

ANNEXE 4

*Résultats de la prospection géotechnique
(volet Sol Exploreur).*



ETUDE HYDROGÉOTECHNIQUE

Diagnostic relatif aux affaissements et désordres affectant des bâtiments

NAY
(Manche)

Rapport d'étude géotechnique Mission de diagnostic géotechnique

N° d'affaire	indice	Rédacteur	Date	Modifications
12/191	A	M. DUFOUR	02/10/2012	
12/191	B	M. DUFOUR	22/11/2012	compléments



SOMMAIRE

	Pages
I. <u>OBJET DE L'ETUDE</u>	3
II. <u>CONTEXTE DU SITE</u>	3
III. <u>RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE</u>	3
1. <u>Programme de reconnaissance réalisé</u>	3
2. <u>Lithologie</u>	4
3. <u>Eau</u>	4
4. <u>Caractéristiques mécaniques</u>	4
5. <u>Profils hydriques</u>	5
6. <u>Teneur en matière organique</u>	6
IV. <u>CONCLUSIONS</u>	6

ANNEXES

Annexe 1 : Schéma d'implantation.....	8
Annexe 2 : Coupe des sondages.....	10
Annexe 3 : Extrait norme NF P 94-500.....	18
Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.....	19
Classification des missions types d'ingénierie géotechnique	20



I. OBJET DE L'ETUDE

Suite à des désordres apparus sur des habitations et à une baisse visible de niveau des marais, il nous été demandé par et pour le compte de la DDTM 50 de réaliser une mission de diagnostic géotechnique (G5), de la norme AFNOR NF P 94-500 du 5 décembre 2006, afin de :

- vérifier la nature et la qualité des sols en présence,
- déterminer le niveau de la nappe et ces fluctuations dans le temps,
- suivre dans la mesure du possible l'évolution du tassement,

dont le but est de vérifier si l'origine des différents désordres pourrait être liés à une baisse général du niveau de la nappe s'accompagnant d'une consolidation des sols et notamment des niveaux tourbeux.

II. CONTEXTE DU SITE

Le contexte géologique est caractérisé sur le secteur par la présence de remblais d'aménagement et de limons recouvrant la formation schisteuse pouvant être altérée et décomposée sur des épaisseurs plus ou moins importantes. Le site se situe en zone de sismicité 2.

III. RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

1. Programme de reconnaissance réalisé

Dans le cadre de notre mission, nous avons réalisé :

- 3 forages de reconnaissance pour établir la succession lithologique, avec prélèvement d'échantillons remaniés en continu. Ces forages ont été poursuivis jusqu'à 8 m de profondeur en F1 et F3 et jusqu'à 15 m de profondeur en F2, l'implantation ayant été arrêté après la réalisation d'une étude préliminaire par Lithologic afin de définir le contexte général.
- 19 essais pressiométriques répartis dans ces sondages pour mesurer les caractéristiques mécaniques des sols en présence, réalisés conformément à la norme NF P 94-110,
- l'équipement des forages F1 et F3 en piézomètre, lisse de 0 à 1 m et crépiné de 1 à 7,5 à 8 m avec protection par un capot métallique,
- l'équipement du forage F2 en piézomètre lisse de 0 à 1 m et crépiné de 1 à 13,5 m et protégé en tête par un massif coulissant autour du tube piézométrique afin de juger de l'évolution du tassement dans le temps.
- la réalisation de profils hydriques sur l'ensemble des forages jusqu'à 2 m de profondeur.
- 6 mesures de teneur en matière organique sur les échantillons prélevés.

En complément, il a été mis en place dans le cours d'eau au sein du marais 3 piges graduées (P1 à P3) afin de permettre de suivre les variations du niveau d'eau ainsi que 2 piézomètres courts en rive du cours d'eau.



Les forages F1 à F3 ont été nivelés en relatif par rapport au seuil du porche d'entrée de l'église, pris à la cote zéro.

2. Lithologie

Les sondages ont mis en évidence à partir du terrain actuel :

- de la terre végétale (F1 et F2) ou des limons organiques (F3) sur environ 0,1 à 0,4 m d'épaisseur,
- des horizons limono argileux plus ou moins sableux en F1 et F2 sur environ 3,2 à 3,7 m d'épaisseur,
- de la tourbe présente en F3 sur environ 1,3 m d'épaisseur sous les limons organiques et recouvrant les limons rencontrés en F1 et F2 présents sur environ 2,1 m d'épaisseur,
- A partir de 3,2 à 3,8 m de profondeur, il est mis en évidence des niveaux argileux à sableux, avec des passages de sables grossiers plus ou moins développés sur environ 7 m d'épaisseur. Ces niveaux renferment sous les niveaux sableux, des passages organiques, voire tourbeux, plus ou moins développés et plus ou moins évolués. On note en F2 une fraction sableuse plus prononcée que sur les autres forages.
- Au-delà de 10 m de profondeur en F2 on note la présence de sables argileux brun très compacts.

3. Eau

Lors de notre intervention des 2, 9 et 10 août 2012, l'eau s'établissait dans les forages vers :

- 0,4 m de profondeur en F3, au sein de la zone tourbeuse,
- 1,9 à 3,2 m en F1 et F2, en bordure de marais plus haut que le F3.

Le suivi des piézomètres dans le temps permettra de mettre en évidence les éventuelles variations du niveau d'eau.

Le 23 octobre 2010 les niveaux d'eau dans les piézomètres s'établissaient comme suit :

- F1 : 1.31 m
- F2 : 2.67 m
- F3 : 0.1 m

Le 14 novembre 2012 :

- F1 : 1.21 m
- F2 : 2.53 m
- F3 : 0.0 m
- F4 : 0 m
- F5 : 0.9 m

4. Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques mesurées au pressiomètre sont :



- très faibles dans les niveaux organiques en F3, jusqu'à 4 m de profondeur, les valeurs étant en deçà de la capacité de mesure du pressiomètre :

Pression limite P_l = inférieure ou égale à 0,1 MPa
 Module pressiométriques E = inférieur ou égal à 1,0 MPa

- faibles en F3 dans les niveaux argilo sableux plus ou moins organiques jusqu'en fin de forage à très faibles en F1 entre la surface et 5 m de profondeur dans les niveaux limoneux et argilo sableux plus ou moins organiques:

Pression limite P_l = 0,2 à 0,7 MPa
 Module pressiométriques E = 1,5 à 4,0 MPa

- moyennes à bonnes au-delà de 6 m de profondeur en F1 et sur toute la hauteur du forage en F2, avec des valeurs très bonnes au-delà de 10 m de profondeur.

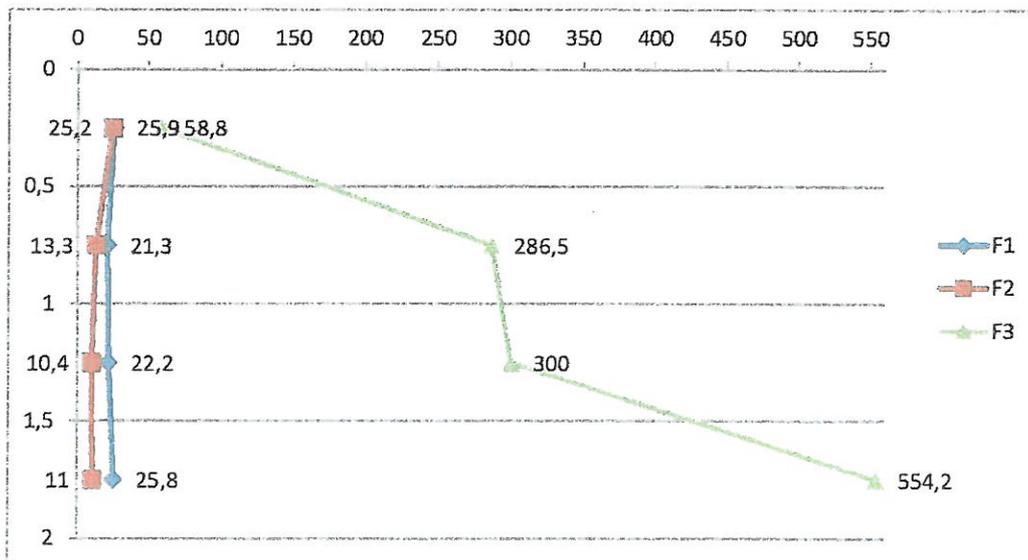
Pression limite P_l = 0,7 à 3,1 MPa
 Module pressiométriques E = 6,0 à 35,0 MPa

5. Profils hydriques

Les mesures de teneurs en eau réalisées sur les différents sondages sont conformes aux sols rencontrés avec des valeurs très élevées dans les sols organiques (F3), élevées aux alentours de 22% dans les sols à dominante argileuse (F1) et plus faible de l'ordre de 10 à 15% dans les sols à dominante sableuse (F2)

Diagnostic géotechnique
Profils hydriques
NAY

Sondages	F1	F2	F3
Profondeur			
0,25	25,9	25,2	58,8
0,75	21,3	13,3	286,5
1,25	22,2	10,4	300
1,75	25,8	11	554,2





Les sols rencontrés ne présentent donc pas d'anomalies particulières au regard des teneurs en eau mesurées.

