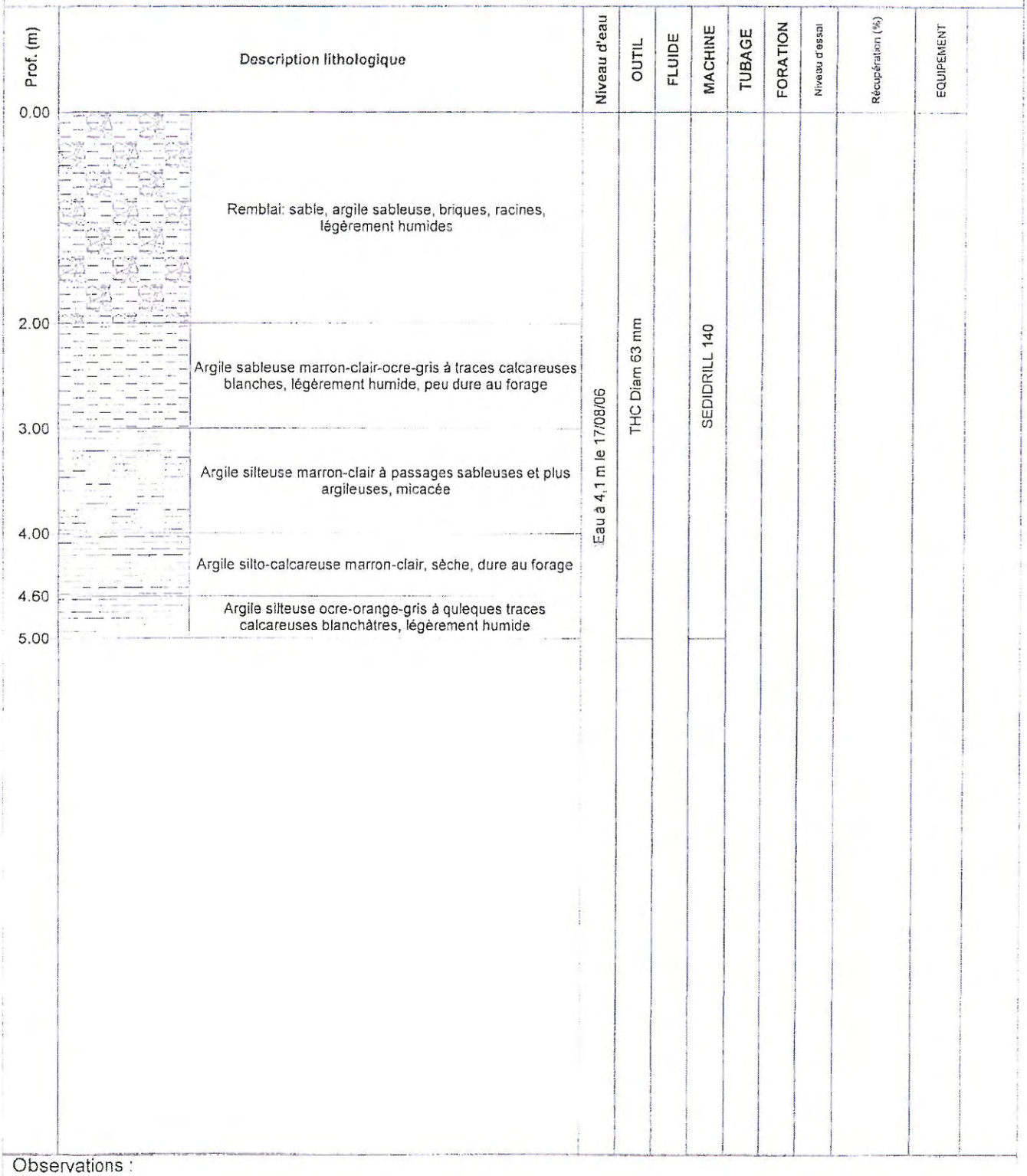
Date : 17/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1



Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 10

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : JARDIN PERIOLE

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 17/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Remblai: sable, graviers, béton		THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
0.60	Argile sableuse marron-foncé à grains calcaires blancs et traces d'oxydation									
1.80	Sable gris-ocre, légèrement humide, peu dur au forage									
2.90	Argile sableuse marron-clair bariolée ocre-gris, humide									
3.80	Sable argilo-silto-calcareux beige-gris, micacé, humide									
5.00										

Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 11

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : JARDIN LAVIT

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

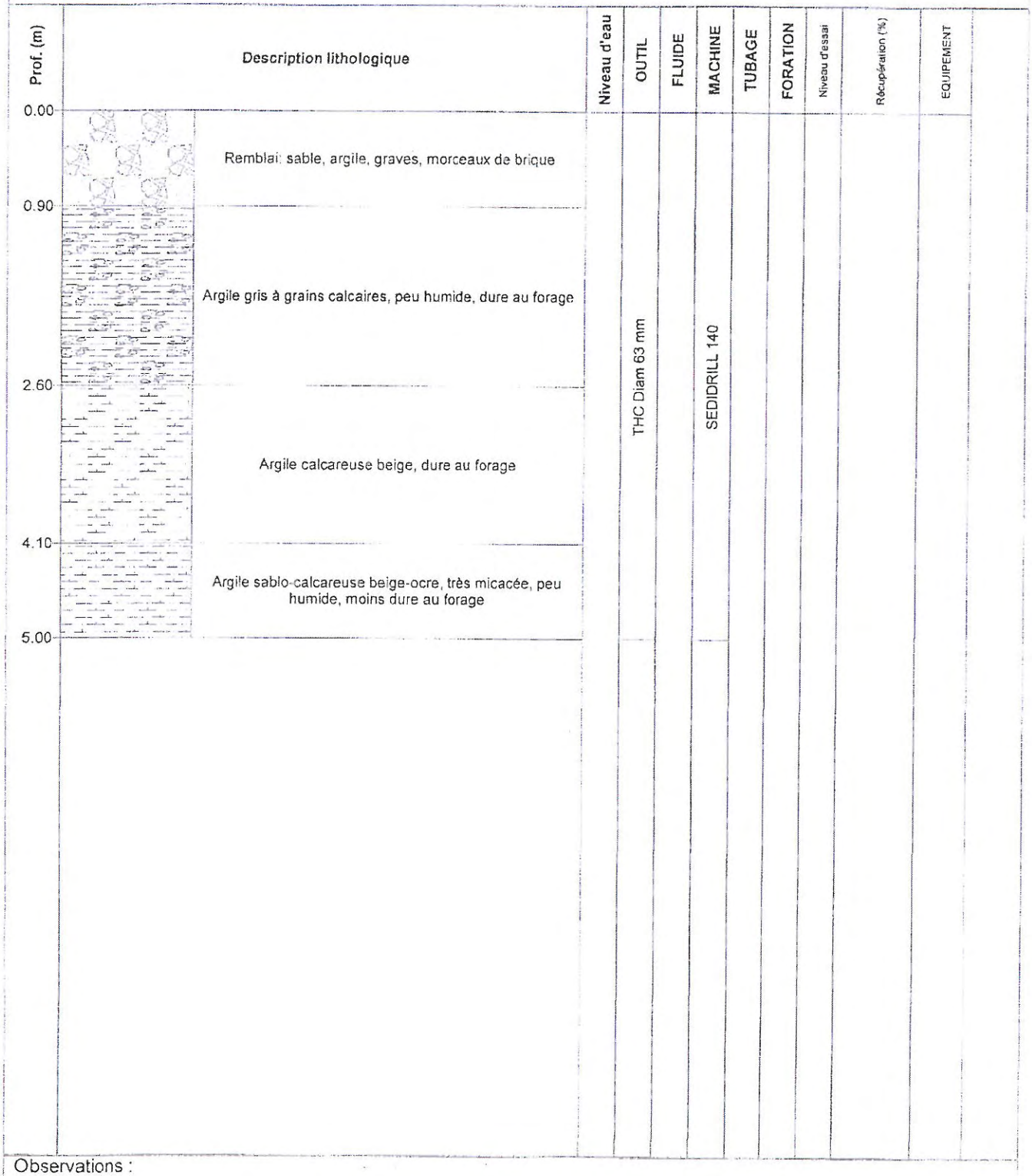
Echelle : 1 / 50

Date : 19/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Page : 1 / 1



Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 12

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : GROUPE SCOLAIRE JOLIMONT

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 17/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Sable argileux marron-clair à traces blanchâtres et d'oxydation, peu humide, peu dure au forage		THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
0.60	Argile sableuse grisâtre à passages calcareux blanchâtres, peu humide									
2.60	Sable argileux gris-verdâtre à quelques traces blanchâtres, sec, dur au forage									
4.40	Sable argilo-silteux marron-clair, micacé, humide, dur au forage									
5.00										

Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 13

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : EGLISE ST VINCENT DE PAUL

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 18/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Remblai: limon argileux marron-foncé à nombreuses graves, morceaux de brique, sec, très dur au forage	Eau à 3,0 m le 18/08/06	THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
1.30	Sable argileux marron-clair à vert à graves éparses, très micacé, légèrement humide, peu dur au forage									
2.80	Argile sableuse marron-clair bariolée gris-ocre, très micacée, humide, peu dure au forage									
3.80	Sable argileux beige-ocre, très micacé, très humide, peu dur au forage									
5.00										

Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 14

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : MAIRIE DE QUARTIER
Rue Garnier

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

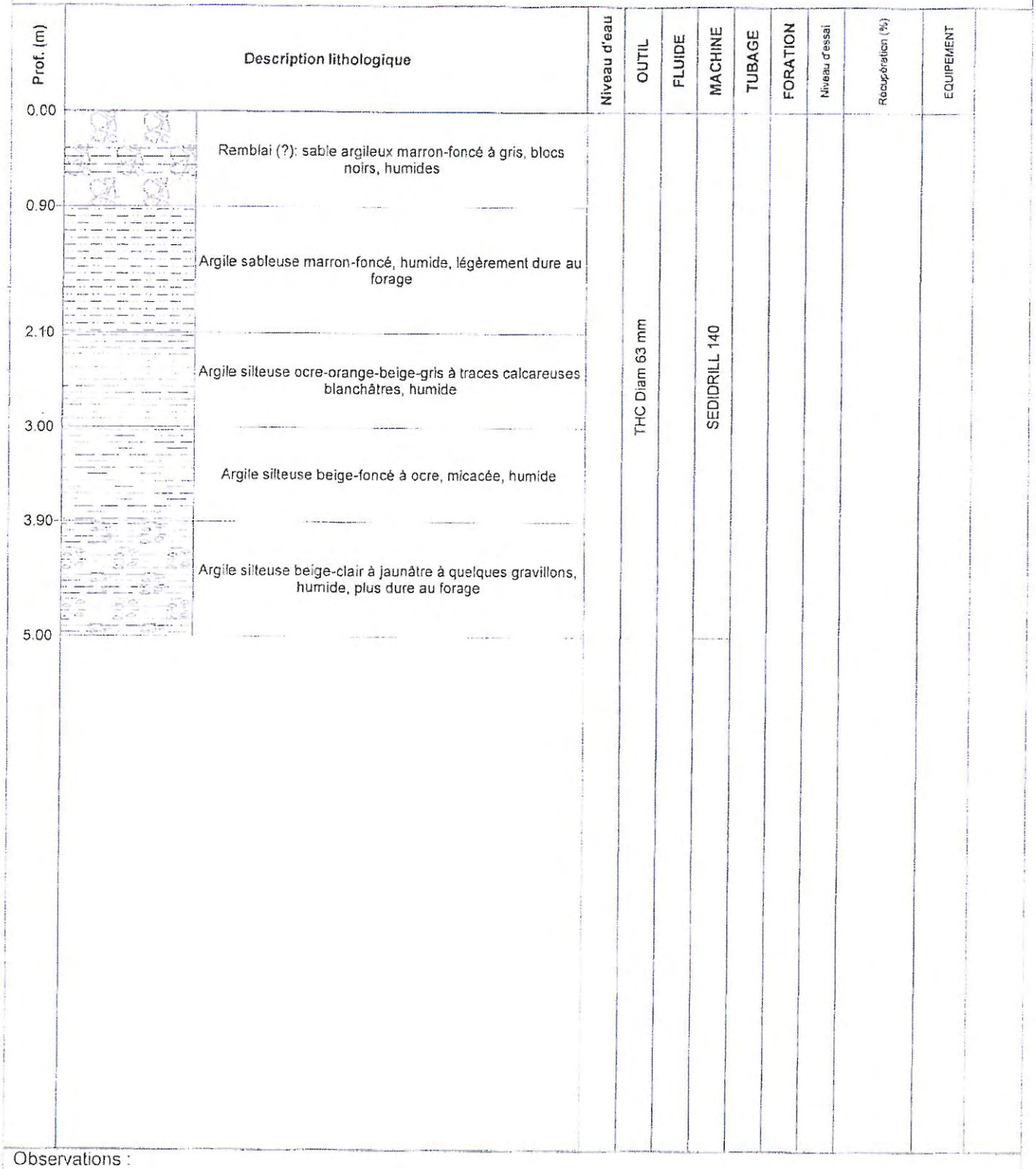
Date : 16/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1



Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 15

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA ARDOUREL
26 Rue Pradel

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 21/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,50 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Argile limono-calcareuse marron-foncé, sèche, peu dure au forage		THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
1.10	Argile calcareuse remontée sous forme de poudre blanchâtre, sèche, dure au forage									
2.10	Argile calcareuse beige, très micacée, peu humide, dure à très dure au forage									
3.50	Argile calcareuse beige-gris-ocre-orange, micacée, peu humide, dure au forage									
4.40	Sable argilo-calcareux ocre-gris, très micacé, humide									
5.50										

Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 17

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA RIVIERE
Rue Deltour

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:
X:
Y:

Date : 22/08/2006
Début : 0,00 m
Fin : 5,30 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Dalle béton									
0.10	Remblai: sable, gravillons, chaux gris, secs									
	Argile légèrement sableuse marron-foncé, légèrement oxydée, peu humide									
1.30	Argile marron-clair-ocre-orange, humide, légèrement dure au forage									
1.80	Argile calcareuse ocre-orange-gris-blanchâtre, peu humide, légèrment plus dure au forage									
2.60	Argile sablo-calcareuse ocre-foncé à gris, humide, dure au forage									
3.80	Argile silteuse ocre-marron-gris, micacée, légèrement humide									
4.20	Sable argilo-calcareux beige-foncé, micacé, peu humide, dur au forage									
4.60	Argile calcareuse beige-blanc, sec, très dure au forage									
5.30			THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					

Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 18

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : VILLA GENCE

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

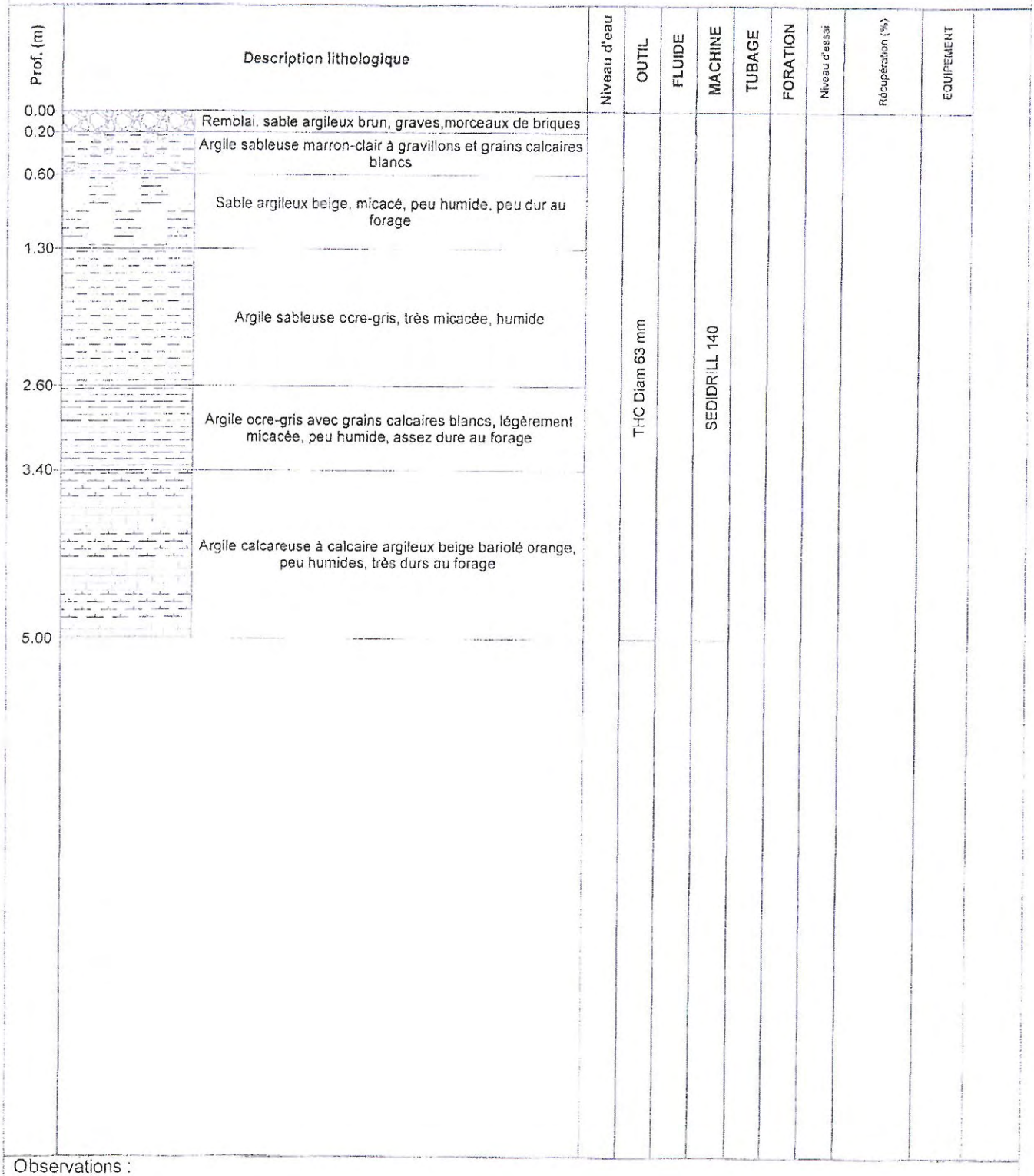
Echelle : 1 / 50

Date : 04/09/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Page : 1 / 1



Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 19

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : PLACE RASPAIL

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

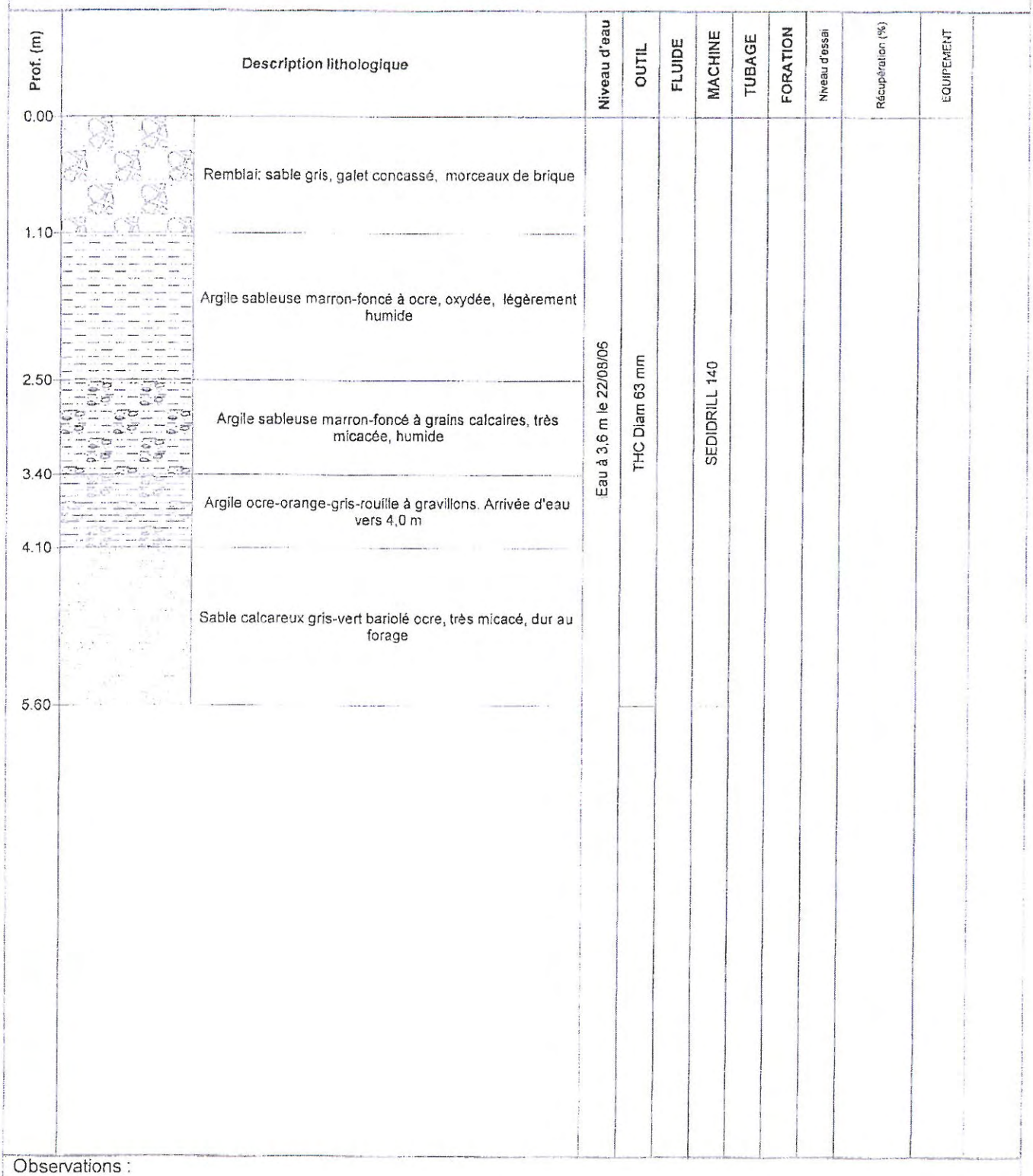
Date : 22/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,60 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1



Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 21

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : PLACE PINEL

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

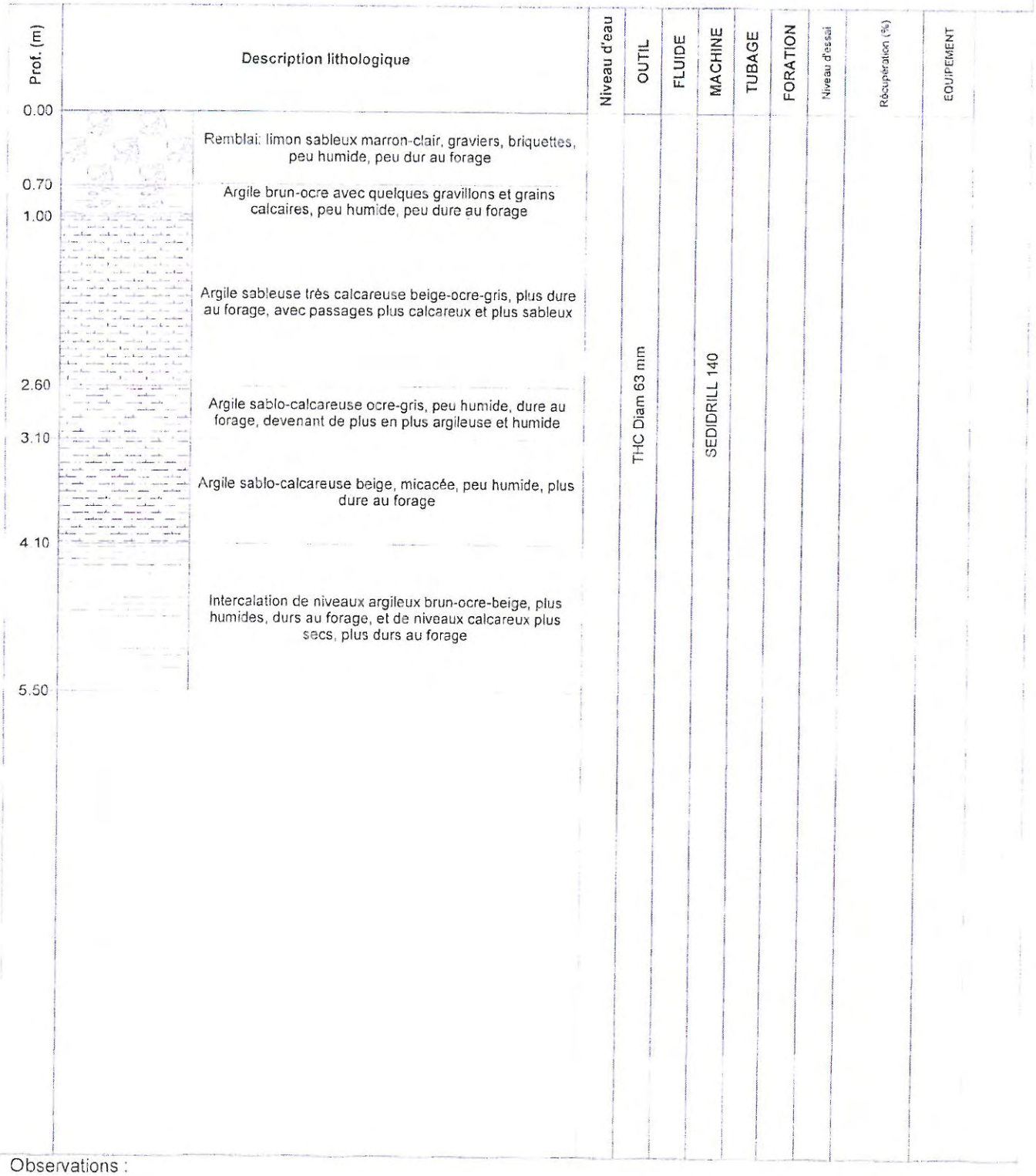
Date : 12/09/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,50 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1



Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 22

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : PLACE BASCH

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 12/09/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Remblai: graves roulées et concasées, sable, quelques morceaux de brique		THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
0.80	Argile sablo-calcareuse marron-clair bariolée beige-ocre, micacée, avec grains calcaires blancs, assez dure au forage									
2.70	Argile sablo-calcareuse brun-gris avec grains calcaires blancs, peu humide, dure au forage									
4.00	Argile sableuse, micacée, peu humide, dure au forage, avec passages d'argile très calcareuse gris-brun, micacéé, dure au forage									
5.00										

Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 24

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : EGLISE SAINTE CLAIRE

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

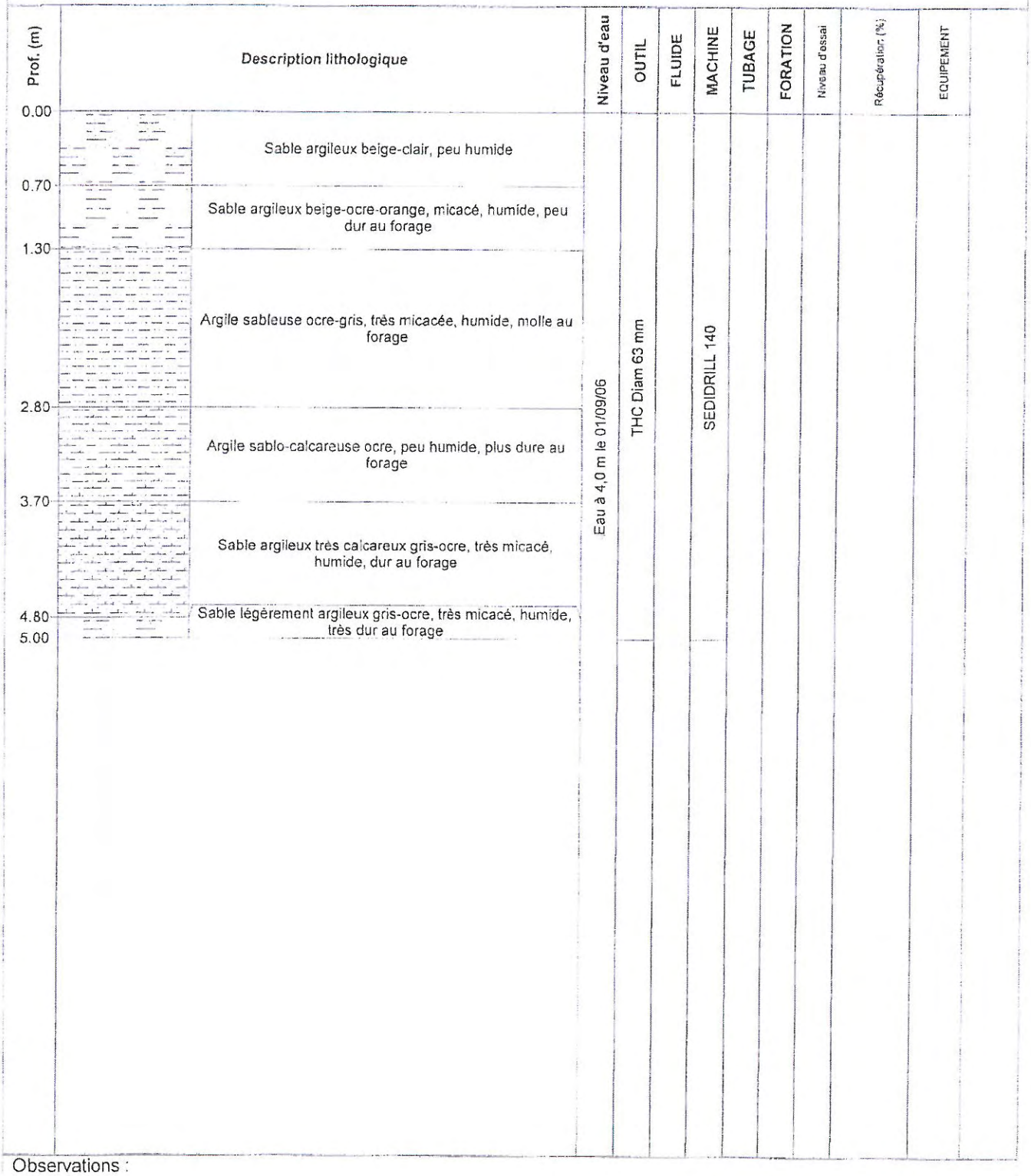
Echelle : 1 / 50

Date : 01/09/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Page : 1 / 1



Observations :

2GH ENTREPRISE

Sondage : TC 25

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : PARC DE LIMAYRAC

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 05/09/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,50 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Limon argileux marron-clair, peu humide, peu dur au forage	Eau à 4.5 m le 05/09/06	THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
0.40	Sable argileux brun à gravillons, peu humide, peu dur au forage									
1.10	Sable argileux brun-ocre, peu humide, dur au forage									
2.40	Sable argileux brun bariolé ocre, moins dur au forage									
3.20	Sable brun bariolé ocre, de plus en plus humide, peu dur au forage									
4.50	Sable marron-clair, micacé, humide, dur à très dur au forage									
5.50										

Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 27

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : PLACE DE LA PERGOLA

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

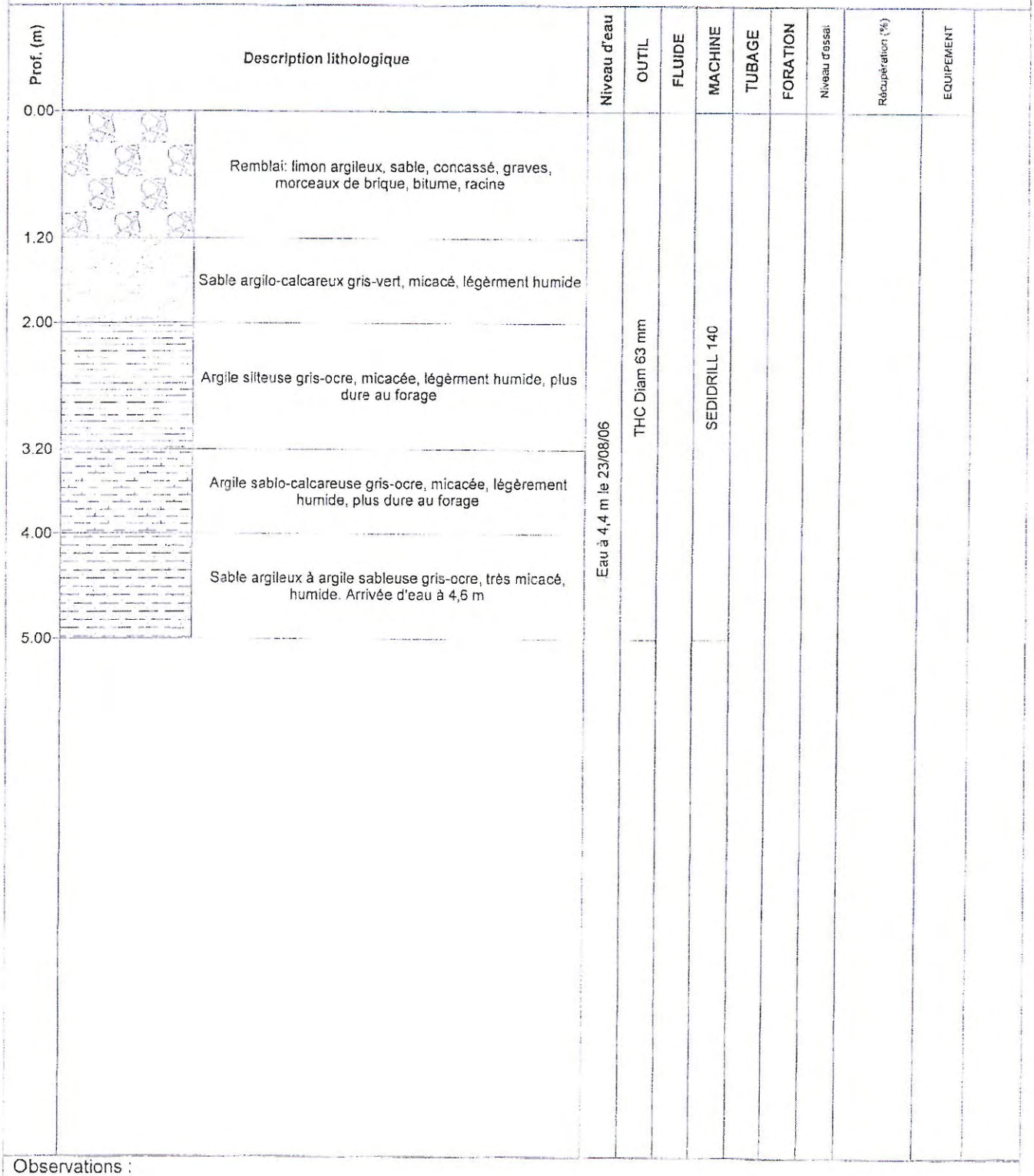
Date : 23/08/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1



Observations :

2GH
ENTREPRISE

Sondage : TC 31

Type : Destructif

Chantier : 31 TOULOUSE

Etude : PLACE ALALOUF

N° de dossier : GA RGT 06 0552

Z:

X:

Y:

Date : 12/09/2006

Début : 0,00 m

Fin : 5,00 m

Echelle : 1 / 50

Page : 1 / 1

Prof. (m)	Description lithologique	Niveau d'eau	OUTIL	FLUIDE	MACHINE	TUBAGE	FORATION	Niveau d'essai	Récupération (%)	EQUIPEMENT
0.00	Remblai: limon sableux marron-clair, gravillons, quelques morceaux de brique		THC Diam 63 mm		SEDIDRILL 140					
1.20	Argile sablo-calcareuse brun-ocre-gris avec grains calcaires blancs, dure au forage									
2.70	Sable argilo-calcareux beige-clair, peu humide, dur au forage									
3.50	Argile sableuse très calcareuse gris-verdâtre, micacée, peu humide, dure au forage, devenant de plus en plus argileuse et humide									
4.30	Sable argileux très calcareux beige-ocre, micacée, peu humide, dur au forage									
5.00										

Observations :

Feuilles de résultats des essais de laboratoire :