6. Teneur en matière organique

Les mesures de teneur en matière organique donnent :

sondages	F1	F3
profondeur (m)		
0/0.5		9.3%
0.5/1		58.8%
1/1.5		75,2%
1.5/2		88%
3.8/5.9		28,4%
5.9	15.8%	

Le repère de tassement mis en place en F2 n'a pas montré à ce jour de mouvement significatif.

IV. CONCLUSIONS

Il ressort des sondages réalisés que globalement, plus on va vers l'intérieur du marais plus on est en présence de matériaux très organiques, les matériaux tourbeux étant alors présents quasiment dès la surface. En revanche plus on sort du marais plus on va vers des sols à dominante sableuse plus les passées organiques sont profondes et probablement moins développées.

D'un point de vue mécanique les sols sont à la limite de l'auto portance en présence de tourbe (F3) et de caractéristiques très faibles dans les sols limono argileux plus ou moins organiques (F1), caractérisant des sols très compressibles.

En revanche dans les zones plus sableuses (F2) les caractéristiques mécaniques sont bonnes, mais l'évolution des niveaux organiques profonds peuvent toutefois être source de tassements sur de longues durées.

Il ressort donc des reconnaissances réalisées que l'on est probablement dans le cadre d'une évolution normale des sols organiques dont la tendance est de se comprimés dans le temps, mais sans charge en présence de tourbes peu évoluée. Cette consolidation, normalement lente, peut être accélérée, voire être brutale lorsque les niveaux très organiques sont déjaugés, ces derniers pouvant alors tasser quasi instantanément, phénomène qui s'est probablement produit au niveau des marais avec les épisodes plus secs qui se sont produits récemment.

Sur les bordures de marais la consolidation des niveaux tourbeux profonds s'est sans doute effectué « normalement » mais de façon différentielle d'une zone à l'autre, les tassements superficiels ayant par ailleurs pu être accentués par le départ de fines par ruissellement suite à la baisse des marais.

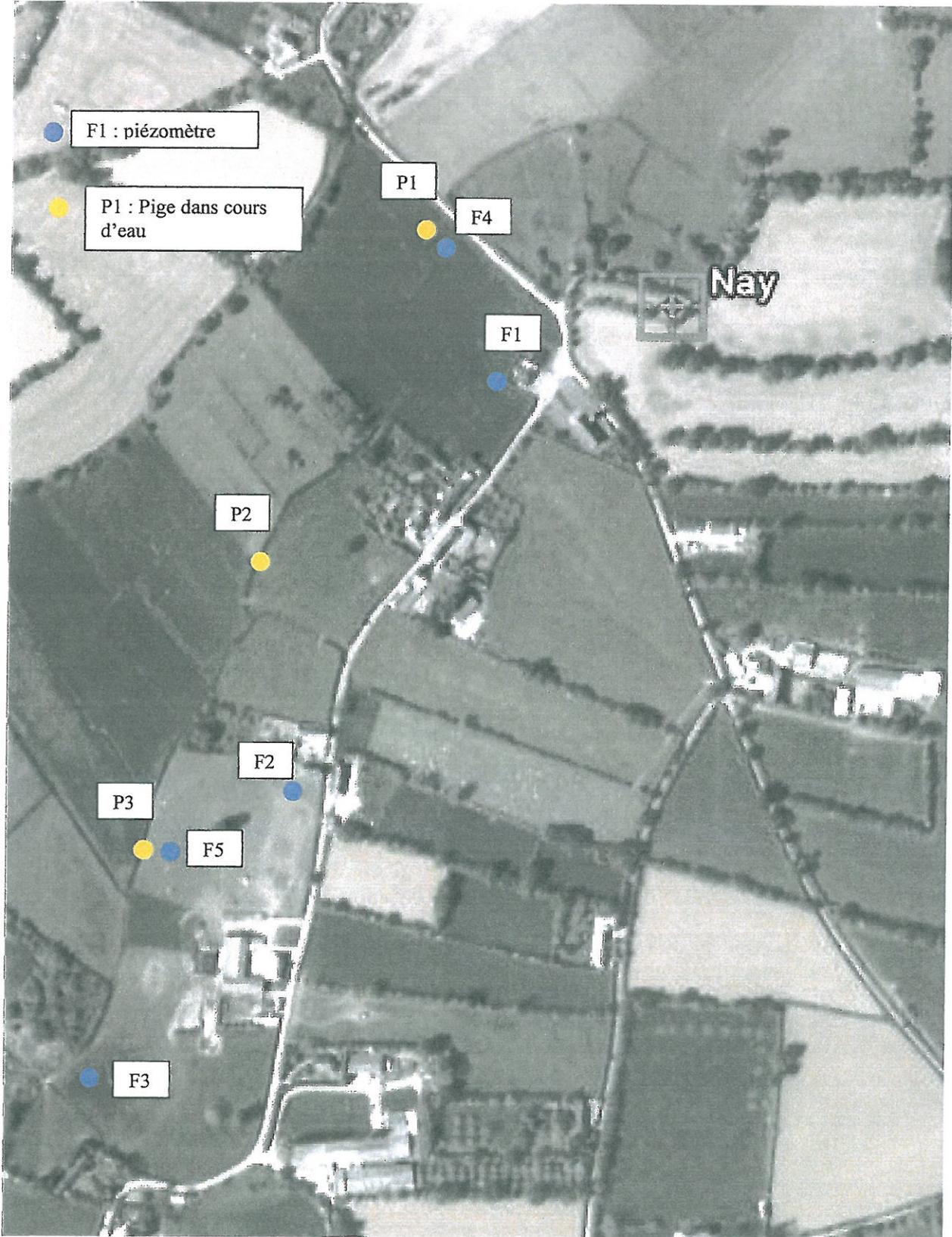
En conclusion, il semble que la baisse des marais et les désordres affectant les constructions résultent d'un processus d'évolution normale des sols en présence mais qui a pu être accéléré et donc plus brutal ces dernières années suite à des périodes sèches qui ont permis, par abaissement du niveau d'eau général un déjaugage des niveaux tourbeux entraînant leur contraction et des phénomènes connexe d'entraînement de fines par lessivage sur les bordures. A cela s'ajoute sans doute les conséquences d'une évolution lente et longue des niveaux organiques plus profonds.