2GH

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

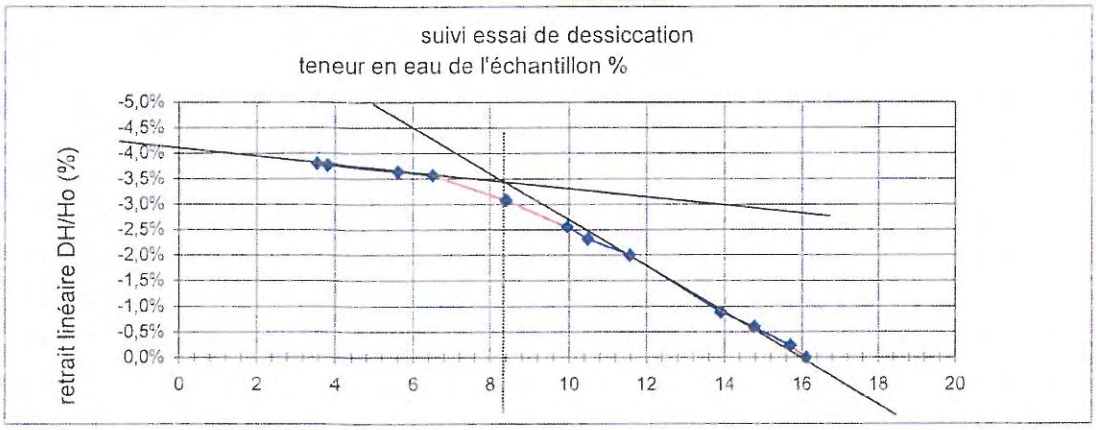
Site:	**CO, PPR Sondages, 31 Toulouse**							Dossier n°:	CE RGT 06 282
Référence			Date:	Aout 2006,				Sondage:	**ST1**
Remarque:	Echantillon reconstitué		Masse volumique des grains γs					Profondeur:	**1,50/2,00**
	W naturelle		mesurée:		estimée:	2,7	Mg/m3		
Ho=	21,1	mm	Masse initiale:		43,29	volume:	*20,30 cm3*		
do	35,0	mm	M de la plaque:		35,64				

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
07-août	10h00	78,927	**43,285**	16,12	0	0		5,782	
	12h00	78,771	43,129	15,70	0,046	-0,002277	5,736	5,727	0,046
	15h00	78,427	42,785	14,78	0,121	-0,00599	5,652	5,657	0,075
	17h30	78,104	42,462	13,91	0,178	-0,008812	5,600	5,534	0,057
08-août	7h30	77,234	41,592	11,58	0,403	-0,01995	5,309	5,317	0,225
	11h00	76,830	41,188	10,49	0,467	-0,023119	5,253	5,243	0,064
	15h00	76,631	40,989	9,96	0,515	-0,025495	5,195	5,243	0,048
	18h00	76,054	40,412	8,41	0,622	-0,030792	5,136	5,137	0,107
09-août	8h00	75,341	39,699	6,50	0,72	-0,035644	5,039	5,028	0,098
	14h30	75,010	39,368	5,61	0,734	-0,036337	5,014	5,007	0,014
10-août	8h00	74,348	38,706	3,83	0,761	-0,037673	4,980	4,949	0,027
	12h00	74,247	38,605	3,56	0,767	-0,03797	4,943		0,006
		72,919							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
78,927	**72,919**	35,642	**37,277**	20,2 mm	33,3 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_0	=	0,47
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_0	=	16,1%
	de saturation	:	w_{sat}	=	17,4%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	8,5%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,43
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	92,5%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT: Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

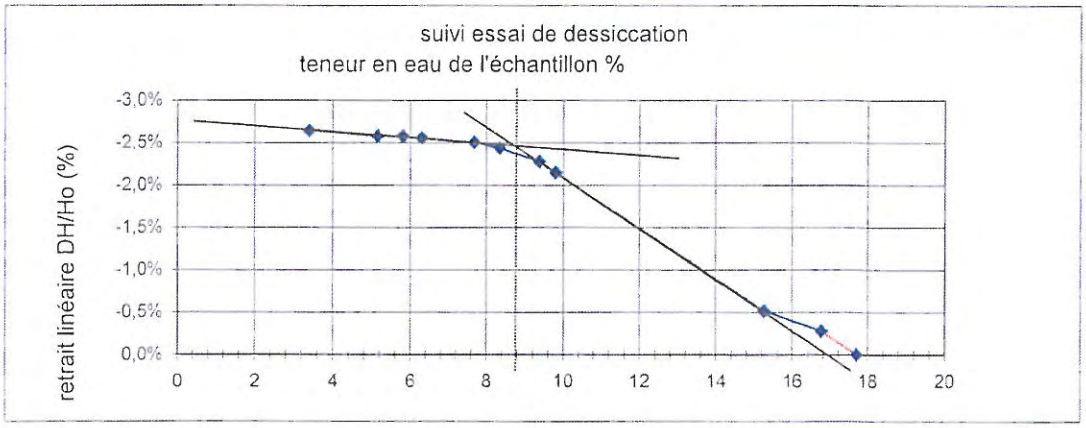
Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

Site:	Villa Ca			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	2,0/2,5
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	42,09	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	36,98		

suivi PTH et L:					déplac.	déform.	lectures comparateur		déplac.
date	heure	pesée PTH	PSH	W%	cumulDH	DH/H	dépose	repose	DH
16-août	8h45	79,063	**42,088**	17,69	0	0		8,170	
	12h00	78,726	41,751	16,75	0,057	-0,002787	8,113	8,052	0,057
	16h00	78,193	41,218	15,26	0,105	-0,005134	8,004	8,087	0,048
17-août	8h00	76,243	39,268	9,81	0,439	-0,021467	7,753	7,670	0,334
	12h00	76,089	39,114	9,38	0,466	-0,022787	7,643	7,570	0,027
	16h00	75,724	38,749	8,36	0,498	-0,024352	7,538	7,593	0,032
	18h00	75,486	38,511	7,69	0,512	-0,025037	7,579	7,619	0,014
18-août	8h20	74,992	38,017	6,31	0,523	-0,025575	7,608	7,732	0,011
	11h00	74,818	37,843	5,82	0,527	-0,02577	7,728	7,533	0,004
	15h00	74,581	37,606	5,16	0,527	-0,02577	7,533	7,606	0
19-août	8h00	73,951	36,976	3,40	0,54	-0,026406	7,593		0,013
		72,736							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
79,063	**72,736**	36,975	**35,761**	20,45 mm	33,11 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS					
Indice des vides	initial	:	e_0	=	0,53
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_0	=	17,7%
	de saturation :		w_{sat}	=	19,7%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	8,9%
Facteur de retrait effectif		:	R_f	=	0,30
Degré de saturation initial		:	S_{r0}	=	89,7%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

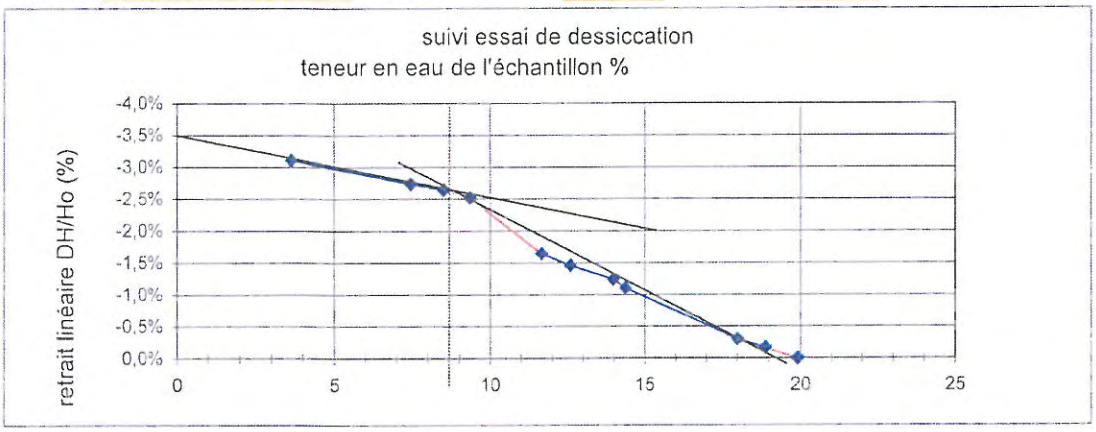
Site:	Villa La			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	1,5/2,0
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	41,46	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	35,79		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
16-août	8h45	77,249	41,458	19,91	0	0		5,788	
	12h00	76,896	41,105	18,89	0,033	-0,001648	5,755	5,717	0,033
	16h00	76,588	40,797	18,00	0,06	-0,002997	5,690	5,713	0,027
17-août	8h00	75,333	39,542	14,37	0,221	-0,011039	5,552	5,520	0,161
	12h00	75,191	39,4	13,96	0,249	-0,012438	5,492	5,491	0,028
	16h00	74,713	38,922	12,58	0,292	-0,014585	5,448	5,450	0,043
	18h00	74,396	38,605	11,66	0,328	-0,016384	5,414	5,382	0,036
18-août	8h20	73,597	37,806	9,35	0,505	-0,025225	5,205	5,210	0,177
	11h00	73,308	37,517	8,51	0,529	-0,026424	5,186	5,199	0,024
	15h00	72,944	37,153	7,46	0,548	-0,027373	5,180	5,140	0,019
19-août	8h00	71,620	35,829	3,63	0,622	-0,031069	5,066		0,074
		70,365							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
77,249	70,365	35,791	34,574	20,02 mm	33,3 mm



Responsable:	RESULTATS				
	Indice des vides	initial :	e_o	=	0,59
Signature:	Teneur en eau initiale	initiale :	w_o	=	19,9%
		de saturation :	w_{sat}	=	21,7%
Date:	Limite de retrait effectif	:	w_{Re}	=	8,8%
	Facteur de retrait effectif	:	R_i	=	0,25
	Degré de saturation initial	:	S_{ro}	=	91,8%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT, Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

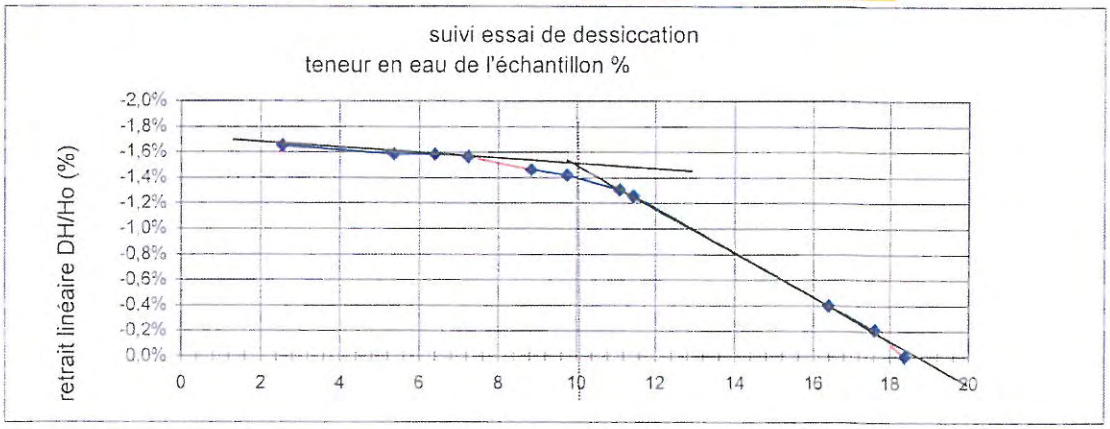
Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

Site:	Villa Be					Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence			Date:	sept-06		Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm		Masse volumique des grains γs			Profondeur:	1,5/2,0
	échantillon remanié		mesurée:	estimée:	2,7 Mg/m3		2,5/3,0
Ho=	21,1 mm		Masse initiale:	41,39	volume: 20,30 cm3		
do	35,0 mm		M de la plaque:	35,41			

suivi PTH et L:					déplac.	déform.	lectures comparateur		déplac.
date	heure	pesée PTH	PSH	W%	cumulDH	DH/H	dépose	repose	DH
16-août	8h45	76,796	41,388	18,35	0	0		4,883	
	12h00	76,535	41,127	17,60	0,043	-0,002093	4,840	4,936	0,043
	16h00	76,108	40,7	16,38	0,082	-0,003992	4,897	4,887	0,039
17-août	8h00	74,382	38,974	11,45	0,258	-0,012561	4,711	4,683	0,176
	12h00	74,262	38,854	11,10	0,268	-0,013048	4,673	4,594	0,01
	16h00	73,792	38,384	9,76	0,291	-0,014167	4,571	4,587	0,023
	18h00	73,472	38,064	8,84	0,3	-0,014606	4,578	4,588	0,009
18-août	8h20	72,910	37,502	7,24	0,321	-0,015628	4,567	4,557	0,021
	11h00	72,617	37,209	6,40	0,325	-0,015823	4,553	4,598	0,004
	15h00	72,254	36,846	5,36	0,325	-0,015823	4,598	4,537	0
19-août	8h00	71,270	35,862	2,55	0,339	-0,016504	4,523		0,014
		70,379							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
76,796	70,379	35,408	34,971	20,54 mm	33,57 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS					
Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,57
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	18,3%
	de saturation :		w_{sat}	=	21,0%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	10,0%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,17
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	87,3%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

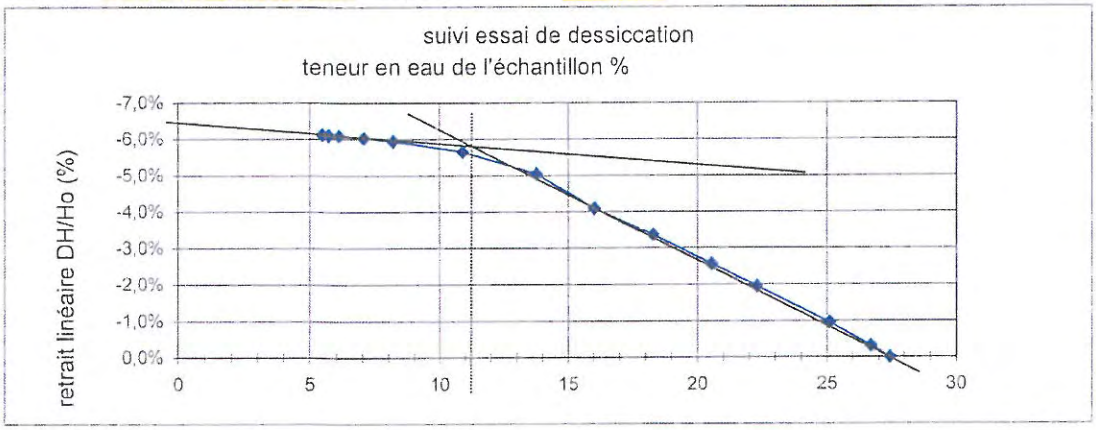
Site:	Villa Or			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm échantillon remanié	Masse volumique des grains γs mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3	Profondeur:	0,5/1,3
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	40,37	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	33,89		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
16-sept	18:00	74,261	40,371	27,44	0	0		3,441	
	13:55	74,026	40,136	26,70	0,059	-0,003057	3,382	3,354	0,059
17-sept	07:00	73,515	39,625	25,09	0,184	-0,009534	3,229	3,180	0,125
	10:00	72,626	38,736	22,28	0,375	-0,01943	2,989	2,940	0,191
	12:00	72,074	38,184	20,54	0,493	-0,025544	2,822	2,850	0,118
	15:00	71,362	37,472	18,29	0,648	-0,033575	2,695	2,656	0,155
	18:00	70,642	36,752	16,02	0,79	-0,040933	2,514	2,513	0,142
18-sept	07:20	69,928	36,038	13,76	0,973	-0,050415	2,330	2,388	0,183
	10:00	69,024	35,134	10,91	1,091	-0,056528	2,270	2,265	0,118
	12:30	68,161	34,271	8,19	1,146	-0,059378	2,210	2,240	0,055
	14:45	67,808	33,918	7,07	1,163	-0,060259	2,223	2,189	0,017
	17:45	67,506	33,616	6,12	1,176	-0,060933	2,176	2,180	0,013
19-sept	08:00	67,386	33,496	5,74	1,179	-0,061088	2,177	2,176	0,003
	12:00	67,306	33,416	5,49	1,182	-0,061244	2,173	2,206	0,003
		65,568							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale		diamètre final	
74,261	65,568	33,89	31,678	19,3	mm	34	mm



Responsable:

Signature:

Date

RESULTATS					
Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,73
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	27,4%
	de saturation :		w_{sat}	=	27,0%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	11,3%
Facteur de retrait effectif		:	R_l	=	0,37
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	101,5%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

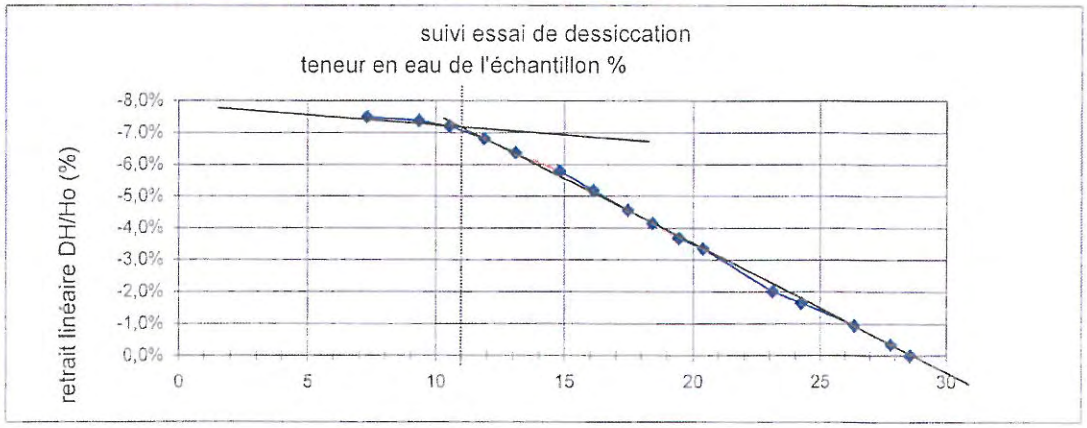
Site:	Villa Bo			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	0,4/1,3
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	39,93	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	31,94		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
12-sept	08:35	71,862	39,925	28,56	0	0		4,670	
	10:35	71,629	39,692	27,81	0,066	-0,003511	4,604	4,630	0,066
	13:50	71,181	39,244	26,37	0,177	-0,009415	4,519	4,534	0,111
	16:35	70,520	38,583	24,24	0,311	-0,016543	4,400	4,373	0,134
	18:05	70,174	38,237	23,12	0,378	-0,020106	4,306	4,323	0,067
13-sept	08:08	69,328	37,391	20,40	0,629	-0,033457	4,072	4,069	0,251
	10:00	69,034	37,097	19,45	0,691	-0,036755	4,007	3,982	0,062
	12:30	68,717	36,78	18,43	0,779	-0,041436	3,894	3,911	0,088
	14:30	68,416	36,479	17,46	0,857	-0,045585	3,833	3,810	0,078
	16:50	67,999	36,062	16,12	0,973	-0,051755	3,694	3,654	0,116
	19:05	67,597	35,66	14,82	1,089	-0,057926	3,538	3,473	0,116
14-sept	08:00	67,062	35,125	13,10	1,197	-0,06367	3,365	3,405	0,108
	11:40	66,686	34,749	11,89	1,279	-0,068032	3,323	3,298	0,082
	16:40	66,264	34,327	10,53	1,353	-0,071968	3,224	3,223	0,074
	22:00	65,891	33,954	9,33	1,386	-0,073723	3,190	3,197	0,033
15-sept	12:00	65,258	33,321	7,29	1,409	-0,074947	3,174		0,023
		62,993							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
71,862	62,993	31,937	31,056	18,8 mm	31,8 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,76
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	28,6%
	de saturation	:	w_{sat}	=	28,3%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	11,0%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,41
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	100,8%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

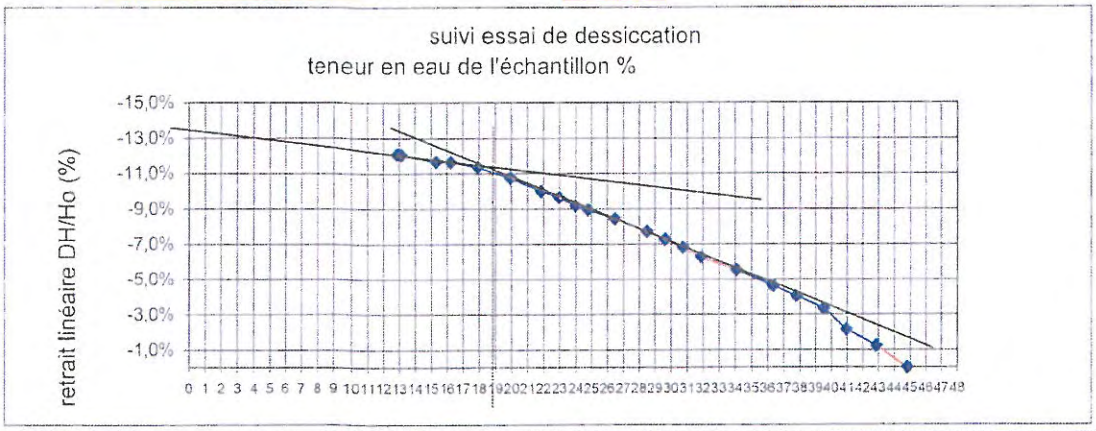
Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

Site:	Villa Fa						Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence			Date:	sept-06			Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm		Masse volumique des grains γs				Profondeur:	1,4/2,5
	échantillon remanié		mesurée:	estimée:	2,7 Mg/m3			
Ho=	21,1	mm	Masse initiale:	36,79	volume:	20,30 cm3		
do	35,0	mm	M de la plaque:	33,03				

suivi PTH et L:							lectures comparateur		
date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	dépose	repose	déplac. DH
16-sept	18:05	69,813	36,788	44,78	0	0		5,273	
17-sept	13:55	69,317	36,292	42,83	0,223	-0,012253	5,050	5,021	0,223
18-sept	07:00	68,832	35,807	40,92	0,391	-0,021484	4,853	4,961	0,168
	10:00	68,465	35,44	39,48	0,607	-0,033352	4,745	4,700	0,216
	13:48	68,027	35,002	37,75	0,737	-0,040495	4,570	4,548	0,13
	15:50	67,661	34,636	36,31	0,839	-0,046099	4,446	4,495	0,102
	18:38	67,092	34,067	34,07	1,009	-0,05544	4,325	4,294	0,17
19-sept	07:20	66,532	33,507	31,87	1,145	-0,062912	4,158	4,123	0,136
	10:00	66,239	33,214	30,72	1,239	-0,068077	4,029	4,029	0,094
	12:30	65,960	32,935	29,62	1,323	-0,072692	3,945	3,909	0,084
	14:45	65,671	32,646	28,48	1,405	-0,077198	3,827	3,840	0,082
	17:40	65,161	32,136	26,47	1,534	-0,084286	3,711	3,620	0,129
20-sept	08:00	64,732	31,707	24,79	1,624	-0,089231	3,530	3,615	0,09
	10:00	64,535	31,51	24,01	1,666	-0,091538	3,573	3,539	0,042
	12:00	64,280	31,255	23,01	1,754	-0,096374	3,451	3,492	0,088
	15:00	63,988	30,963	21,86	1,819	-0,099945	3,427	3,401	0,065
21-sept	08:08	63,503	30,478	19,95	1,954	-0,107363	3,266	3,215	0,135
	14:00	62,994	29,969	17,95	2,065	-0,113462	3,104	3,133	0,111
	17:30	62,567	29,542	16,27	2,118	-0,116374	3,080	3,073	0,053
22-sept	08:00	62,331	29,306	15,34	2,12	-0,116484	3,071	7,269	0,002
	14:00	61,773	28,748	13,14	2,192	-0,12044	7,197	7,175	0,072
		61,698	28,673	12,85	2,197	-0,120714	7,170		0,005
		58,434							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
69,813	58,434	33,025	25,409	18,2 mm	30,45 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS					
Indice des vides	initial	:	e_o	=	1,16
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	44,8%
	de saturation :		w_{sat}	=	42,9%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	19,0%
Facteur de retrait effectif		:	R_f	=	0,38
Degré de saturation initial		:	S_{re}	=	104,5%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT, Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

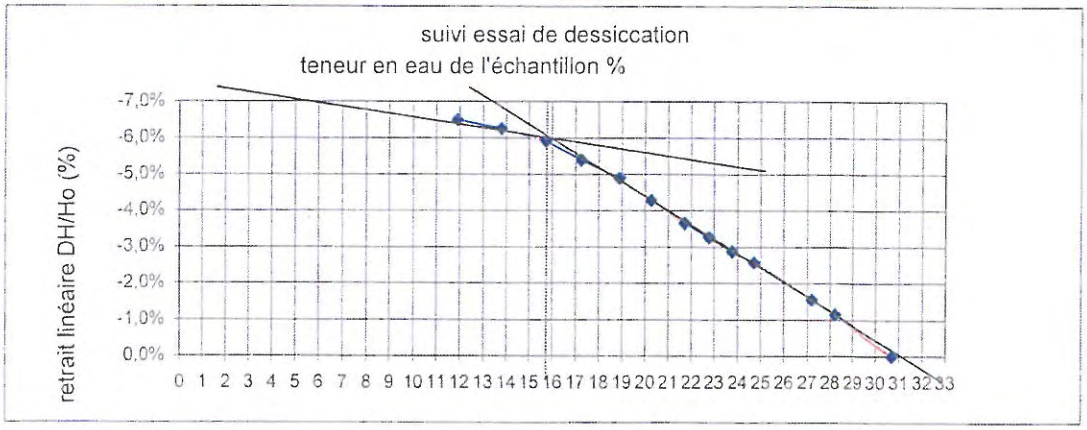
Site:	Square du Monde			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm échantillon remanié	Masse volumique des grains γs mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3	Profondeur:	3,1/3,7
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	39,40	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	35,65		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
12-sept	13:50	75,042	39,397	30,70	0	0		5,320	
	16:35	74,293	38,648	28,22	0,22	-0,011399	5,100	5,123	0,22
	18:05	73,982	38,337	27,18	0,299	-0,015492	5,044	5,080	0,079
13-sept	08:08	73,232	37,587	24,70	0,496	-0,025699	4,883	4,859	0,197
	10:00	72,950	37,305	23,76	0,555	-0,028756	4,800	4,796	0,059
	12:30	72,653	37,008	22,77	0,629	-0,032591	4,722	4,693	0,074
	14:30	72,330	36,685	21,70	0,706	-0,03658	4,616	4,633	0,077
	16:50	71,890	36,245	20,24	0,825	-0,042746	4,514	4,488	0,119
	19:05	71,483	35,838	18,89	0,944	-0,048912	4,369	4,297	0,119
14-sept	08:00	70,988	35,343	17,25	1,041	-0,053938	4,200	4,187	0,097
	11:40	70,527	34,882	15,72	1,141	-0,059119	4,087	4,118	0,1
	16:40	69,944	34,299	13,79	1,208	-0,062591	4,051	4,115	0,067
	22:00	69,374	33,729	11,90	1,255	-0,065026	4,068		0,047
		65,788							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
75,042	65,788	35,645	30,143	19,3 mm	32,4 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,82
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	30,7%
	de saturation	:	w_{sat}	=	30,3%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	15,9%
Facteur de retrait effectif		:	Ri	=	0,40
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	101,3%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT: Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

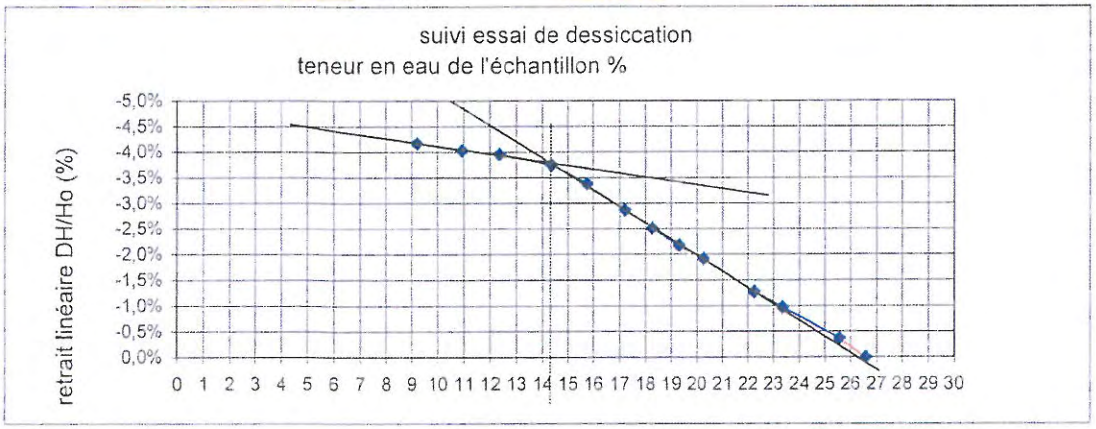
Site:	Place Bet			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm échantillon remanié	Masse volumique des grains γs mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3	Profondeur:	2,0/3,0
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	40,39	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	36,75		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	repose	déplac. DH
12-sept	10:35	77,135	**40,387**	26,59	0	0		3,632	
	13:50	76,803	40,055	25,55	0,072	-0,003673	3,560	3,607	0,072
	16:35	76,102	39,354	23,35	0,19	-0,009694	3,489	3,424	0,118
	18:05	75,749	39,001	22,24	0,249	-0,012704	3,365	3,346	0,059
13-sept	08:08	75,117	38,369	20,26	0,376	-0,019184	3,219	3,157	0,127
	10:00	74,813	38,065	19,31	0,426	-0,021735	3,107	3,097	0,05
	12:30	74,476	37,728	18,25	0,492	-0,025102	3,031	3,035	0,066
	14:30	74,145	37,397	17,22	0,562	-0,028673	2,965	3,033	0,07
	16:50	73,680	36,932	15,76	0,663	-0,033827	2,932	2,881	0,101
	19:05	73,235	36,487	14,36	0,734	-0,037449	2,810	2,795	0,071
	08:00	72,594	35,846	12,36	0,776	-0,039592	2,753	2,713	0,042
	11:40	72,138	35,39	10,93	0,789	-0,040255	2,700	2,753	0,013
	16:40	71,591	34,843	9,21	0,817	-0,041684	2,725		0,028
		68,652							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
77,135	68,652	36,748	**31,904**	19,6 mm	32,75 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	: e_0	=	0,72
Teneur en eau initiale	initiale	: w_0	=	26,6%
	de saturation :	w_{sat}	=	26,6%
Limite de retrait effectif		: w_{Re}	=	14,4%
Facteur de retrait effectif		: R_I	=	0,32
Degré de saturation initial		: S_{ro}	=	100,0%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

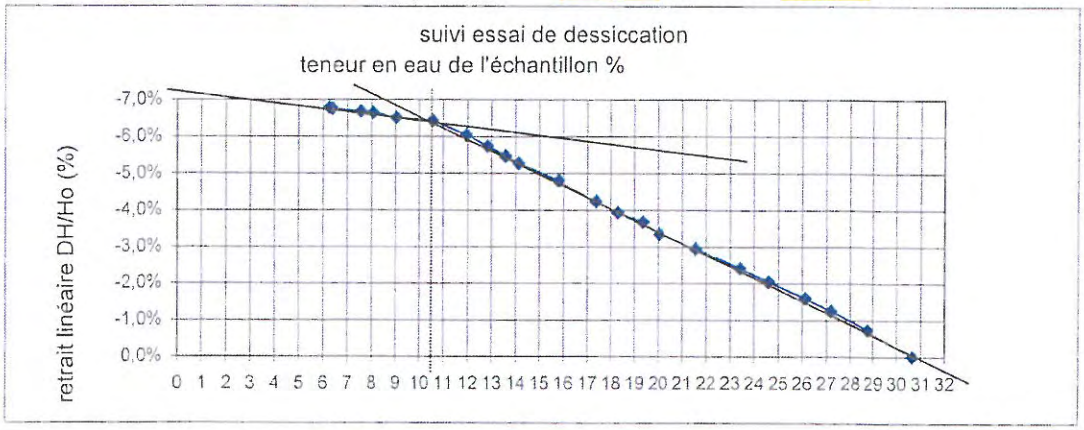
Site:	Jardin Périole			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	0,6/1,8
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	39,04	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	35,41		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
16-sept	18:00	74,451	39,042	30,64	0	0		3,971	
	13:55	73,886	38,477	28,75	0,154	-0,007333	3,817	3,706	0,154
17-sept	07:00	73,420	38,011	27,19	0,263	-0,012524	3,597	3,617	0,109
	10:00	73,101	37,692	26,12	0,335	-0,015952	3,545	3,563	0,072
	12:00	72,638	37,229	24,57	0,429	-0,020429	3,469	3,411	0,094
	15:00	72,287	36,878	23,40	0,506	-0,024095	3,334	3,400	0,077
	18:00	71,736	36,327	21,56	0,62	-0,029524	3,286	3,195	0,114
18-sept	07:20	71,279	35,87	20,03	0,702	-0,033429	3,113	3,133	0,082
	10:00	71,073	35,664	19,34	0,772	-0,036762	3,063	3,078	0,07
	12:30	70,754	35,345	18,27	0,827	-0,039381	3,023	3,000	0,055
	14:45	70,480	35,071	17,35	0,89	-0,042381	2,937	2,924	0,063
	17:45	70,014	34,605	15,79	1,007	-0,047952	2,807	2,871	0,117
19-sept	08:00	69,512	34,103	14,11	1,106	-0,052667	2,772	2,717	0,099
	10:00	69,349	33,94	13,57	1,149	-0,054714	2,674	2,693	0,043
	12:00	69,129	33,72	12,83	1,205	-0,057381	2,637	2,657	0,056
	14:00	68,868	33,459	11,96	1,269	-0,060429	2,593	2,547	0,064
	18:00	68,453	33,044	10,57	1,351	-0,064333	2,465	2,468	0,082
20-sept	08:00	67,999	32,59	9,05	1,367	-0,065095	2,452	2,401	0,016
	14:00	67,707	32,298	8,07	1,397	-0,066524	2,371	2,417	0,03
	18h00	67,553	32,144	7,56	1,405	-0,066905	2,409	2,388	0,008
21-sept	8h00	67,206	31,797	6,40	1,419	-0,067571	2,374	2,413	0,014
	12h00	67,167	31,758	6,27	1,425	-0,067857	2,407		0,006
									0
		65,294							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
74,451	65,294	35,409	29,885	21 mm	33 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,83
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	30,6%
	de saturation :		w_{sat}	=	30,9%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	10,5%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,31
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	99,2%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

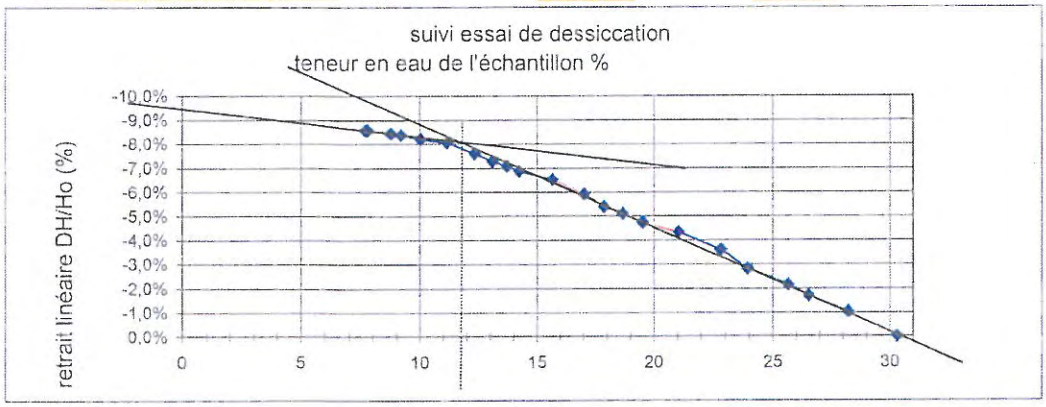
Site:	Jardin Lavit			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	0,9/2,6
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	22,0 mm	Masse initiale:	38,47	volume:	21,17 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	36,98		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	repose	déplac. DH
16-sept	18:05	75,454	38,472	30,30	0	0		7,553	
17-sept	13:55	74,835	37,853	28,20	0,19	-0,010383	7,363	7,341	0,19
18-sept	07:00	74,336	37,354	26,51	0,312	-0,017049	7,219	7,251	0,122
	10:00	74,086	37,104	25,67	0,395	-0,021585	7,168	7,192	0,083
	13:48	73,575	36,593	23,93	0,517	-0,028251	7,070	7,049	0,122
	15:50	73,243	36,261	22,81	0,662	-0,036175	6,904	6,958	0,145
	18:38	72,722	35,74	21,05	0,795	-0,043443	6,825	6,760	0,133
19-sept	07:20	72,270	35,288	19,52	0,869	-0,047486	6,686	6,685	0,074
	10:00	72,018	35,036	18,66	0,935	-0,051093	6,619	6,626	0,066
	12:30	71,782	34,8	17,86	0,987	-0,053934	6,574	6,600	0,052
	14:45	71,532	34,55	17,02	1,084	-0,059235	6,503	6,587	0,097
	17:40	71,125	34,143	15,64	1,193	-0,065191	6,478	6,427	0,109
20-sept	08:00	70,708	33,726	14,22	1,255	-0,068579	6,365	6,330	0,062
	10:00	70,558	33,576	13,72	1,295	-0,070765	6,290	6,400	0,04
	12:00	70,374	33,392	13,09	1,332	-0,072787	6,363	6,370	0,037
	15:00	70,151	33,169	12,34	1,392	-0,076066	6,310	6,282	0,06
21-sept	08:08	69,806	32,824	11,17	1,473	-0,080492	6,201	6,123	0,081
	14:00	69,470	32,488	10,03	1,503	-0,082131	6,093	6,171	0,03
	17:30	69,227	32,245	9,21	1,533	-0,08377	6,141	6,155	0,03
22-sept	08:00	69,098	32,116	8,77	1,545	-0,084426	6,143	6,117	0,012
	14:00	68,811	31,829	7,80	1,569	-0,085738	6,093	6,069	0,024
	17h30	68,782	31,8	7,70	1,569	-0,085738	6,063		
		66,508							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
75,454	66,508	36,982	29,526	18,3 mm	31,1 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	eo	=	0,94
Teneur en eau initiale	initiale	:	wo	=	30,3%
	de saturation :		wsat	=	34,7%
Limite de retrait effectif		:	wRe	=	12,0%
Facteur de retrait effectif		:	Rl	=	0,44
Degré de saturation initial		:	Sro	=	87,4%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT: Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