ANNEXE 1

Plan d'implantation des sondages

SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES





ANNEXE 2

Coupes des sondages

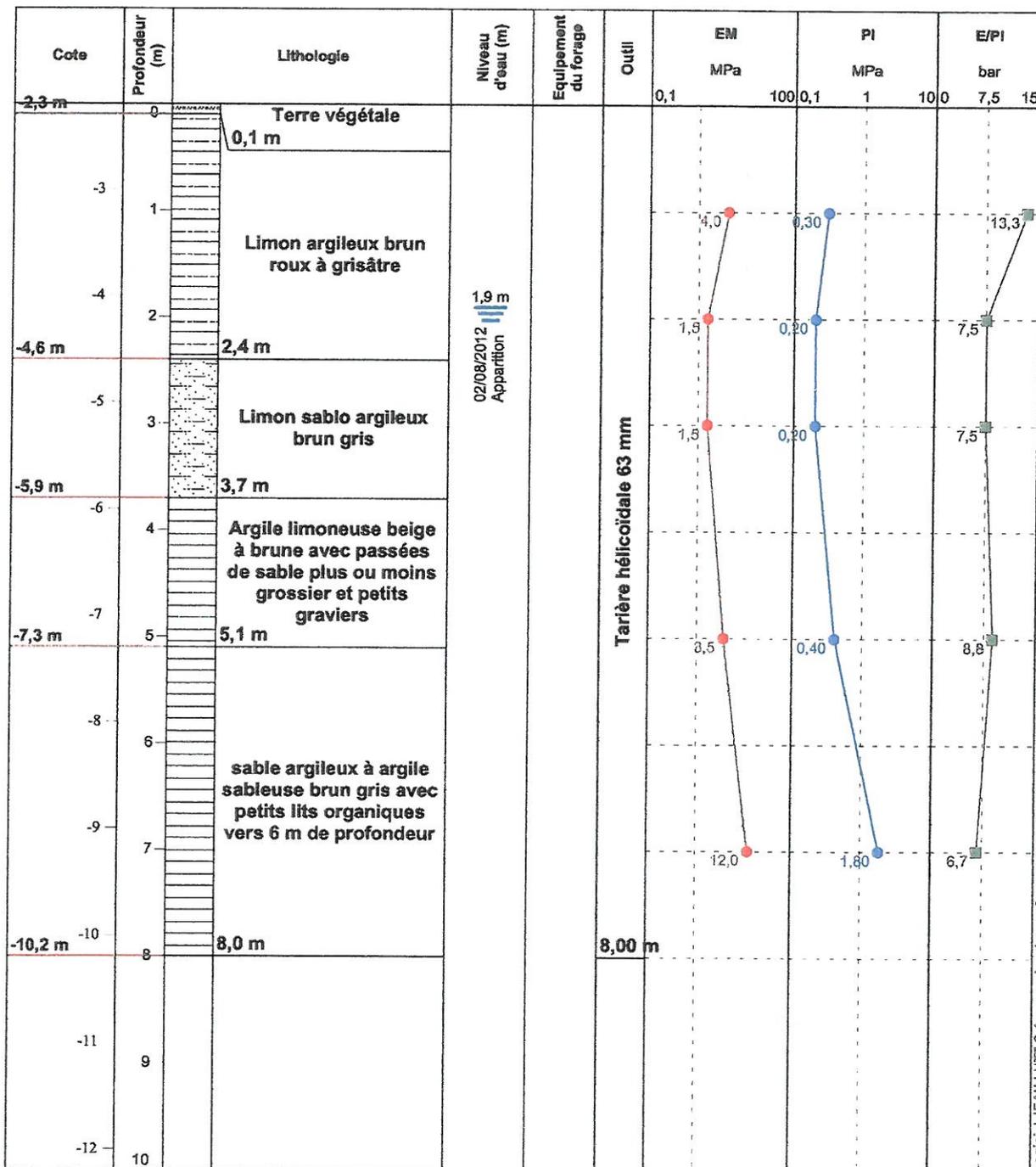


Investigations 	Géotechniques	Diagnostic géotechnique NAY		N° AFFAIRE 12/191
		Date : 02/08/2012	cote (m) : -2.2 Machine : SEDI 1	

1/50

Forage : F 01

EXGTE 2.30/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutz.fr

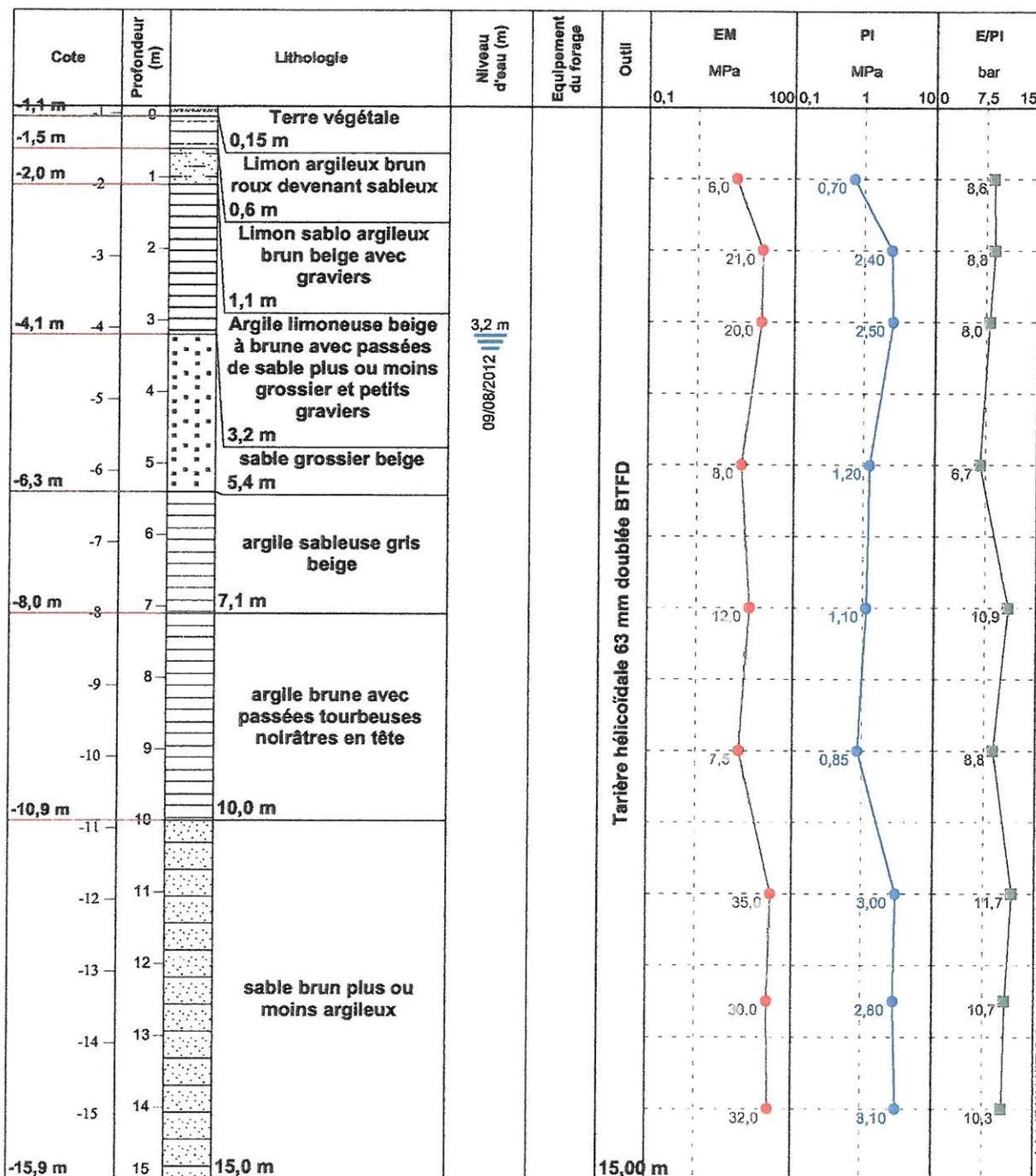


Investigations 	Diagnostic géotechnique NAY		N° AFFAIRE 12/191
	Géotechniques	Date : 09/08/2012	cote (m) : -0.9 Machine : SEDI 1