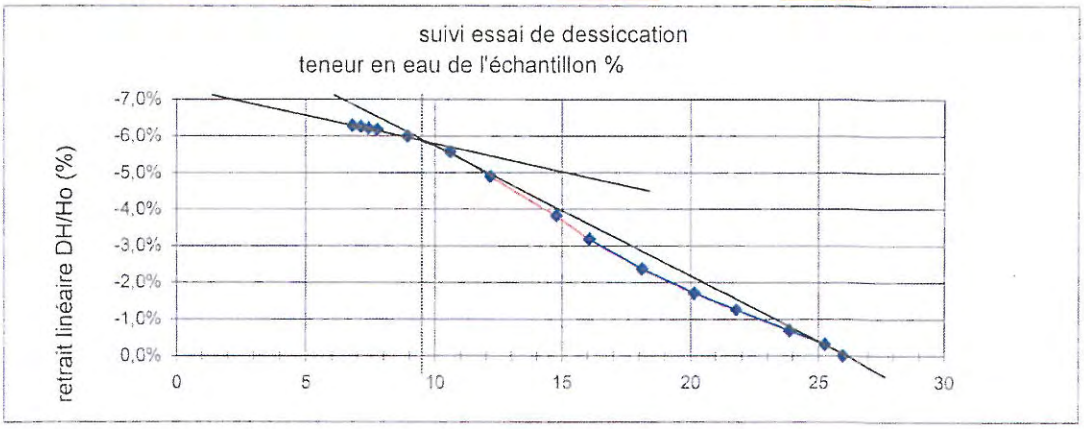
Site:	Groupe scolaire Jolimont			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	0,6/2,6
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	40,73	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	36,38		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
12-sept	13:50	77,110	40,734	25,95	0	0		3,678	
	16:35	76,879	40,503	25,23	0,062	-0,003229	3,616	3,625	0,062
	18:05	76,434	40,058	23,86	0,133	-0,006927	3,554	3,498	0,071
13-sept	08:08	75,752	39,376	21,75	0,24	-0,0125	3,391	3,438	0,107
	10:00	75,232	38,856	20,14	0,328	-0,017083	3,350	3,407	0,088
	12:30	74,573	38,197	18,10	0,455	-0,023698	3,280	3,215	0,127
	14:30	73,912	37,536	16,06	0,61	-0,031771	3,060	3,000	0,155
	16:50	73,498	37,122	14,78	0,734	-0,038229	2,876	2,887	0,124
	19:05	72,657	36,281	12,18	0,941	-0,04901	2,680	2,707	0,207
14-sept	08:00	72,149	35,773	10,61	1,069	-0,055677	2,579	2,585	0,128
	11:40	71,607	35,231	8,93	1,151	-0,059948	2,503	2,468	0,082
	16:40	71,230	34,854	7,77	1,188	-0,061875	2,431	2,462	0,037
	22:00	71,121	34,745	7,43	1,194	-0,062188	2,456	2,463	0,006
15-sept	08:00	71,023	34,647	7,13	1,202	-0,062604	2,455	2,482	0,008
	12:00	70,918	34,542	6,80	1,207	-0,062865	2,477		0,005
		68,718							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
77,110	68,718	36,376	32,342	19,2 mm	32,4 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS					
Indice des vides	initial	:	e_0	=	0,69
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_0	=	25,9%
	de saturation	:	w_{sat}	=	25,7%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	9,6%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,36
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	100,8%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT: Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué

suivant XP P 94-060-2

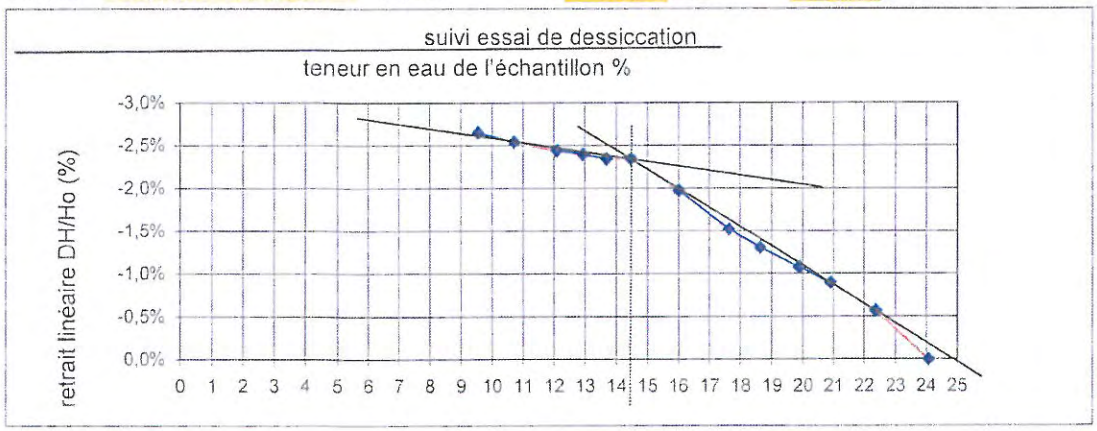
Site:	Église saint vincent de Paul			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm échantillon remanié	Masse volumique des grains γs mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3	Profondeur:	2,8/3,8
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	41,49	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	31,94		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
16-sept	18:00	73,429	**41,49**	24,09	0	0		4,455	
	13:55	72,856	40,917	22,37	0,112	-0,005657	4,343	4,290	0,112
17-sept	07:00	72,367	40,428	20,91	0,177	-0,008939	4,225	4,197	0,065
	10:00	72,021	40,082	19,88	0,212	-0,010707	4,162	4,130	0,035
	12:00	71,600	39,661	18,62	0,258	-0,01303	4,084	4,113	0,046
	15:00	71,263	39,324	17,61	0,301	-0,015202	4,070	4,032	0,043
	18:00	70,724	38,785	16,00	0,39	-0,019697	3,943	3,966	0,089
18-sept	07:20	70,213	38,274	14,47	0,464	-0,023434	3,892	3,763	0,074
	10:00	69,950	38,011	13,68	0,464	-0,023434	3,763	3,779	0
	12:30	69,695	37,756	12,92	0,474	-0,023939	3,769	3,822	0,01
	14:45	69,415	37,476	12,08	0,483	-0,024394	3,813	3,753	0,009
	17:45	68,951	37,012	10,70	0,503	-0,025404	3,733	3,814	0,02
19-sept	08:00	68,564	36,625	9,54	0,525	-0,026515	3,792		0,022
		65,375							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
73,429	**65,375**	31,939	**33,436**	19,8 mm	33,45 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,64
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	24,1%
	de saturation :		w_{sat}	=	23,7%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	14,5%
Facteur de retrait effectif		:	Rl	=	0,22
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	101,7%

Bibl : G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

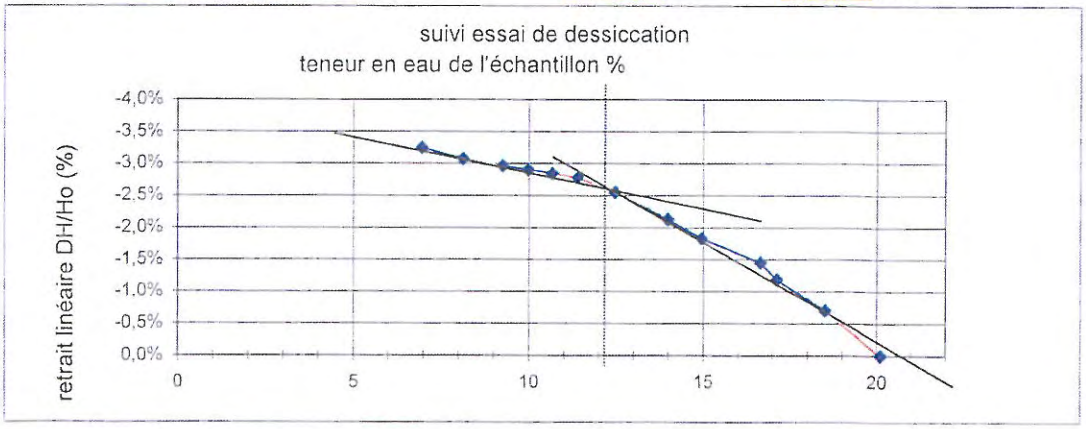
Site:	Mairie annexe, rue Garnier			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	2,1/3,0
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	44,25	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	36,75		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
16-sept	18:00	80,995	44,245	20,10	0	0		4,315	
	13:55	80,401	43,651	18,49	0,145	-0,007039	4,170	4,185	0,145
17-sept	07:00	79,898	43,148	17,13	0,243	-0,011796	4,087	4,093	0,098
	10:00	79,722	42,972	16,65	0,298	-0,014466	4,038	4,026	0,055
	12:00	79,096	42,346	14,95	0,377	-0,018301	3,947	3,922	0,079
	15:00	78,742	41,992	13,99	0,438	-0,021262	3,861	3,903	0,061
	18:00	78,183	41,433	12,47	0,524	-0,025437	3,817	3,790	0,086
18-sept	07:20	77,785	41,035	11,39	0,572	-0,027767	3,742	3,768	0,048
	10:00	77,519	40,769	10,67	0,586	-0,028447	3,754	3,735	0,014
	12:30	77,266	40,516	9,98	0,598	-0,029029	3,723	3,740	0,012
	14:45	77,004	40,254	9,27	0,61	-0,029612	3,728	3,728	0,012
	17:45	76,589	39,839	8,14	0,632	-0,03068	3,706	3,713	0,022
19-sept	08:00	76,153	39,403	6,96	0,668	-0,032427	3,677		0,036
		73,589							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
80,995	**73,589**	36,75	**36,839**	20,6 mm	33,75 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial :	eo	=	0,49
Teneur en eau initiale	initiale :	wo	=	20,1%
	de saturation :	wsat	=	18,1%
Limite de retrait effectif	:	wRe	=	12,3%
Facteur de retrait effectif	:	Rl	=	0,32
Degré de saturation initial	:	Sro	=	111,3%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

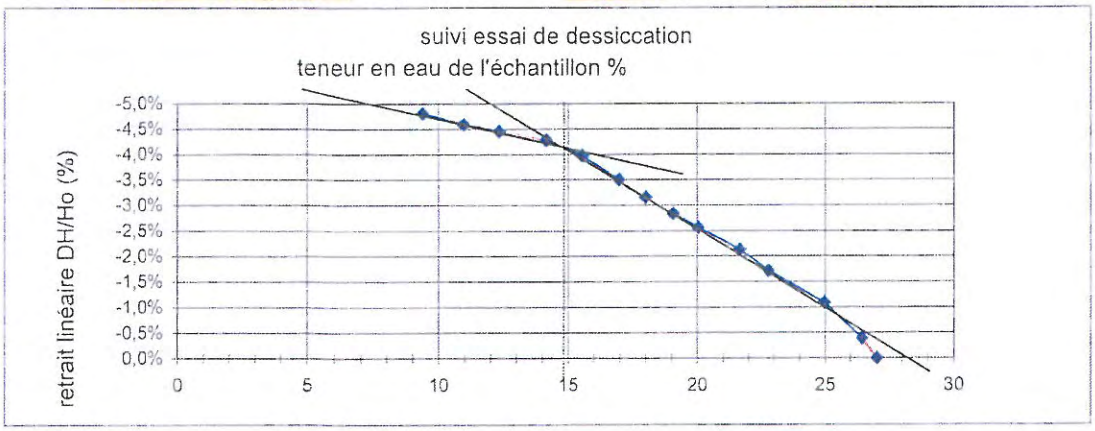
Site:	Villa Ar			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	3,5/4,4
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,0 mm	Masse initiale:	40,43	volume:	20,20 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	36,98		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
12-sept	08:35	77,409	40,428	27,00	0	0		8,250	
	10:35	77,229	40,248	26,44	0,078	-0,0039	8,172	8,207	0,078
	13:50	76,755	39,774	24,95	0,217	-0,01085	8,068	8,094	0,139
	16:35	76,064	39,083	22,78	0,342	-0,0171	7,969	7,895	0,125
	18:05	75,708	38,727	21,66	0,425	-0,02125	7,812	7,771	0,083
13-sept	08:08	75,191	38,21	20,04	0,512	-0,0256	7,684	7,696	0,087
	10:00	74,880	37,899	19,06	0,568	-0,0284	7,640	7,622	0,056
	12:30	74,541	37,56	17,99	0,631	-0,03155	7,559	7,553	0,063
	14:30	74,214	37,233	16,97	0,701	-0,03505	7,483	7,425	0,07
	16:50	73,760	36,779	15,54	0,794	-0,0397	7,332	7,318	0,093
	19:05	73,318	36,337	14,15	0,857	-0,04285	7,255	7,280	0,063
14-sept	08:00	72,743	35,762	12,35	0,891	-0,04455	7,246	7,281	0,034
	11:40	72,305	35,324	10,97	0,919	-0,04595	7,253	7,237	0,028
	16:40	71,807	34,826	9,41	0,961	-0,04805	7,195		0,042
		68,813							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
77,409	68,813	36,981	31,832	20 mm	32,6 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_0	=	0,71
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_0	=	27,0%
	de saturation :		w_{sat}	=	26,4%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	14,9%
Facteur de retrait effectif		:	R_t	=	0,30
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	102,2%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT: Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

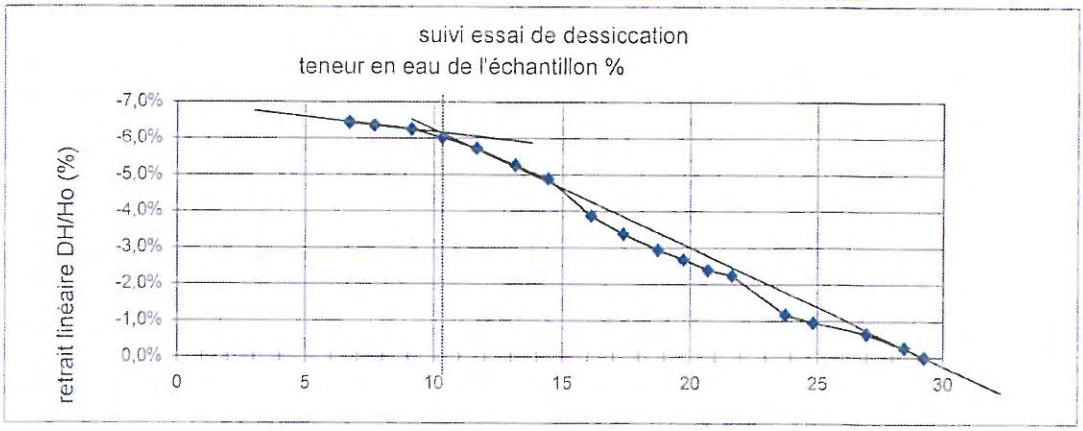
Site:	Villa Ri			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	1,3/1,8
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	39,99	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	35,80		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
12-sept	08:35	75,788	39,993	29,25	0	0		5,667	
	10:35	75,540	39,745	28,45	0,051	-0,002576	5,616	5,614	0,051
	13:50	75,086	39,291	26,98	0,128	-0,006465	5,537	5,588	0,077
	16:35	74,424	38,629	24,84	0,188	-0,009495	5,528	5,505	0,06
	18:05	74,091	38,296	23,76	0,23	-0,011616	5,463	5,522	0,042
13-sept	08:08	73,444	37,649	21,67	0,442	-0,022323	5,310	5,250	0,212
	10:00	73,152	37,357	20,73	0,472	-0,023838	5,220	5,250	0,03
	12:30	72,845	37,05	19,74	0,528	-0,026667	5,194	5,233	0,056
	14:30	72,538	36,743	18,74	0,581	-0,029343	5,180	5,150	0,053
	16:50	72,116	36,321	17,38	0,668	-0,033737	5,063	5,090	0,087
	19:05	71,725	35,93	16,12	0,766	-0,038687	4,992	4,858	0,098
14-sept	08:00	71,206	35,411	14,44	0,967	-0,048838	4,657	4,671	0,201
	11:40	70,809	35,014	13,16	1,043	-0,052677	4,595	4,564	0,076
	16:40	70,343	34,548	11,65	1,134	-0,057273	4,473	4,421	0,091
	22:00	69,930	34,135	10,32	1,192	-0,060202	4,363	4,400	0,058
15-sept	12:00	69,559	33,764	9,12	1,238	-0,062525	4,354	4,373	0,046
	18:00	69,108	33,313	7,66	1,258	-0,063535	4,353	4,350	0,02
16-sept	17:30	68,811	33,016	6,70	1,275	-0,064394	4,333		0,017
		66,738							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
75,788	66,738	35,795	30,943	19,8 mm	31,2 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	eo	= 0,77
Teneur en eau initiale	initiale	:	Wo	= 29,2%
	de saturation	:	Wsat	= 28,6%
Limite de retrait effectif		:	WRe	= 10,5%
Facteur de retrait effectif		:	Ri	= 0,33
Degré de saturation initial		:	Sro	= 102,4%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

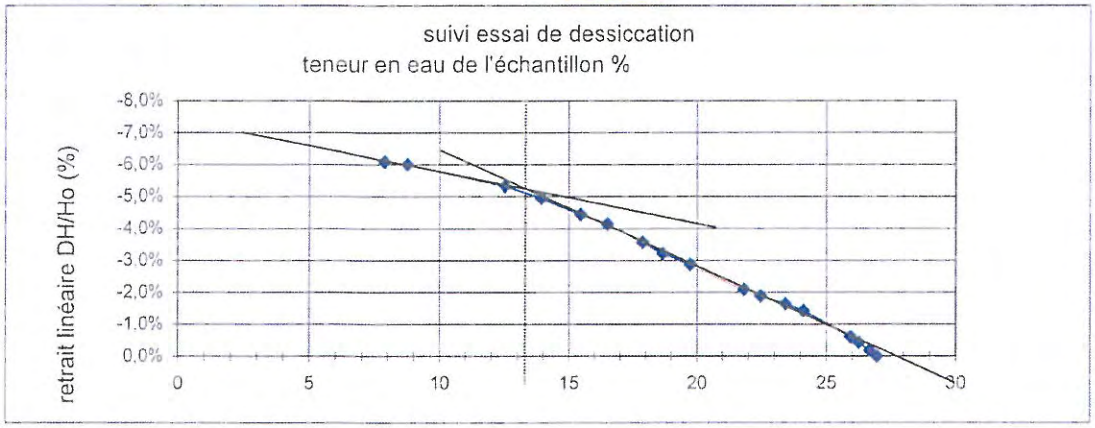
Site:	GE			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	oct-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	40,03	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	31,94		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
02-oct	10h40	71,971	40,031	26,93	0	0		5,035	
	13h30	71,879	39,939	26,64	0,038	-0,001969	4,997	4,957	0,038
	16h00	71,751	39,811	26,23	0,081	-0,004197	4,914	4,918	0,043
	17h40	71,647	39,707	25,90	0,116	-0,00601	4,883	4,891	0,035
03-oct	8h00	71,076	39,136	24,09	0,274	-0,014197	4,733	4,713	0,158
	12h15	70,862	38,922	23,41	0,316	-0,016373	4,671	4,673	0,042
	14h00	70,559	38,619	22,45	0,363	-0,018808	4,626	4,617	0,047
	17h30	70,360	38,42	21,82	0,401	-0,020777	4,579	4,588	0,038
04-oct	8h10	69,699	37,759	19,73	0,551	-0,028549	4,438	4,413	0,15
	12h00	69,369	37,429	18,68	0,617	-0,031969	4,347	4,392	0,066
	17h30	69,118	37,178	17,88	0,686	-0,035544	4,323	4,264	0,069
05-oct	8h00	68,683	36,743	16,50	0,798	-0,041347	4,152	4,147	0,112
	10h30	68,352	36,412	15,45	0,856	-0,044352	4,089	4,084	0,058
	12h00	67,876	35,936	13,95	0,955	-0,049482	3,985	3,968	0,099
	17h30	67,436	35,496	12,55	1,025	-0,053109	3,898	3,881	0,07
06-oct	8h00	66,244	34,304	8,77	1,159	-0,060052	3,747	3,752	0,134
	12h00	65,970	34,03	7,90	1,174	-0,060829	3,737		0,015
		63,478							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
71,971	63,478	31,94	31,538	19,3 mm	33,2 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial :	e_o	=	0,74
Teneur en eau initiale	initiale :	w_o	=	26,9%
	de saturation :	w_{sat}	=	27,3%
Limite de retrait effectif	:	w_{Re}	=	13,2%
Facteur de retrait effectif	:	R_l	=	0,35
Degré de saturation initial	:	S_{ro}	=	98,5%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

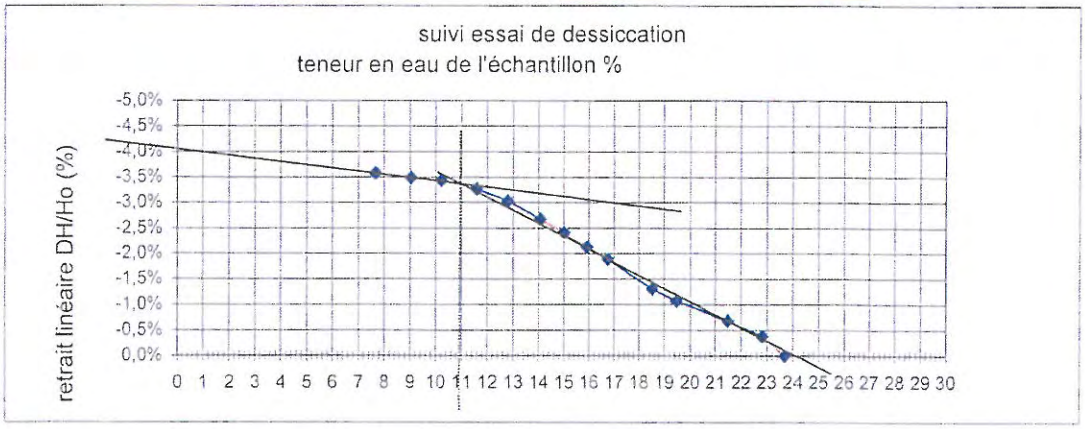
Site:	Place Raspail			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	2,5/3,4
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	42,20	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	35,41		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
12-sept	08:35	77,611	42,204	23,69	0	0		5,000	
	10:35	77,313	41,906	22,82	0,077	-0,003802	4,923	4,920	0,077
	13:50	76,850	41,443	21,46	0,138	-0,006815	4,859	4,858	0,061
	16:35	76,171	40,764	19,47	0,217	-0,010716	4,779	4,766	0,079
	18:05	75,843	40,436	18,51	0,264	-0,013037	4,719	4,708	0,047
13-sept	08:08	75,239	39,832	16,74	0,381	-0,018815	4,591	4,609	0,117
	10:00	74,954	39,547	15,91	0,43	-0,021235	4,560	4,509	0,049
	12:30	74,644	39,237	15,00	0,488	-0,024099	4,451	4,455	0,058
	14:30	74,327	38,92	14,07	0,542	-0,026765	4,401	4,425	0,054
	16:50	73,891	38,484	12,79	0,614	-0,030321	4,353	4,327	0,072
	19:05	73,479	38,072	11,58	0,661	-0,032642	4,280	4,553	0,047
	08:00	73,016	37,609	10,23	0,695	-0,034321	4,519	4,442	0,034
	11:40	72,609	37,202	9,03	0,705	-0,034815	4,432	4,298	0,01
	16:40	72,144	36,737	7,67	0,724	-0,035753	4,279		0,019
		69,527							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
77,611	69,527	35,407	34,12	20,25 mm	33 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS					
Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,61
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	23,7%
	de saturation	:	w_{sat}	=	22,5%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	11,0%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,26
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	105,5%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

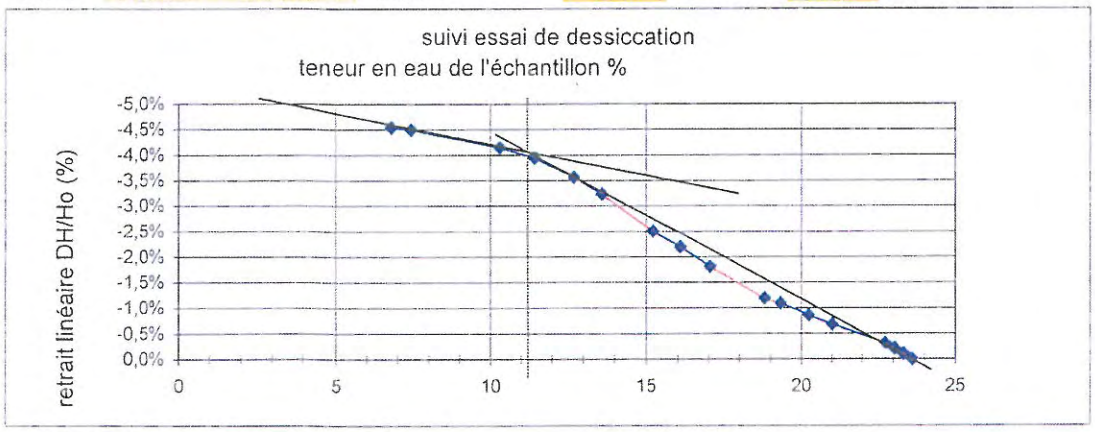
Site:	PINEL			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	oct-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm échantillon remanié	Masse volumique des grains γs mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3	Profondeur:	
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	41,22	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	31,63		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
02-oct	10h40	72,857	**41,224**	23,60	0	0		4,743	
	13h30	72,769	41,136	23,34	0,02	-0,001031	4,723	4,724	0,02
	16h00	72,668	41,035	23,04	0,041	-0,002113	4,703	4,703	0,021
	17h40	72,568	40,935	22,74	0,061	-0,003144	4,683	4,650	0,02
03-oct	8h00	71,993	40,36	21,01	0,132	-0,006804	4,579	4,587	0,071
	12h15	71,737	40,104	20,24	0,167	-0,008608	4,552	4,568	0,035
	14h00	71,433	39,8	19,33	0,212	-0,010928	4,523	4,527	0,045
	17h30	71,256	39,623	18,80	0,231	-0,011907	4,508	4,483	0,019
04-oct	8h10	70,668	39,035	17,04	0,351	-0,018093	4,363	4,378	0,12
	12h00	70,348	38,715	16,08	0,425	-0,021907	4,304	4,313	0,074
	17h30	70,066	38,433	15,23	0,485	-0,025	4,253	4,270	0,06
05-oct	8h00	69,521	37,888	13,60	0,627	-0,03232	4,128	4,083	0,142
	10h30	69,221	37,588	12,70	0,691	-0,035619	4,019	3,993	0,064
	12h00	68,799	37,166	11,44	0,764	-0,039381	3,920	3,916	0,073
	17h30	68,420	36,787	10,30	0,803	-0,041392	3,877	3,888	0,039
06-oct	8h00	67,463	35,83	7,43	0,871	-0,044897	3,820	3,827	0,068
	12h00	67,251	35,618	6,79	0,88	-0,045361	3,818		0,009
		64,985							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
72,857	**64,985**	31,633	**33,352**	19,4 mm	32,4 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,64
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	23,6%
	de saturation :		w_{sat}	=	23,8%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	11,3%
Facteur de retrait effectif		:	R_f	=	0,32
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	99,0%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

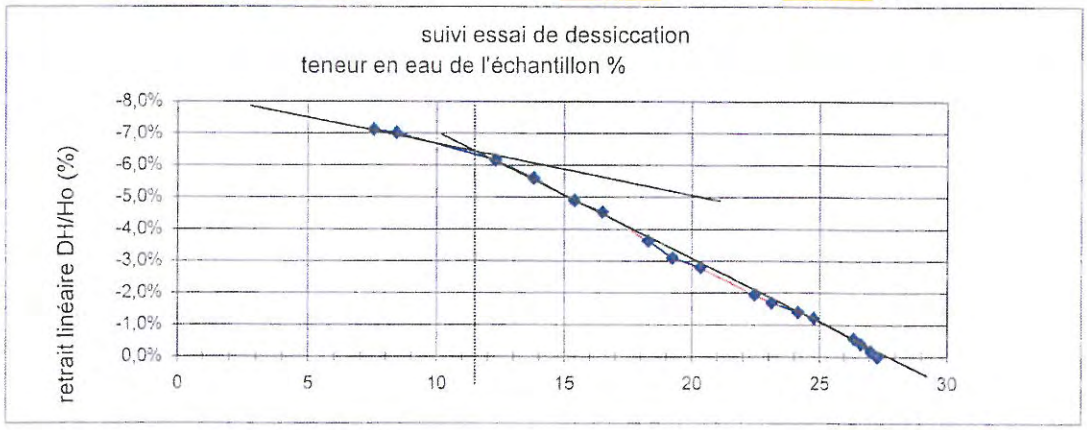
Site:	PLACE BASCH			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	oct-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	39,64	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	36,98		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
02-oct	10h40	76,619	39,64	27,30	0	0		8,553	
	13h30	76,533	39,554	27,02	0,036	-0,001865	8,517	8,674	0,036
	16h00	76,418	39,439	26,65	0,078	-0,004041	8,632	8,523	0,042
	17h40	76,324	39,345	26,35	0,112	-0,005803	8,489	8,456	0,034
03-oct	8h00	75,821	38,842	24,74	0,233	-0,012073	8,335	8,278	0,121
	12h15	75,631	38,652	24,13	0,268	-0,013886	8,243	8,192	0,035
	14h00	75,313	38,334	23,11	0,328	-0,016995	8,132	8,105	0,06
	17h30	75,108	38,129	22,45	0,375	-0,01943	8,058	8,107	0,047
04-oct	8h10	74,449	37,47	20,33	0,539	-0,027927	7,943	7,872	0,164
	12h00	74,108	37,129	19,24	0,598	-0,030984	7,813	7,843	0,059
	17h30	73,809	36,83	18,28	0,698	-0,036166	7,743	7,860	0,1
05-oct	8h00	73,248	36,269	16,47	0,875	-0,045337	7,683	7,627	0,177
	10h30	72,902	35,923	15,36	0,945	-0,048964	7,557	7,603	0,07
	12h00	72,412	35,433	13,79	1,08	-0,055959	7,468	7,497	0,135
	17h30	71,949	34,97	12,30	1,189	-0,061606	7,388	7,427	0,109
06-oct	8h00	70,741	33,762	8,42	1,354	-0,070155	7,262	7,213	0,165
	12h00	70,467	33,488	7,54	1,374	-0,071192	7,193		0,02
		68,118							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
76,619	68,118	36,979	31,139	19,3 mm	32,2 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_0	=	0,76
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_0	=	27,3%
	de saturation	:	w_{sat}	=	28,2%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	11,6%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,40
Degré de saturation initial		:	S_{r0}	=	97,0%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT, Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

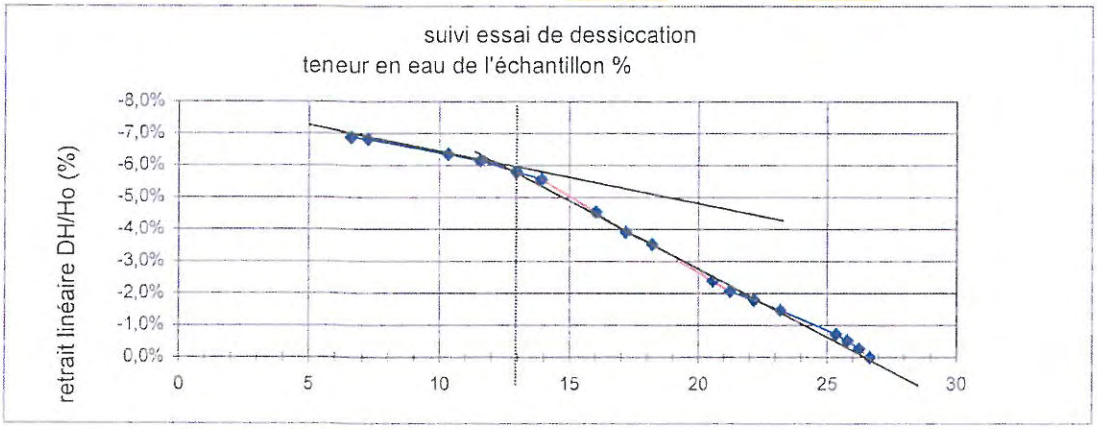
Site:	SAINTE CLAIRE				Dossier n°: CE R GT 06 282
Référence		Date:	oct-06		Sondage:
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs			Profondeur:
	échantillon remanié	mesurée:	estimée:	2,7 Mg/m3	
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	40,15	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	36,75		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
02-oct	10h40	76,903	**40,149**	26,67	0	0		4,222	
	13h30	76,769	40,015	26,25	0,05	-0,002632	4,172	4,152	0,05
	16h00	76,621	39,867	25,78	0,099	-0,005211	4,103	4,123	0,049
	17h40	76,480	39,726	25,34	0,137	-0,007211	4,085	4,058	0,038
03-oct	8h00	75,805	39,051	23,21	0,278	-0,014632	3,917	3,912	0,141
	12h15	75,480	38,726	22,18	0,337	-0,017737	3,853	3,813	0,059
	14h00	75,177	38,423	21,23	0,392	-0,020632	3,758	3,763	0,055
	17h30	74,972	38,218	20,58	0,452	-0,023789	3,703	3,696	0,06
04-oct	8h10	74,216	37,462	18,20	0,67	-0,035263	3,478	3,508	0,218
	12h00	73,893	37,139	17,18	0,742	-0,039053	3,436	3,395	0,072
	17h30	73,522	36,768	16,01	0,864	-0,045474	3,273	3,280	0,122
05-oct	8h00	72,857	36,103	13,91	1,057	-0,055632	3,087	3,069	0,193
	10h30	72,549	35,795	12,94	1,102	-0,058	3,024	3,048	0,045
	12h00	72,118	35,364	11,58	1,168	-0,061474	2,982	2,937	0,066
	17h30	71,724	34,97	10,33	1,207	-0,063526	2,898	2,957	0,039
06-oct	8h00	70,741	33,987	7,23	1,295	-0,068158	2,869	2,850	0,088
	12h00	70,532	33,778	6,57	1,305	-0,068684	2,840		0,01
		68,449							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
76,903	**68,449**	36,754	**31,695**	19 mm	32,2 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	: e_o	=	0,73
Teneur en eau initiale	initiale	: w_o	=	26,7%
	de saturation	: w_{sat}	=	27,0%
Limite de retrait effectif		: w_{Re}	=	13,0%
Facteur de retrait effectif		: R_I	=	0,42
Degré de saturation initial		: S_{ro}	=	98,7%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