1/75

Forage : F 02

EXGTE 2.30/GTE



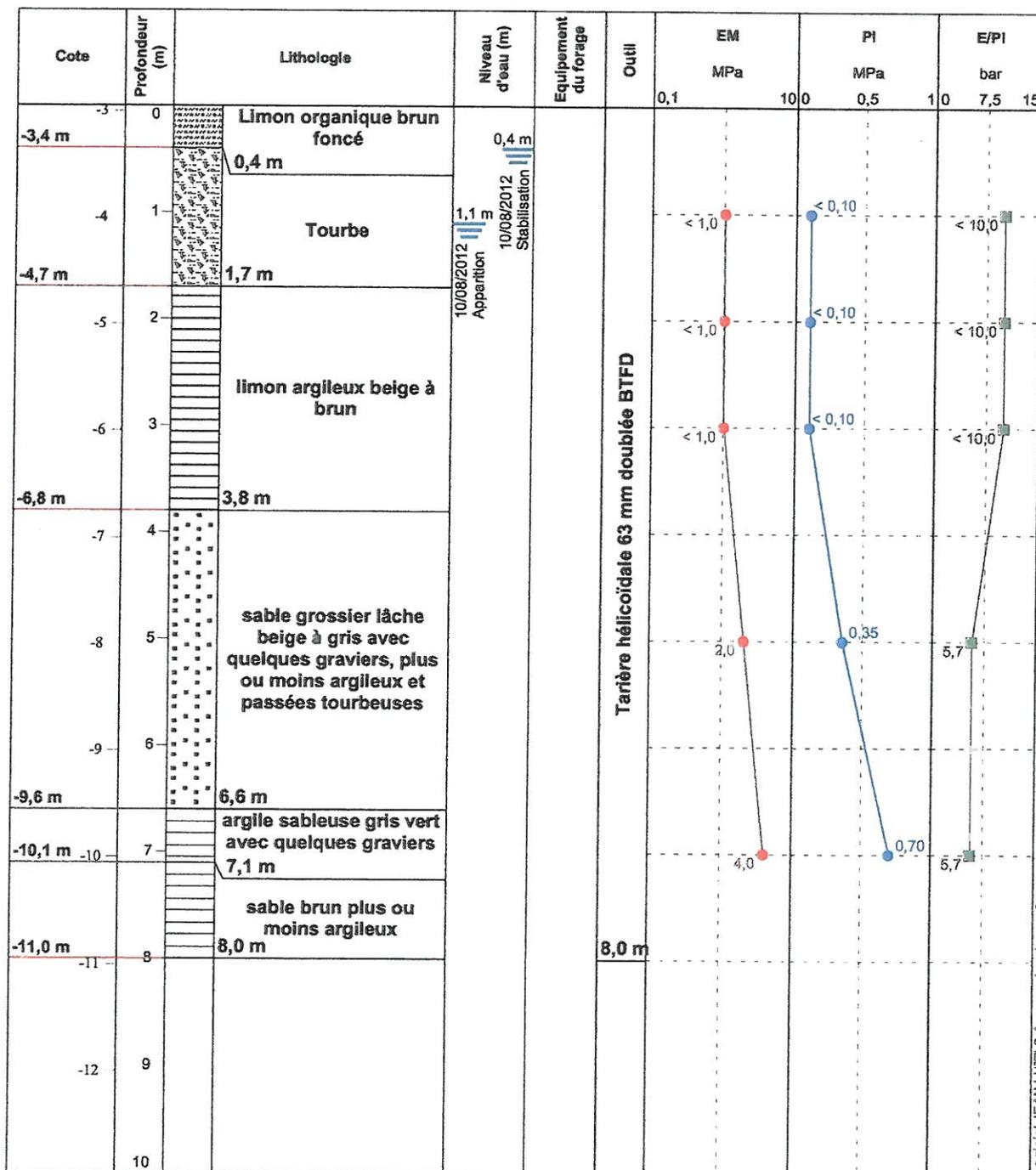


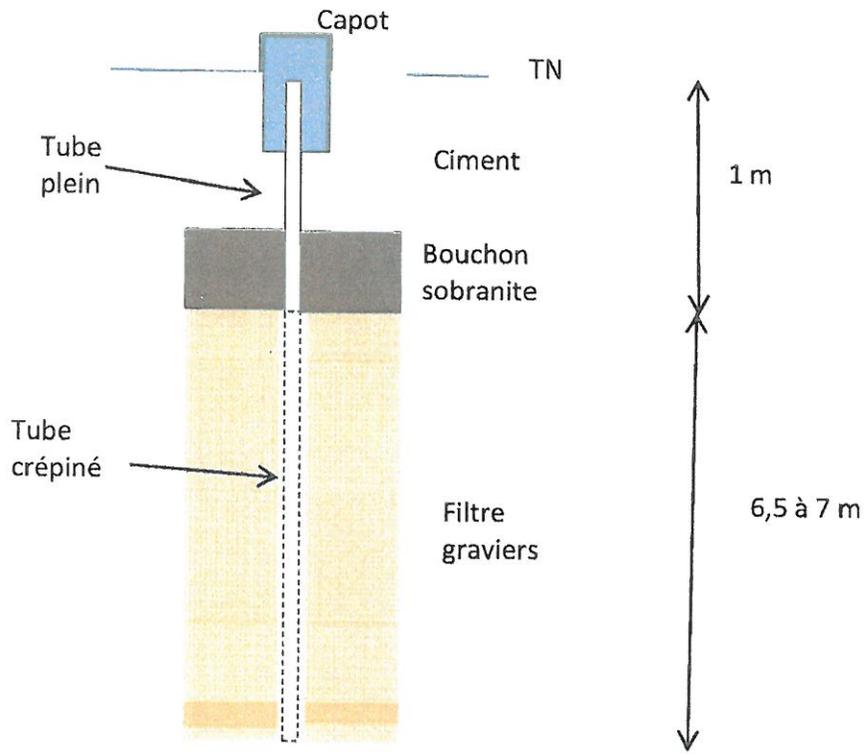
Investigations  Géotechniques	Diagnostic géotechnique NAY		N° AFFAIRE 12/191
	Date : 10/08/2012	cote (m) : -2.95	Machine : SEDI 1

1/50

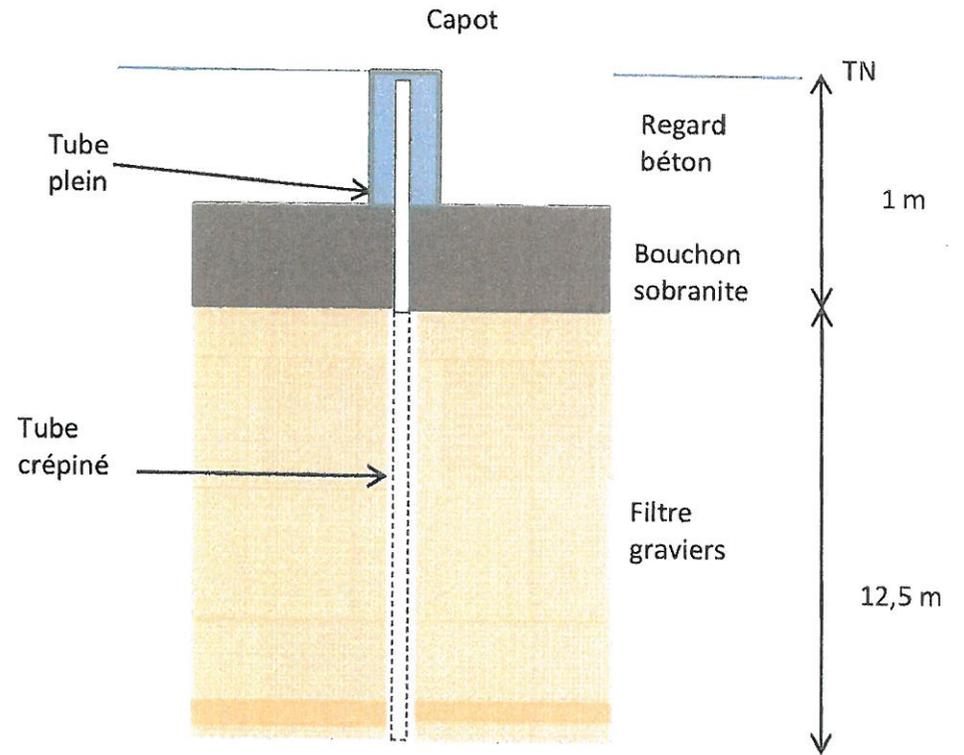
Forage : F 03

EXGTE 2.30/GTE





COUPE SCHEMATIQUE PIEZOMETRES F1 et F3

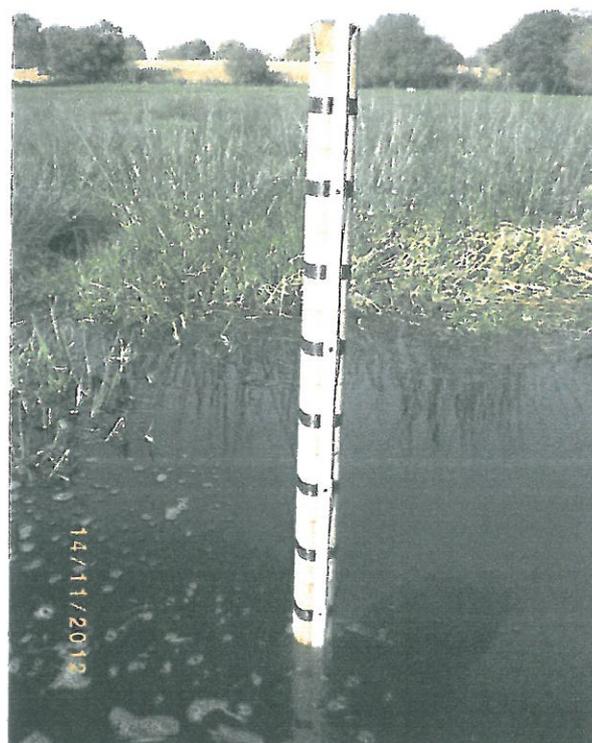
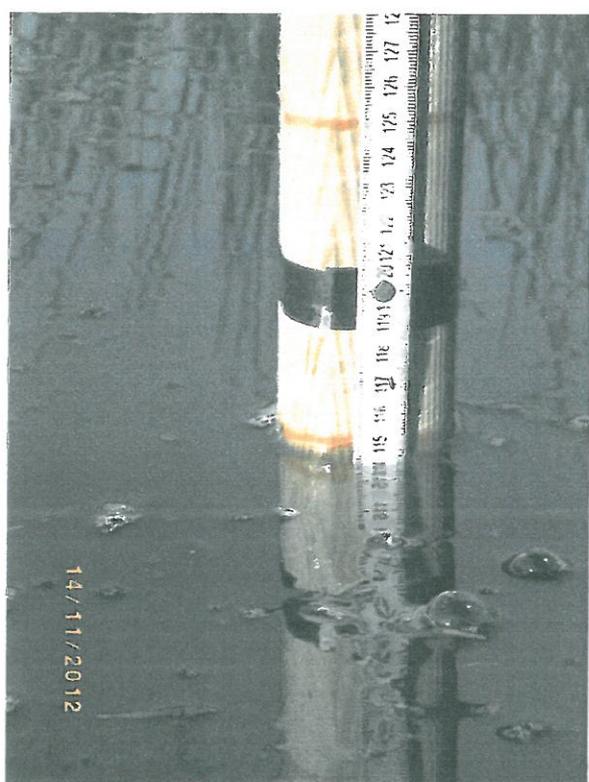