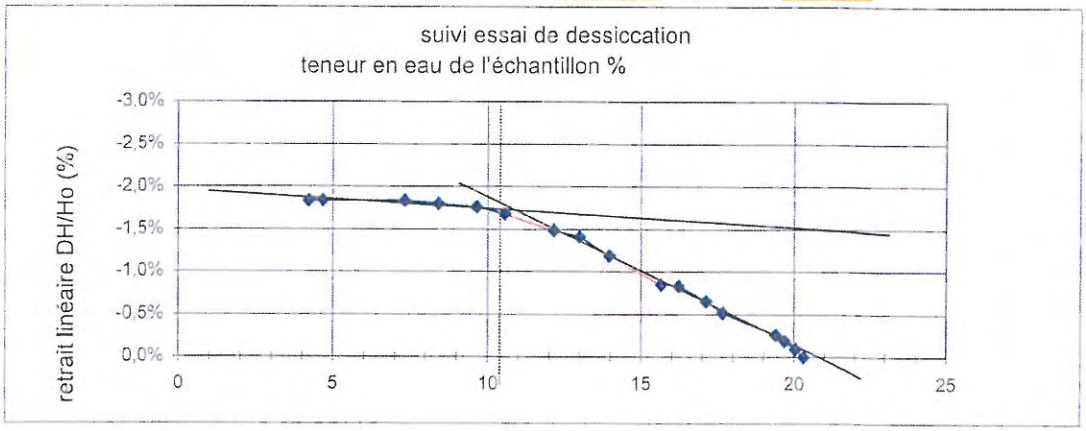
Site:	Bois de LYMERAC			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	oct-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm échantillon remanié	Masse volumique des grains γs mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3	Profondeur:	
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	41,34	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	35,80		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
02-oct	10h40	77,138	**41,341**	20,29	0	0		5,807	
	13h30	77,048	41,251	20,03	0,019	-0,000918	5,788	5,810	0,019
	16h00	76,932	41,135	19,69	0,039	-0,001884	5,790	5,813	0,02
	17h40	76,827	41,03	19,39	0,054	-0,002609	5,798	5,758	0,015
03-oct	8h00	76,228	40,431	17,64	0,107	-0,005169	5,705	5,704	0,053
	12h15	76,047	40,25	17,12	0,135	-0,006522	5,676	5,662	0,028
	14h00	75,741	39,944	16,23	0,172	-0,008309	5,625	5,645	0,037
	17h30	75,550	39,753	15,67	0,175	-0,008454	5,642	5,620	0,003
04-oct	8h10	74,966	39,169	13,97	0,245	-0,011836	5,550	5,580	0,07
	12h00	74,631	38,834	13,00	0,292	-0,014106	5,533	5,550	0,047
	17h30	74,344	38,547	12,16	0,307	-0,014831	5,535	5,503	0,015
05-oct	8h00	73,792	37,995	10,56	0,347	-0,016763	5,463	5,402	0,04
	10h30	73,480	37,683	9,65	0,364	-0,017585	5,385	5,400	0,017
	12h00	73,062	37,265	8,43	0,372	-0,017971	5,392	5,376	0,008
	17h30	72,683	36,886	7,33	0,38	-0,018357	5,368	5,392	0,008
06-oct	8h00	71,774	35,977	4,68	0,38	-0,018357	5,392	5,473	0
	12h00	71,612	35,815	4,21	0,38	-0,018357	5,473		
		70,164							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
77,138	**70,164**	35,797	**34,367**	20,7 mm	33,2 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	e_o	=	0,59
Teneur en eau initiale	initiale	w_o	=	20,3%
	de saturation	w_{sat}	=	22,0%
Limite de retrait effectif		w_{Re}	=	10,5%
Facteur de retrait effectif		R_I	=	0,17
Degré de saturation initial		S_{ro}	=	92,1%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT: Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

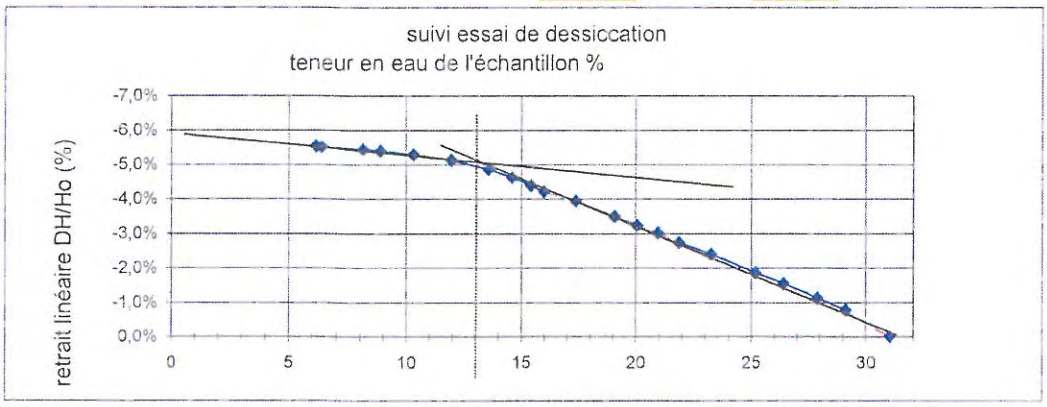
Site:	Place Pergola			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	sept-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	2,0/3,2
	échantillon remanié	mesurée:	estimée: 2.7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	38,57	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	35,64		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
17-sept	14h25	74,211	**38,567**	31,00	0	0		5,477	
18-sept	7h00	73,652	38,008	29,10	0,247	-0,007816	5,230	5,164	0,247
	10h00	73,293	37,649	27,88	0,358	-0,011329	5,053	5,032	0,111
	13h50	72,859	37,215	26,41	0,492	-0,01557	4,898	4,887	0,134
	15h50	72,498	36,854	25,18	0,588	-0,018608	4,791	3,780	0,096
	18h00	71,928	36,284	23,25	0,758	-0,023987	3,610	3,658	0,17
19-sept	7h20	71,518	35,874	21,85	0,867	-0,027437	3,549	3,502	0,109
	10h00	71,247	35,603	20,93	0,956	-0,030253	3,413	4,447	0,089
	12h30	70,981	35,337	20,03	1,023	-0,032373	4,380	4,387	0,067
	17h45	70,695	35,051	19,06	1,102	-0,034873	4,308	4,263	0,079
20-sept	8h05	70,197	34,553	17,37	1,247	-0,039462	4,118	4,117	0,145
	10h00	69,788	34,144	15,98	1,333	-0,042184	4,031	3,991	0,086
	12h00	69,624	33,98	15,42	1,386	-0,043861	3,938	3,937	0,053
	14h00	69,381	33,737	14,60	1,46	-0,046203	3,863	3,867	0,074
	18h00	69,084	33,44	13,59	1,534	-0,048544	3,793	3,816	0,074
21-sept	8h00	68,612	32,968	11,98	1,62	-0,051266	3,730	3,734	0,086
	14h00	68,121	32,477	10,32	1,67	-0,052848	3,684	3,660	0,05
	18h00	67,710	32,066	8,92	1,704	-0,053924	3,626	3,719	0,034
22-sept	8h00	67,488	31,844	8,17	1,72	-0,05443	3,703	3,673	0,016
	12h00	66,974	31,33	6,42	1,741	-0,055095	3,652	3,656	0,021
	16h45	66,905	31,261	6,19	1,749	-0,055348	3,648		0,008
		65,084							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
74,211	**65,084**	35,644	**29,44**	31,6 mm	31,4 mm



Responsable:

Signature:

Date:

RESULTATS

Indice des vides	initial	:	e_o	=	0,86
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_o	=	31,0%
	de saturation	:	w_{sat}	=	31,9%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	13,2%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,27
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	97,1%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH ENTREPRISE

ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié-sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

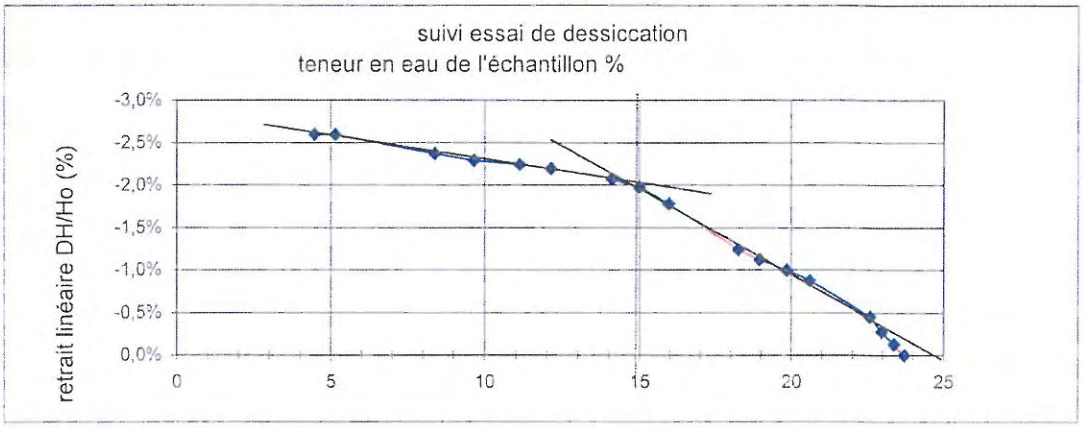
Site:	ALALOUF			Dossier n°:	CE R GT 06 282
Référence		Date:	oct-06	Sondage:	
Remarque:	fraction 0/400µm échantillon remanié	Masse volumique des grains γs		Profondeur:	
		mesurée:	estimée: 2,7 Mg/m3		
Ho=	21,1 mm	Masse initiale:	41,34	volume:	20,30 cm3
do	35,0 mm	M de la plaque:	35,41		

suivi PTH et L:

date	heure	pesée PTH	PSH	W%	déplac. cumulDH	déform. DH/H	lectures comparateur dépose	lectures comparateur repose	déplac. DH
02-oct	10h40	76,750	41,341	23,71	0	0		4,903	
	13h30	76,642	41,233	23,38	0,026	-0,001275	4,877	4,847	0,026
	16h00	76,503	41,094	22,97	0,056	-0,002745	4,817	4,923	0,03
	17h40	76,373	40,964	22,58	0,092	-0,00451	4,887	4,780	0,036
03-oct	8h00	75,712	40,303	20,60	0,179	-0,008775	4,693	4,697	0,087
	12h15	75,463	40,054	19,85	0,203	-0,009951	4,673	4,668	0,024
	14h00	75,161	39,752	18,95	0,228	-0,011176	4,643	4,663	0,025
	17h30	74,929	39,52	18,26	0,253	-0,012402	4,638	4,603	0,025
04-oct	8h10	74,164	38,755	15,97	0,363	-0,017794	4,493	4,538	0,11
	12h00	73,838	38,429	14,99	0,403	-0,019755	4,498	4,497	0,04
	17h30	73,540	38,131	14,10	0,422	-0,020686	4,478	4,463	0,019
05-oct	8h00	72,882	37,473	12,13	0,447	-0,021912	4,438	4,453	0,025
	10h30	72,541	37,132	11,11	0,457	-0,022402	4,443	4,403	0,01
	12h00	72,056	36,647	9,66	0,467	-0,022892	4,393	4,395	0,01
	17h30	71,633	36,224	8,39	0,484	-0,023725	4,378	4,358	0,017
06-oct	8h00	70,545	35,136	5,14	0,529	-0,025931	4,313	4,376	0,045
	12h00	70,318	34,909	4,46	0,529	-0,025931	4,366		
		68,828							

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
76,750	**68,828**	35,409	**33,419**	20,4 mm	33 mm



Responsable:

Signature:

Date:

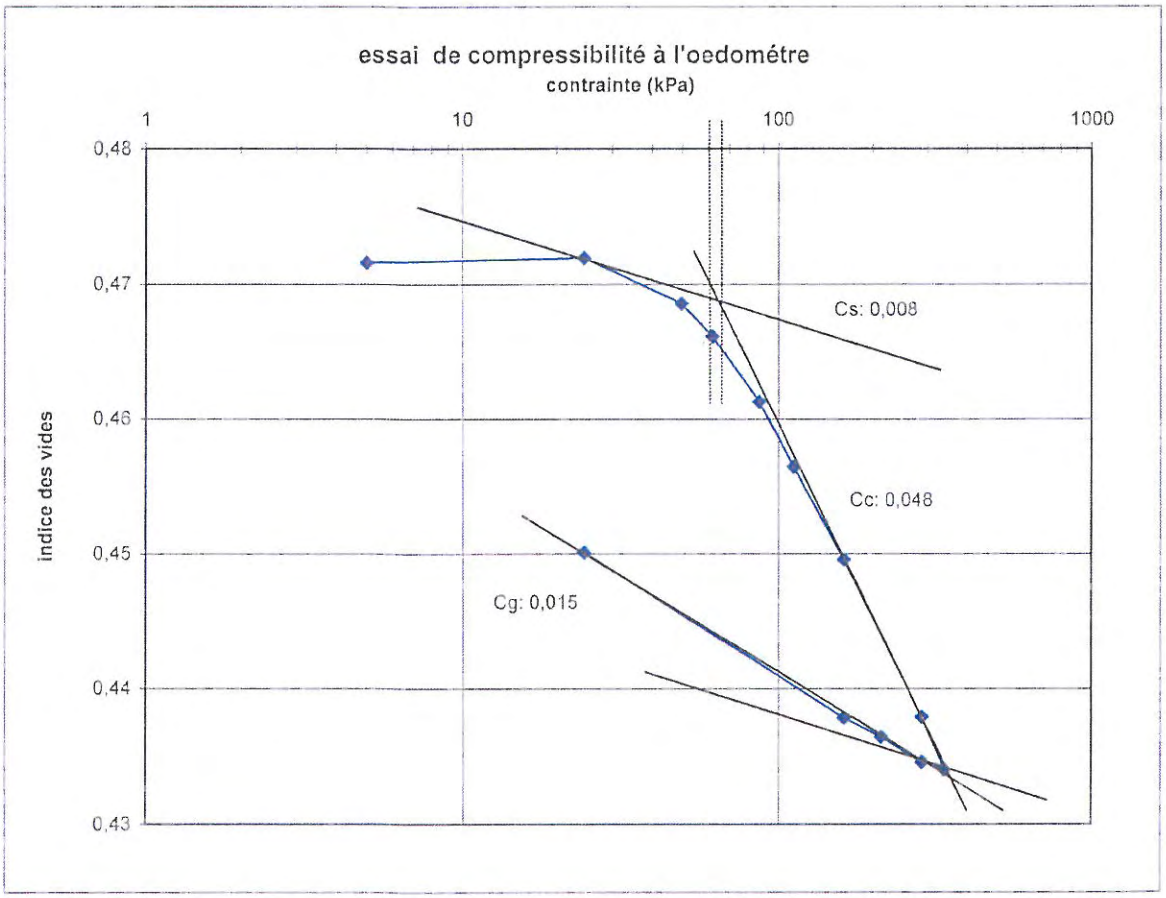
RESULTATS					
Indice des vides	initial	:	e_0	=	0,64
Teneur en eau initiale	initiale	:	w_0	=	23,7%
	de saturation	:	w_{sat}	=	23,7%
Limite de retrait effectif		:	w_{Re}	=	15,0%
Facteur de retrait effectif		:	R_I	=	0,20
Degré de saturation initial		:	S_{ro}	=	100,0%

Bibl : G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie
in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

2GH	Essai à l'oedomètre Essai de compressibilité à l'oedomètre sur sols fin saturés avec chargement par paliers XP P 94-090-1	
	Le square du monde	Réf: PPR
	éch: EI prof: 3	Date: Septembre 2006,

	avant essai	après essai
Diamètre D	70 mm	
Hauteur H	24 mm	
Masse volumique sèche ρ di	1,83 Mg/m3	1,86 Mg/m3
Masse volumique des grains ρ s estimée	2,70 Mg/m3	
Teneur en eau W%:	16,3 %	17,6 %
Degré de saturation:	93,3 %	105,3 %
Hauteur des pleins:	16,31 mm	



Résultats:

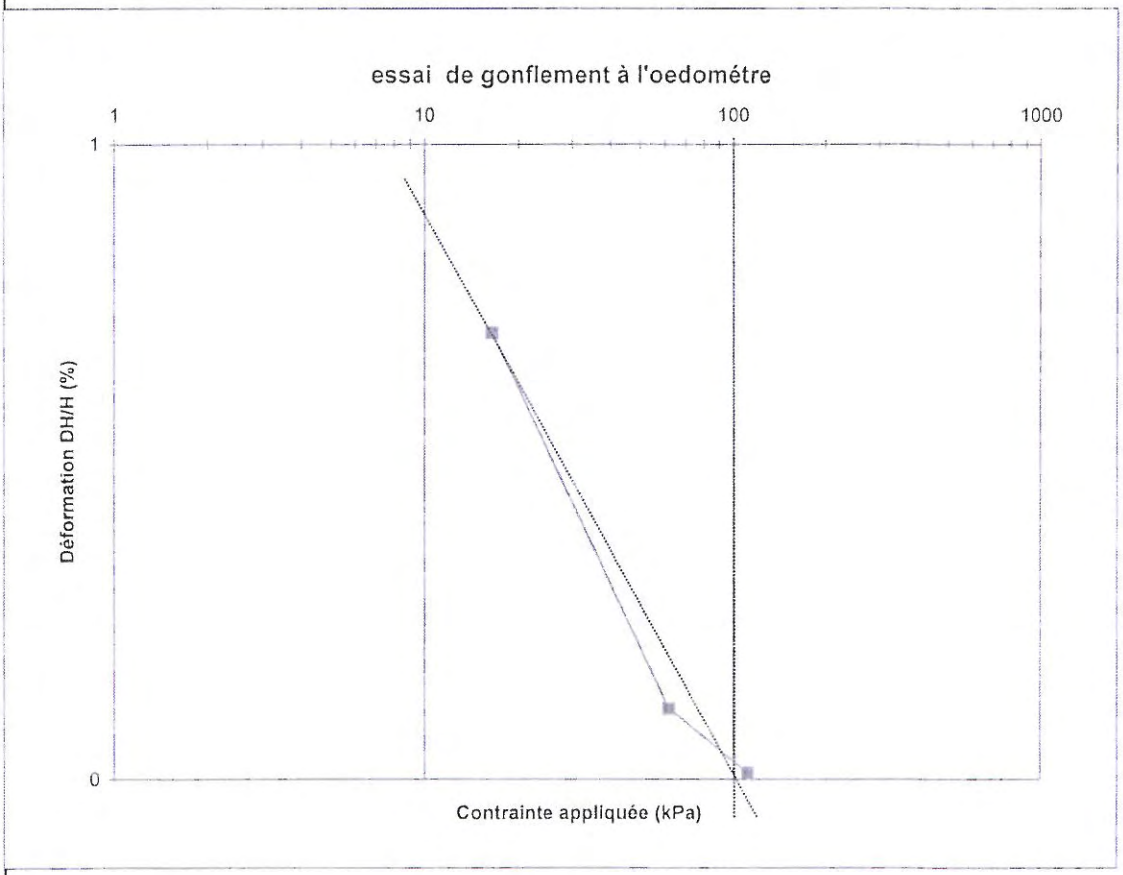
Indice des vides	ei (initial)	0,472	
	eo (en place)	0,466	estimé
Contrainte effective verticale	σ'vo	60	kPa
	σ'p	63	kPa
Indice de compression	Cc	0,048	
Indice de gonflement	Cs	0,008	

Cv	
palier	m²/s
Permeabilité	
palier	m/s

Observations:

2GH	Essai de gonflement à l'oedomètre conformément à la norme XP P 94-091		
n°	Square du monde	Réf:	CE RGT 06 279
	date Octobre 2006,	éch: EI	prof: 1,5

		Caractéristiques initiales		
Eprouvette n°		1	2	3
Diamètre D	mm	50,47	50,47	50,47
Hauteur H	mm	20	20	20
Masse volumique sèche ρ di	Mg/m3	1,559	1,613	1,709
Masse volumique humide ρ hi	Mg/m3	1,904	1,955	2,021
Masse volumique des grains ρ s estimée	Mg/m3	2,65	2,65	2,65
Teneur en eau W%:	%	22,1	21,2	18,3
Degré de saturation initial:		83,7	87,5	87,9
Hauteur des pleins:	mm	11,77	12,17	12,89

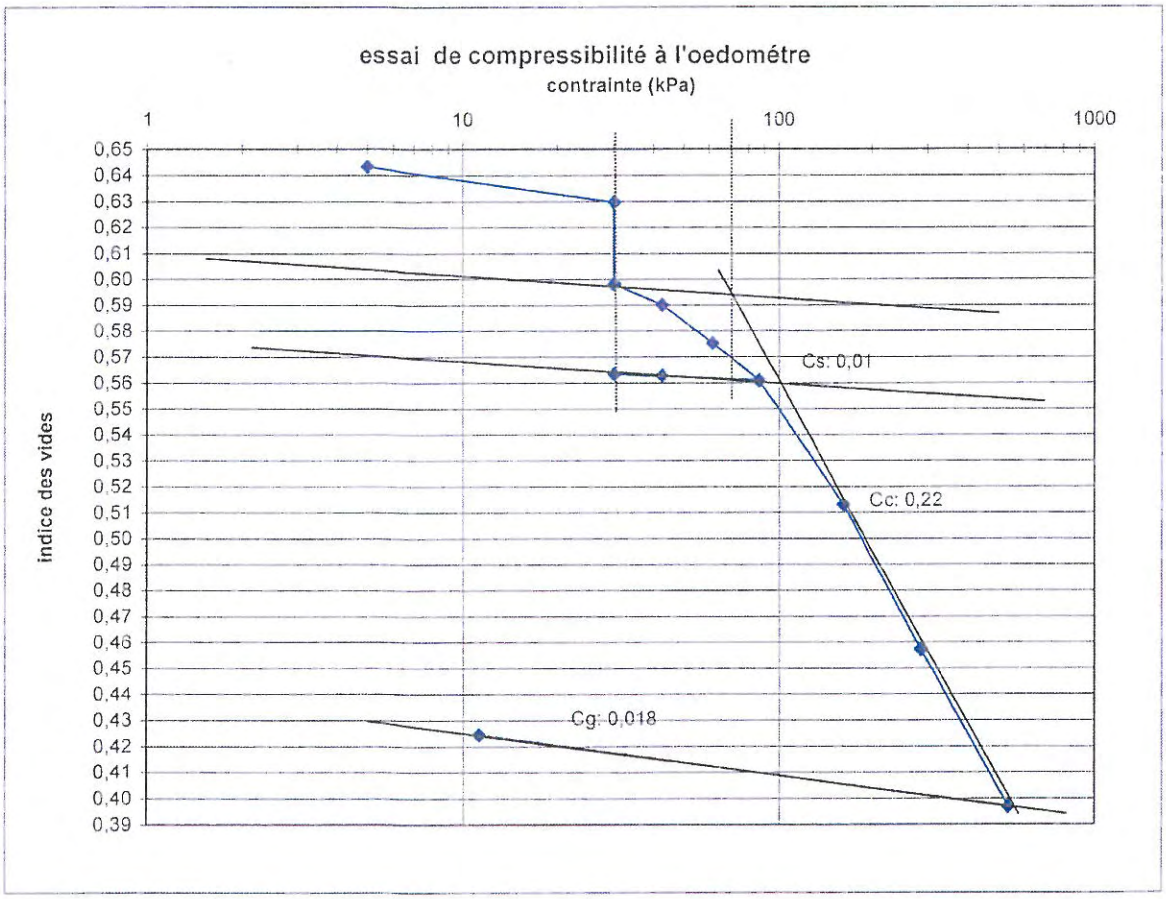


Résultats: Pression de gonflement σg voisine de 100kPa
Rapport de gonflement Rg 0,9 E-02

Observations:

2GH	Essai à l'oedomètre Essai de compressibilité à l'oedomètre sur sols fin saturés avec chargement par paliers XP P 94-090-1	
	Bois de Lymerac	Réf: PPR
	éch: EI prof: 1,3	Date: Octobre 2006,

	avant essai	après essai
Diamètre D	70 mm	
Hauteur H	24 mm	
Masse volumique sèche ρ di	**1,61** Mg/m3	**1,86** Mg/m3
Masse volumique des grains ρ s estimée	2,65 Mg/m3	
Teneur en eau W%:	**7,1** %	**16,1** %
Degré de saturation:	**29,2** %	**100,7** %
Hauteur des pleins:	**14,60** mm	



Résultats:

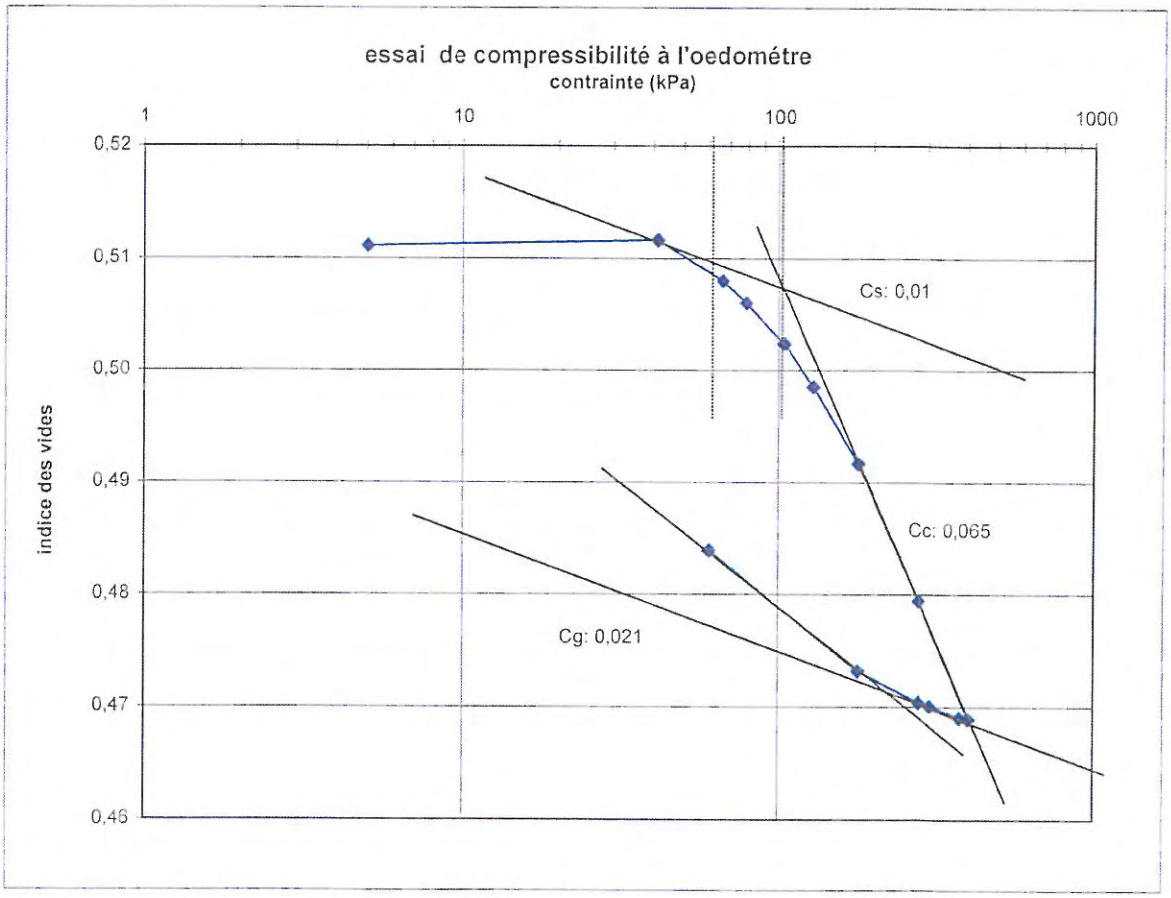
Indice des vides	ei (initial)	0,643	
	eo (en place)	0,63	estimé
Contrainte effective verticale	σ'vo	26	kPa
	σ'p	70	kPa
Indice de compression	Cc	0,22	
Indice de gonflement	Cs	0,01	

Cv	
palier	m²/s
Permeabilité	
palier	m/s

Observations: Essai réalisé avec imbibition après chargement de l'éprouvette à sa contrainte initiale estimée dans le sol.

2GH	Essai à l'oedomètre Essai de compressibilité à l'oedomètre sur sols fin saturés avec chargement par paliers XP P 94-090-1	
	La Pergola	Réf: PPR
	éch: EI prof: 3,1	Date: Septembre 2006,

	avant essai	après essai
Diamètre D	70 mm	
Hauteur H	24 mm	
Masse volumique sèche ρ di	**1,79** Mg/m3	**1,82** Mg/m3
Masse volumique des grains ρ s estimée	2,70 Mg/m3	
Teneur en eau W%:	**15,1** %	**18,4** %
Degré de saturation:	**80,0** %	**102,7** %
Hauteur des pleins:	**15,88** mm	



Résultats:

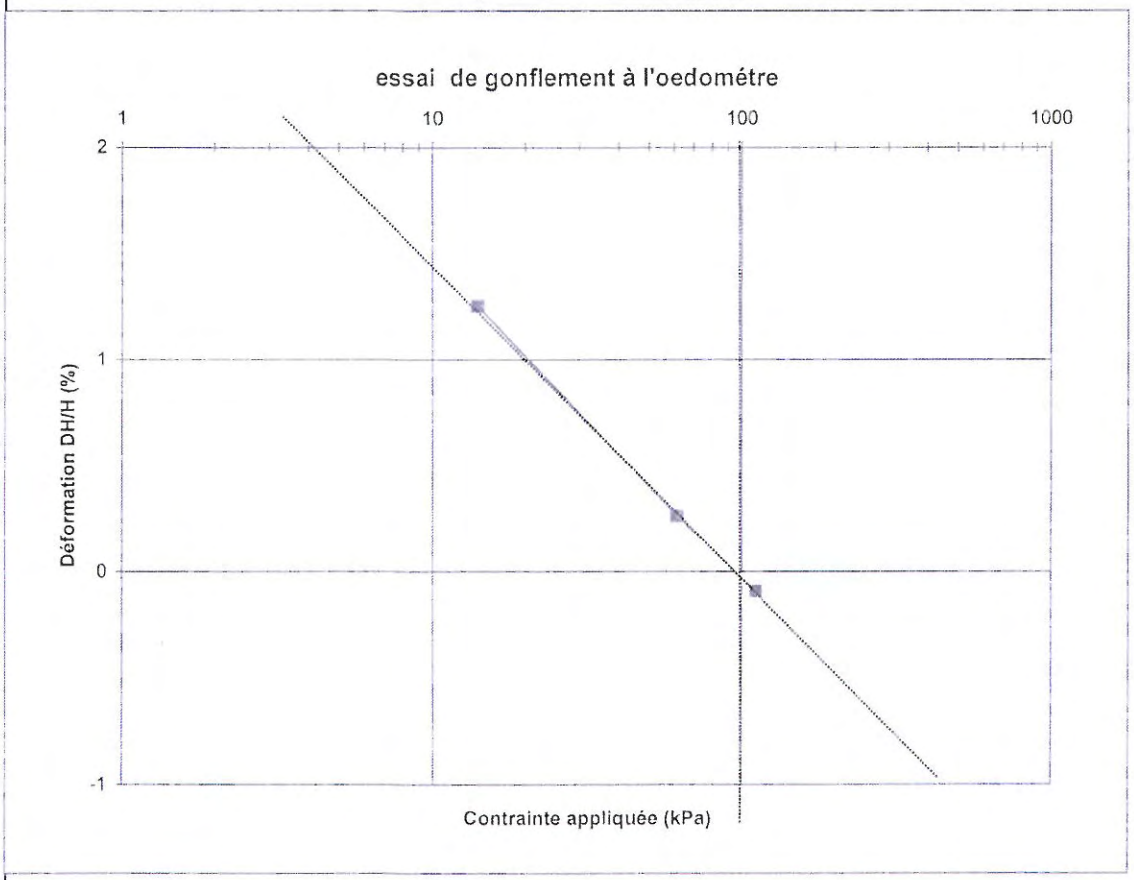
Indice des vides	ei (initial)	0,512	
	eo (en place)	0,508	estimé
Contrainte effective verticale	σ'vo	62	kPa
	σ'p	100	kPa
Indice de compression	Cc	0,065	
Indice de gonflement	Cs	0,01	

Cv	
palier	m²/s
Permeabilité	
palier	m/s

Observations:

2GH	Essai de gonflement à l'oedomètre conformément à la norme XP P 94-091			
n°	PERGOLA		Réf:	CE RGT 06 279
		date Octobre 2006,	éch: EI	prof: 3,5

		Caractéristiques initiales		
Eprouvette n°		1	2	3
Diamètre D	mm	50,47	50,47	50,47
Hauteur H	mm	20	20	20
Masse volumique sèche ρ di	Mg/m3	1,667	1,670	1,661
Masse volumique humide ρ hi	Mg/m3	1,963	1,982	1,973
Masse volumique des grains ρ s estimée	Mg/m3	2,65	2,65	2,65
Teneur en eau W%:	%	17,7	18,7	18,8
Degré de saturation initial:		79,6	84,5	83,6
Hauteur des pleins:	mm	12,58	12,60	12,53



Résultats: Pression de gonflement σg voisine de 100kPa
Rapport de gonflement Rg 1,4 E-02

Observations:

Géosciences pour une Terre durable
brgm

RAPPORT D'ESSAIS 06-3-147-A

Etude minéralogique par diffractométrie des rayons X

V/Réf. : 06-10-YE 25

Informations sur le(s) échantillon(s) :
- Date de réception : 02/11/2006
- Date début d'analyse 03/11/06
- Nombre: 3
- Nature : sols
- Auteur prélèvement: Demandeur

A l'attention de : Melle Y.ELLIE

2GH
10 Impasse de la Flambère
31300 TOULOUSE

Télécopie n° 05.34.60.58.75

Nom du laboratoire	Responsable du laboratoire
Laboratoire de minéralogie appliquée	P.JEZEQUEL

Résultats validés par Véronique JEAN-PROST **qualifié(es) pour l'essai**

Visé le 06-NOV-2006 **par** Françoise AUGUSTIN
Responsable enregistrement et suivi des dossiers d'analyses

Nbr pages : 7

Note Importante :
Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.

La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
Sauf demande expresse du donneur d'ordre, les échantillons sont détruits 1 an après la date d'envoi de ce rapport.

BRGM - 3, avenue Claude Guillemin - BP 36009 - 45060 Orléans, cedex 2, France
Service Métrologie, Monitoring, Analyse - Unité Mesures et essais physiques
Téléphone : (33) 02.38.64.36 16 - Télécopie : (33) 02.38.64.37.11

① **Nature de l'essai :**

La fraction phylliteuse des échantillons est déterminée par diffractométrie des rayons X à partir de lames orientées normales, glycolées pendant 12 heures en tension de vapeur puis chauffées à 490°C pendant 4 heures. Les proportions sont estimées à partir de l'aire des pics. Il faut bien tenir compte que les pourcentages indiqués sont des valeurs relatives des phases phylliteuses présentes dans la fraction dite « < 2 microns » de l'échantillon.

② **Appareillage et conditions expérimentales :**

Appareillage : Diffractomètre SIEMENS D5000 automatisé

Conditions expérimentales :

- Balayage de 2 à 36°2θ
- Vitesse de balayage de 0,02°2θ/seconde
- Temps de comptage : 1 seconde par pas
- Echantillon fixe

Traitement des diagrammes : Logiciel DIFFRAC^{plus}

③ **Résultats d'analyse**

Echantillon Bois de Limayrac –1,0m

La fraction phylliteuse de cet échantillon est représentée par (sur base 100) :

- interstratifié smectite/illite à environ 45% de smectite* et interstratifié smectite/chlorite : 72%
- illite et/ou micas : ~ 15%
- kaolinite : ~ 13%

* le pourcentage de smectite dans l'interstratifié smectite/illite est calculé d'après « l'abaque d'estimation pour un interstratifié illite/smectite » (Velde, 1983).

Echantillon Villa Pergola –3,0 m

La fraction phylliteuse de cet échantillon est représentée par (sur base 100) :

- interstratifié smectite/illite à environ 71% de smectite* et interstratifié smectite/chlorite : 88%
- illite et/ou micas : ~ 8%
- kaolinite : ~ 4%

Echantillon Square du monde –2,4m

La fraction phylliteuse de cet échantillon est représentée par (sur base 100) :

- interstratifié smectite/illite à environ 66% de smectite* et interstratifié smectite/chlorite : 79%
- illite et/ou micas : ~ 11%
- kaolinite : ~ 10%

---

④ **Observations**

La quantité relative d'interstratifié smectite/chlorite n'a pas pu être estimée indépendamment de l'interstratifié smectite/illite, bien qu'il ait été identifié, à cause de la nette prépondérance de l'interstratifié smectite/illite dans tous les échantillons.

* le pourcentage de smectite dans l'interstratifié smectite/illite est calculé d'après « l'abaque d'estimation pour un interstratifié illite/smectite » (Velde, 1983).

ANNEXE

Pour chaque échantillon :

- Le diffractogramme obtenu à partir de la lame normale (indexé N)
- Le diffractogramme obtenu à partir de la lame glycolée pendant 12 heures en tension de vapeur (indexé G)
- Le diffractogramme obtenu à partir de la lame chauffée à 490°C pendant 4 heures (indexé C)