COUPE SCHEMATIQUE PIEZOMETRE F2

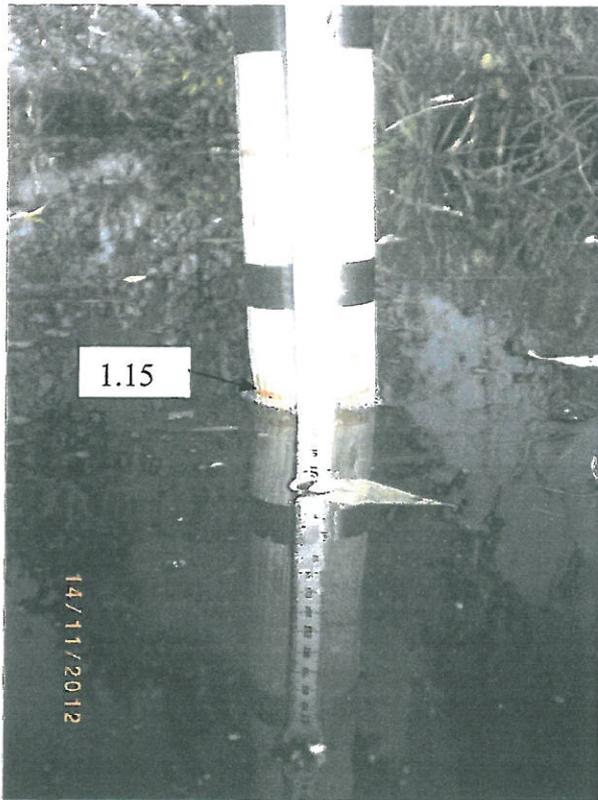




Pige 1 posée le 14/11/2012 (hauteur d'eau dans le ruisseau : 0,4 m)



Pige 2 posée le 14/11/2012 (hauteur d'eau dans le ruisseau : 0,72 m)



Pige 3 posée le 14/11/2012 (hauteur d'eau dans le ruisseau : 0,42 m)



ANNEXE 3

Extrait norme NF P 94-500

Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique
Classification des missions types d'ingénierie géotechnique



Extrait de la norme NF P 94-500

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 liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et de 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 les chapitres 7 à 9 de la norme. 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

Etape	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	Etude préliminaire Etude d'esquisse	Etude préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Etude 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)	Etude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et disposition pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et disposition pour en réduire les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution.
Cas particulier	Etude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

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



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.

ÉTAPE 1 : ETUDES GEOTECHNIQUES PREALABLES

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). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

ETUDES GEOTECHNIQUES PRELIMINAIRES 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 du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifiques, 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.

ETUDES GEOTECHNIQUES D'AVANT PROJET (G12)

Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifiques, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformations 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).

ÉTAPE 2 : ETUDES GEOTECHNIQUES 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 spécifiques, 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 générales 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 des ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

Phase assistance 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.

ÉTAPE 3 EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 ET G4 DISTINCTES ET SIMULTANÉES)

ETUDES ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase étude

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifiques, 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 fonctions des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier technique d'exécution.

Phase suivi

- suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire 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 spécifique, 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, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

ANNEXE 5

*Extrait intégral de l'avis de l'architecte du Parc du
Cotentin Bessin sur une habitation du Village-ès-Doux*

De: "STREIFF François (PnrMCB)" <fstreiff@parc-cotentin-bessin.fr>
À: "THIERY-COLLET Jonathan (PnrMCB)" <jthierycollet@parc-cotentin-bessin.fr>
Envoyé: Lundi 26 Novembre 2012 18:04:43

visite chez Felix Langlois :

Observation sur le garage : départ de l'angle nord . Fissure active et récente visible depuis l'intérieur du bâtiment probablement due à un tassement différentiel de terrain. Une des fissures se localise sous un sommier de plancher, ce qui accentue l'effet de poinçonnement. Cette fissure est ancienne, de même que celle dans l'angle, mais les ruptures sur des rebouchages récents laissent voir que la fissure est à nouveau active.
maison : fissure présente sur le pignon sud ouest. indiquant un départ du pignon depuis la base. Ce pignon a été anciennement doublé par une maçonnerie de pierre. Du fait du

tassement, celle-ci semble se désolidariser du support terre rendant problématique la liaison et la stabilité du mur. En intérieur au niveau du grenier, il semble également qu'il y ait des mouvements du mur de façade longeant la route, mais c'est plus difficile à apprécier, les fissures étant anciennes. La pose de témoins seraient utiles à ce niveau.

La grande dépendance: mouvement important du mur de façade longeant la route et du pignon en agglos. Le mur de façade s'écarte provoquant des arrachements au niveau des appuis des poutres de plancher ou des entrants de ferme. Le pignon en agglos s'est largement fissuré et ces fissures sont récentes. L'ensemble de la maçonnerie bombe indiquant un mouvement de la base du mur. L'ensemble des charpente est de belle facture sans problème de stabilité ou de contreventement pouvant expliquer des départs de mur ou des fissurations.

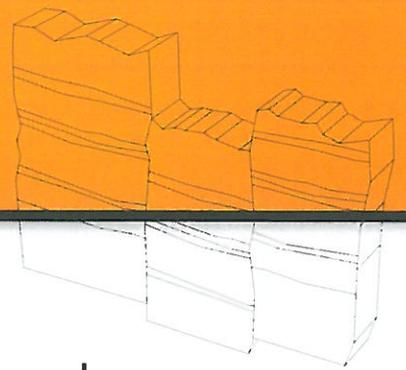
L'ensemble du site semble bel et bien avoir subi des tassements de terrains récents. Tous les murs touchés donnent côté route, donc côté marais.

Documents joints.

↪ *Note B.R.G.M.*

« *Retrait – gonflement des argiles* »

(Octobre 2012)



1/ Un phénomène naturel et un risque sérieux pour les habitations

On qualifie de risque géologique tout incident catastrophique engendré suite à des phénomènes de mouvements déplacement de terrain, intervenant de manière plus ou moins rapide et plus ou moins brutale.

11,2%

des événements naturels catastrophiques sont des risques géologiques

Un risque géologique lié aux conditions climatiques

Les risques géologiques représentent 11,2% des événements naturels catastrophiques¹. On distingue au sein des risques géologiques : les risques telluriques liés au déplacement continu des plaques de la croûte terrestre causant séismes, éruptions volcaniques, tsunamis ; les risques côtiers dépendants des mouvements des mers et océans et induisant l'érosion et la submersion des côtes ; et enfin les risques climatiques inhérents aux éléments tels que le vent, la température et les précipitations dont les principales conséquences

non météorologiques, sont des mouvements de terrain. Le risque ou « aléa » de retrait-gonflement des argiles appartient à cette dernière catégorie.

Les sols argileux possèdent la curieuse propriété de voir leur consistance se modifier en fonction de leur teneur en eau. Ainsi, en contexte humide, les sols argileux se présentent comme souples et malléables, tandis que ce même sol desséché sera dur et cassant. Des variations de volumes plus ou moins conséquentes en fonction de la structure du sol et des minéraux en présence, accompagnent ces modifications de consistance. Ainsi, lorsque la teneur en eau augmente dans un sol argileux, on assiste à une augmentation du volume de ce sol, on parle alors de « gonflement des argiles », tandis qu'un déficit en eau provoquera un phénomène inverse de rétractation ou « retrait des argiles ».

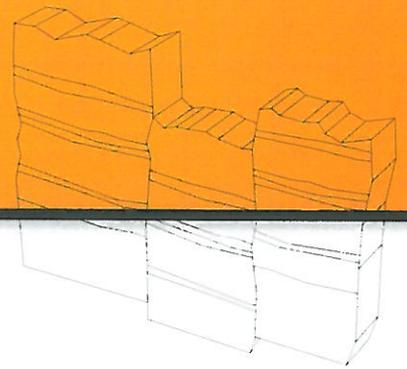
Maison fissurée en raison des mouvements de terrain induits par la rétractation et le gonflement du sol argileux. Sources : BRGM



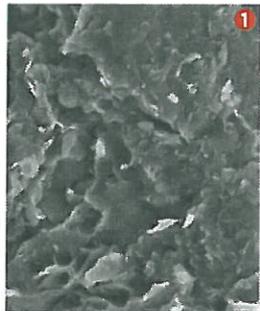
Un phénomène aux conséquences coûteuses

Non dangereux pour l'homme, le phénomène de retrait-gonflement des argiles est désormais bien connu des géotechniciens. Il est devenu en France depuis 10 ans la deuxième cause d'indemnisation (au premier rang : les inondations). Générant de sérieux dégâts sur l'habitat, c'est ainsi près de 4,5 milliards d'euros qui ont été dépensés depuis 1989 pour indemniser les propriétaires et limiter les désordres liés à ce phénomène².

¹ www.catnat.net - ² Chiffres de la Caisse Centrale de Réassurance (2010) www.ccr.fr



2 / Les argiles, des matériaux aux curieuses propriétés



▲
 ① Argile verte de Romainville à l'état sec
 ② Argile verte de Romainville après gonflement libre lyophilisation
 Sources : Armines

Les argiles sont des roches dites sédimentaires issues de l'agrégation de multiples éléments arrachés à différentes autres roches. Les argiles se caractérisent par une structure atypique en feuillet dont ils tirent leurs propriétés élastiques.

Une structure minéralogique en feuillet

Observées au microscope, les argiles apparaissent sous forme de plaquettes superposées. On parle de structure en feuillets. L'espace entre les différentes couches ou feuillets de minéraux peut accueillir de l'eau et des ions conférant aux argiles leurs propriétés de dilatation et rétractation. On distingue 3 familles d'argiles, en fonction de l'épaisseur des feuillets, de leurs minéraux constitutifs et de la distance interfeuillets.

La plasticité des argiles

Un matériau argileux a une consistance variable selon la teneur en eau du sol. Dur et cassant lorsqu'il est desséché, il devient plus plastique et malléable à partir d'un certain degré d'humidité. Ces modifications de consistance s'accompagnent également de variations de volume dont l'amplitude peut être parfois spectaculaire.

Les différents minéraux des argiles ne présentent pas la même plasticité. La smectite, la vermiculite et la montmorillonite sont des minéraux dits sensibles, du fait leur potentiel de déformation élevé, alors que ce dernier est plus faible pour des minéraux tels que l'illite et la kaolonite.

Un phénomène d'origine climatique

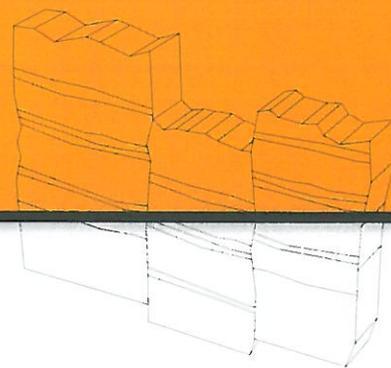
L'état d'hydratation des sols impactent directement la structure des argiles. En période sèche, la tranche la plus superficielle du sol est soumise à l'évaporation, les molécules d'eau



▲
 Fentes de dessiccation sur un sol argileux.
 Sources : BRGM

captives des espaces interfeuillets sont ainsi libérées. Se produit alors une rétractation des argiles avec pour conséquences un tassement vertical des sols et l'apparition de fissures horizontales signalant le retrait des argiles. A contrario, en période humide, les sols se gorgent d'eau et les argiles subissent des phénomènes de gonflements.

En climat tempéré, les argiles sont le plus souvent quasiment saturées en eau, si bien que leur potentiel de gonflement est relativement limité. En revanche, elles sont par conséquent, éloignées de leur limite de retrait, ce qui explique que les mouvements les plus importants sont observés en période sèche.



3 / L'aléa de retrait-gonflement des argiles, un risque connu et maîtrisable

En tant que risque naturel d'origine climatique, le phénomène de retrait-gonflement des argiles est directement lié aux conditions météorologiques et notamment aux précipitations. Ce risque est identifié depuis les années 1950.

Les manifestations du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux ont été mises en évidence en Angleterre dès les années 1950, plus tardivement en France lors de la sécheresse de l'été 1976. Depuis la vague de sécheresse des années 1989-91, le phénomène de retrait-gonflement a été intégré au régime

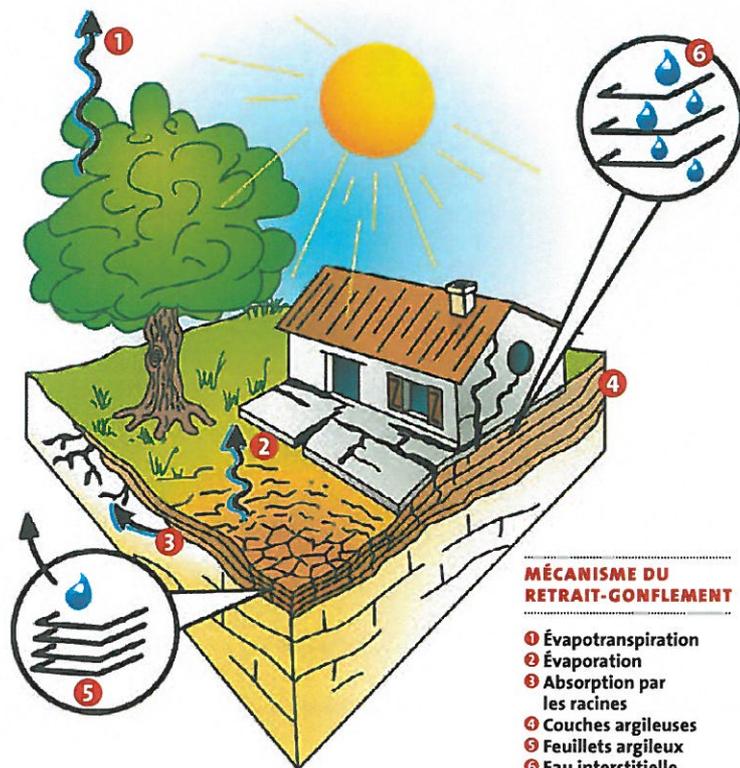
des catastrophes naturelles mis en place par la loi du 13 juillet 1982. À ce titre, les dommages qui lui sont attribués sont susceptibles d'être indemnisés par les assureurs.

Les périodes de sécheresse comme facteur déclenchant

Sous climat tempéré, tel que nous le connaissons en France, les sols sont généralement proches de la saturation, hydratés par des précipitations régulières. Les épisodes de sécheresse, caractérisés par des températures élevées et une très forte évapotranspiration, ont pour répercussion immédiate d'assécher les sols. L'alternance sécheresse-réhydratation des sols entraîne localement des mouvements de terrain, non uniformes, provoquant des dégâts sur les bâtiments plus ou moins sérieux.

Les dommages à l'habitat

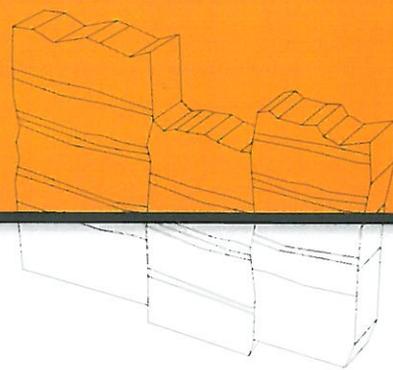
Les mouvements de terrain induit par la rétraction et le gonflement des argiles se traduisent principalement par des fissurations en façade des habitations, souvent obliques, et passant par les points de faiblesse que constituent les ouvertures. Les désordres se manifestent aussi par des décollements entre éléments jointifs (garages, perrons, terrasses), ainsi que par une distorsion des portes et fenêtres, une dislocation des dallages et des cloisons et, parfois, la rupture de canalisations enterrées (ce qui vient aggraver les désordres car les fuites d'eau qui en résultent provoquent des gonflements localisés).



MÉCANISME DU RETRAIT-GONFLEMENT

- ① Évapotranspiration
- ② Évaporation
- ③ Absorption par les racines
- ④ Couches argileuses
- ⑤ Feuilletés argileux
- ⑥ Eau interstitielle

Sources : BRGM - M. Villey



4 / Un phénomène connu et un risque maîtrisé par le BRGM

Le BRGM est le service géologique national français, l'établissement public de référence dans le domaine des sciences de la terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol.

L'expertise «risques» du BRGM

Les activités du BRGM en matière de risques naturels couvrent le risque sismique, les mouvements de terrain, les phénomènes de retrait-gonflement des argiles sensibles à la sécheresse, les effondrements liés aux carrières souterraines et aux mines abandonnées, le risque volcanique. Ainsi, des équipes dédiées travaillent au quotidien à la connaissance des phénomènes et leur modélisation, à l'évaluation des dangers associés, à la surveillance, à l'étude de la vulnérabilité des sites exposés, à l'évaluation du risque et sa prévention, à la gestion de crises, mais aussi à la formation des différents acteurs concernés ainsi qu'à l'information du public.

Réparation des dégâts produits par le phénomène de retrait-gonflement des argiles sur la façade d'une maison.

Sources : BRGM ▶



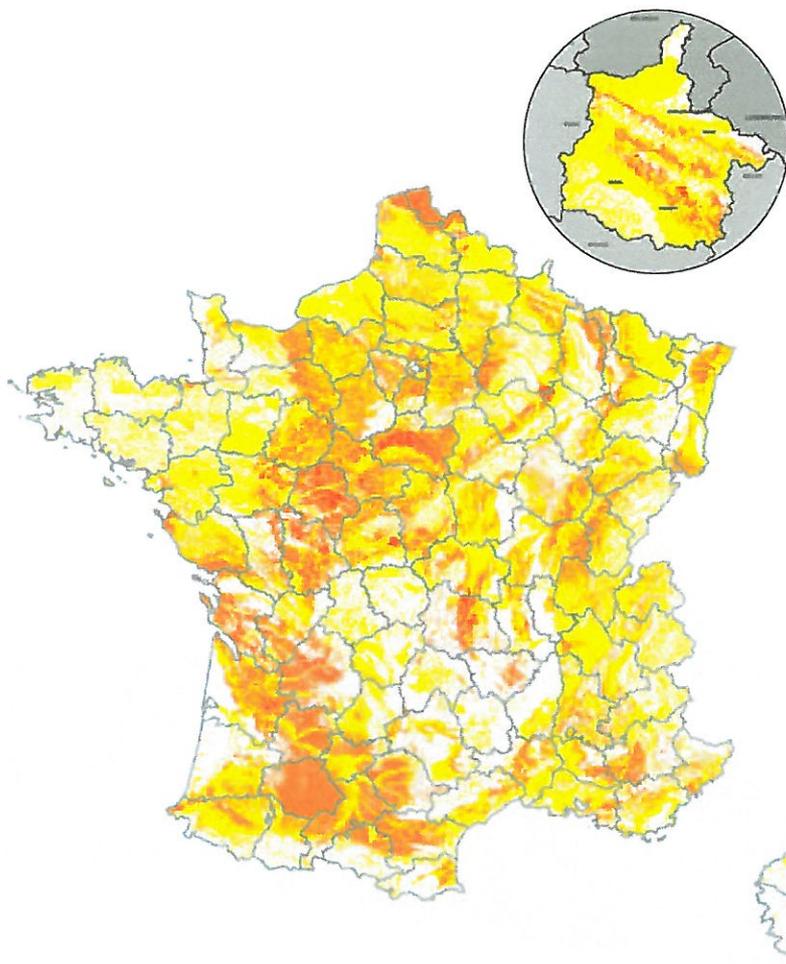
▲
Maison fissurée dans le Pas-de-Calais, août 2003. Sources : BRGM - P. Burchi

En matière de risque retrait-gonflement des argiles, le BRGM dispose d'une équipe dédiée à l'étude et à la prévention du risque mouvement de terrain et érosion, qui s'appuie également sur les compétences d'un réseau d'ingénieurs géotechniciens dans les différents services géologiques régionaux du BRGM.

Dans le cadre de sa mission de service public, le BRGM a notamment mené un programme de cartographie de cet aléa, mandaté par le Ministère de l'Écologie. Le BRGM est également engagé dans différents projets de recherches au côté de divers partenaires notamment pour caractériser les sols à risque. L'objectif est de pouvoir apporter des solutions concrètes pour la construction sur sols argileux.

Le plan national de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles

Devant l'ampleur des montants engagés et pour limiter les désordres liés à ce phénomène, le Ministère de l'Écologie, du Développement ▶▶▶



Durable, des Transports et du Logement, a chargé le BRGM d'établir la cartographie de cet aléa sur l'ensemble du territoire français.

Ce programme ambitieux lancé à la fin des années 1990 est achevé depuis mi 2010. Désormais, chaque département français dispose d'une carte d'aléa à l'échelle 1/50 000 répertoriant les zones à risques. Les cartes ainsi élaborées peuvent ensuite servir dans plusieurs cadres :

- l'élaboration de zonages réglementaires dans le cadre des plans de prévention des risques (PPR),
- de rendre accessible une information précise aux acteurs de la construction ainsi qu'aux citoyens.

CARTE NATIONALE DE L'ALÉA DE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Zone d'aléa retrait-gonflement :

- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible
- Zone a priori non argileuse

LE SITE ARGILES.FR

À la demande du ministère de l'Écologie, le site www.argiles.fr est ouvert au public depuis novembre 2004. C'est aujourd'hui le site de référence pour l'information sur les risques liés au retrait-gonflement des argiles. Il permet de consulter les cartes d'aléa par département ou par commune, de s'informer sur les manifestations du phénomène et la manière de les prévenir, et de télécharger les rapports et les cartes d'aléa déjà parus.

Les cartes départementales résultent du croisement de données géologiques telles que des données lithologiques*, minéralogiques et géotechniques*. Elles sont d'ores et déjà publiques sur internet sur le site argiles.fr.

Toute personne le souhaitant ne peut désormais déterminer le niveau de l'aléa sur sa zone de résidence ou bien sur un futur lieu d'habitation. Outre ces cartes, le site propose également une documentation détaillée sur cet aléa ainsi que des mesures de prévention simples et peu coûteuses à mettre en œuvre pour se prémunir des conséquences de ce phénomène.

↪ *Notes de synthèse émanant de la D.D.T.M. de la Manche
et du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin
(Janvier 2013).*



Enquête communale sur les désordres recensés dans les zones de marais du Cotentin et du Bessin



DDTM50
Service Environnement
Pôle Ressource en eau

*Note synthétique**
(janvier 2013)

Depuis quelques années, des déformations de sols ainsi que des désordres au niveau des habitations sont signalées sur le territoire des marais du Cotentin. A partir de 2009, la DDTM a organisé des réunions techniques et des visites de terrain dans les marais du bassin de la Douve, en liaison avec le Parc des marais, la chambre d'agriculture, le Sympec, ainsi qu'avec des représentants des agriculteurs et élus locaux.

Des avis, notes et rapports techniques (DDTM, BRGM, Parc) ont été produits sur la base des éléments constatés lors des visites de terrain et des données bibliographiques recueillies. Par ailleurs, des études scientifiques menées par l'université de Rennes depuis le début des années 2000 sur les relations entre eaux souterraines, eaux de surface et zones humides ont permis de mieux comprendre les phénomènes à la fois physiques, chimiques et biologiques mis en jeu et qui se révèlent particulièrement complexes.

Si les pompages d'eau potable, accusés d'être à l'origine de ces déformations, impactent localement le milieu tourbeux, l'effet des prélèvements à plus grande distance apparaît beaucoup plus hypothétique. Afin de mieux comprendre les processus de déformations des sols de marais, il est apparu indispensable de procéder en préalable à un inventaire cartographique des phénomènes observés.

En concertation avec la DDTM et la chambre d'agriculture, le Parc des marais a établi en fin d'année 2011 un questionnaire précis qu'il a transmis à l'ensemble des collectivités du Parc, les invitant à signaler et à décrire toute déformation constatée et à reporter celle-ci sur une carte IGN et/ou un plan cadastral.

Un tableau de synthèse des phénomènes recensés a ainsi été établi par le Parc et transmis à la DDTM en mars 2012.

Une première analyse et interprétation a été réalisée au cours du printemps 2012 par Charlotte Pacaud, étudiante de Master 1 à l'université de Rennes, dans le cadre d'un stage de 2 mois effectué au service Environnement de la DDTM de la Manche. Des visites de terrain (réparties sur 6 communes préalablement sélectionnées sur le territoire du Parc) ont permis de constater ou de ne pas constater les désordres signalés, de les caractériser et de s'entretenir avec les maires concernés.

On regrettera le faible taux de réponses aux questionnaires (20%). On peut toutefois penser que les collectivités qui ont observé des désordres ont majoritairement répondu (sauf pour quelques communes comme Saint Germain sur Sèves, déjà enquêtée par le groupe de travail piloté par la DDTM).

Sur les 30 communes ayant répondu, 35% ont signalé des désordres d'ordre divers. Neuf sont concernées par des déformations de sols et deux par des fissurations sur des bâtiments.

Le constat des désordres a réellement débuté à partir de l'année 2000, soit 3 ans après une période de sécheresse caractérisée (1996/97).

Cinq communes ayant recensé des déformations se situent dans des zones d'aléa moyen (le maximum au niveau du département) pour les phénomènes de retrait-gonflement d'argile (BRGM, 2010).

Cinq communes ayant observé des désordres n'ont aucun forage d'eau potable sur leur territoire, ou à moins de 2 kilomètres des limites communales. D'autres, comme Marchésieux, en possèdent bien un, mais le débit de pompage et la localisation du captage peuvent difficilement expliquer les fissurations observées sur les habitations du bourg.

Il apparaît ainsi que les désordres recensés sont assez différents, plus ou moins importants et que leur origine varie d'un site à l'autre. Celle-ci est la plupart du temps multi-factorielle, mais le facteur jugé prépondérant sur un site ne sera pas le même sur un autre site.

Les facteurs potentiels peuvent être classés en deux catégories :

1- les facteurs naturels, à savoir :

- la géologie locale (bassin géologique, nature des formations sédimentaires avec notamment la présence d'argile gonflante, variations rapides de faciès comme à Nay,...)
- la nature des sols (avec la présence d'horizons tourbeux, organiques, argileux) et les conditions de circulation des eaux dans ces sols.
- La géomorphologie, dépendant elle-même de la géologie, et l'hydrologie de surface.
- Les conditions météorologiques avec la succession de printemps et d'étés secs depuis 1976 (avec notamment 1996/1997, 2003 à 2005, 2010/2011) et le réchauffement climatique en marche depuis plusieurs dizaines d'années, mais dont les effets varieront selon les facteurs cités précédemment.

2- Les facteurs anthropiques :

- Les prélèvements d'eau dans la tourbière de Baupte, localisée à l'aval du bassin de la Sèves, dont les volumes conséquents ont causé des affaissements dans les territoires situés aux alentours (Gorges). La question de savoir jusqu'où se propagent les influences dues à ces pompages, reste d'actualité ;
- Les pompages d'eau souterraine (eau potable,...) dont les impacts seront principalement fonction des paramètres hydrauliques du forage (débit/rabattement), des caractéristiques hydrogéologiques de la nappe, et des conditions aux limites (latérales et horizontales). L'incertitude sur l'étendue de la zone d'influence réelle se pose également dans certaines situations (champ captant) ;
- Les interventions mécaniques qui ont pu modifier les conditions d'écoulement dans les marais (fossés, cours d'eau) afin d'accélérer ou au contraire retenir les circulations superficielles (curage, reprofilage, création ou suppression de seuils) ;
- La gestion globale des niveaux d'eau dans les cours d'eau et par conséquent dans les marais qui vise à un ressuyage précoce ;
- L'évolution des pratiques agricoles dans les marais (utilisation d'engins agricoles lourds, augmentation des surfaces fauchées) ;
- Les circulations d'engins lourds motorisés sur les petites routes du marais favorisant des vibrations dans le sol pouvant se propager aux habitations voisines (Nay, Marchésieux).

La démarche de concertation engagée depuis 2009 par les services de l'Etat se poursuit. Le groupe de travail piloté par la DDTM de la Manche associant les partenaires du territoire reste attentif aux phénomènes et aux remarques des acteurs locaux. Cette approche se poursuit par des études complémentaires, mettant notamment en place des suivis fonctionnels, puis topographiques sur certains sites, ceci afin de mieux appréhender ces phénomènes.

**Le Directeur de la DDTM de la
Manche,**



Dominique MANDOUZE

**La Présidente du Parc naturel
régional des Marais du Cotentin et du
Bessin,**



Madame Rolande BRECY



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE LA MANCHE



Communes du parc des marais
du Cotentin et du Bessin



Communes ayant répondu
à l'enquête



Déformations du sol



Déformations du bâti



Cours d'eau principaux



Tourbière de Baupte



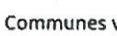
Zone des marais



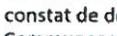
Bassins aquifères



Forages AEP



Communes visitées sans
constat de désordres



Communes visitées avec
constat de désordres



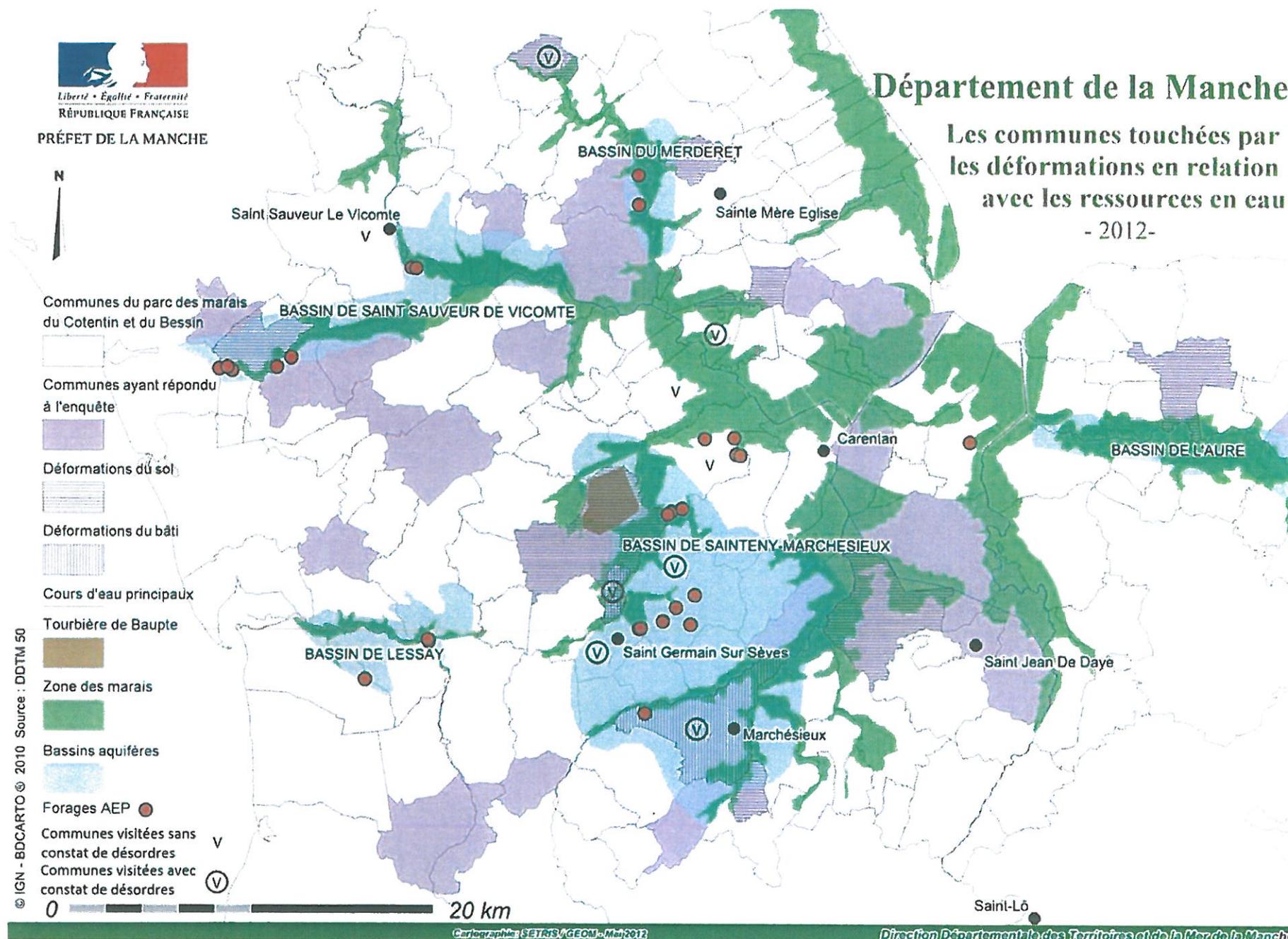
© IGN - BDCARTO © 2010 Source : DDTM 50

0 20 km

Cartographie SETRS/GEOU - Mai 2012

Département de la Manche

Les communes touchées par les déformations en relation avec les ressources en eau - 2012-



Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Manche