

## Glissement de terrain littoral

Bénerville-sur-Mer (14)

**RAPPORT D'ÉTUDE**

Juin 2022

Le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) est un établissement public tourné vers l'appui aux politiques publiques, placé sous la double tutelle du ministère de la transition écologique et du ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales.

Les métiers du Cerema s'organisent autour de 6 grands domaines d'activité complémentaires visant à accompagner les acteurs territoriaux dans la réalisation de leurs projets.

**6 domaines d'activité :**

**Expertise et ingénierie territoriale / Bâtiment / Mobilités / Infrastructures de transport / Environnement et risques / Mer et littoral**

**Site web : [cerema.fr](http://cerema.fr)**

# Glissement de terrain littoral

## Bénerville-sur-Mer (14)

Commanditaire : DDTM 14/SUR/PR – Séverine GIGOUT puis Valéry COLLIN

Auteure : Anaïs DABURON

### Responsable du rapport

Anaïs DABURON – Département Géosciences et Infrastructures – Groupe Géosciences
Tél. : +33(0)2 35 68 81 86 – Port. : +33(0)6 64 00 57 89
Courrier : <a href="mailto:anaïs.daburon@cerema.fr">anaïs.daburon@cerema.fr</a>
Direction Normandie Centre – site de Grand-Quevilly – 10 chemin de la Poudrière – 76120 LE GRAND QUEVILLY

### Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0	15/02/2022	Rédaction initiale
1	10/06/2022	Corrections suite à relecture de forme
	09/08/2022	Corrections suite à relecture technique

### Références

N° projet NOVA : 21-NC-0675

Financement : ligne d'appui SCSP Cerema

Offre initiale acceptée le 26/03/2021 ; offre complémentaire acceptée le 17/06/2021.

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
Anaïs DABURON	Cerema NC/DGI/G	Auteure principale	10/06/2022	Anaïs DABURON <small>Signature numérique de Anaïs DABURON Date : 2022.06.17 17:54:35 +02:00</small>
Laurent DUBOIS	Cerema CE/DRIM/RN	Vérificateur	18/08/22	
Sylvain THULEAU	Cerema NC/DGI	Approbateur		

## Résumé de l'étude

Deux tubes inclinométriques sont présents et suivis par le Cerema Normandie Centre (auparavant-CETE Normandie Centre) depuis 1998, en contre-bas du mont Canisy, sur la commune de Bénerville-sur-Mer.

Début 2021, la Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Calvados (DDTM 14) a sollicité le Cerema Normandie Centre suite à la constatation de glissements de terrain sur le front de mer, au sud-ouest de la plage principale de Bénerville-sur-Mer.

Le Cerema Normandie-Centre est intervenu une première fois en urgence en avril 2021 pour nettoyer et relever les inclinomètres en place. Une seconde intervention a eu lieu en décembre 2021 pour compléter le diagnostic de terrain du glissement observé.

Ces éléments ont permis au Cerema Normandie Centre d'établir un avis sur la stabilité des terrains concernés.

## 5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

<b>Glissement de terrain</b>	<b>Géologie</b>
<b>Littoral</b>	<b>Géotechnique</b>
<b>Intervention d'urgence</b>	<b>Risques naturels</b>

## Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- Accès libre : document accessible au public sur internet
- Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

# Contexte et objet de l'étude

La Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Calvados (DDTM 14) a sollicité le Cerema Normandie-Centre pour une intervention en urgence suite au signalement, par le SML de la DDTM 14 en février 2021, d'indices de glissements de terrain sur le littoral de Bénerville-sur-Mer ([Annexe 1](#)).

La demande a porté prioritairement sur le nettoyage et la réalisation d'une série de mesures dans l'instrumentation présente au pied du Mont Canisy : il s'agit de deux tubes inclinométriques implantés en 1998 sur le terrain de tennis de la Villa Déborah et rue de l'Église, à proximité de la chapelle Saint-Christophe, et dont le dernier relevé inclinométrique datait de septembre 2019.

En parallèle de ce relevé de mesures, les agents du Cerema Normandie Centre ont inspecté les parcelles situées en front de mer pour détecter des signes de mouvements de terrain et recueillir les témoignages des habitants dans le but de constituer une analyse fine de l'ampleur du phénomène et donner un avis sur la stabilité générale des terrains concernés.

Le présent rapport technique fait la synthèse des mesures et des observations, à savoir :

- les constatations faites sur place de l'état des tubes inclinométriques,
- les résultats des mesures inclinométriques relevées le 14 avril 2021,
- une analyse, en termes de fiabilité et de représentativité, des résultats des mesures inclinométriques réalisées depuis 1998,
- les signes d'instabilité détectés sur les parcelles visitées les 14 avril et 20 décembre 2021,
- un avis technique concernant l'état de stabilité du versant littoral, situé au sud-ouest de la plage principale de Bénerville-sur-Mer, au pied du versant nord du Mont Canisy.

Un premier avis synthétique avait été fourni par courriel à la DDTM 14 dès le 15 avril 2021 avant l'envoi d'une note de synthèse illustrée le 04 mai 2021 (voir [Annexe 2](#)).



# SOMMAIRE

<b>1. DESCRIPTION DU SITE</b>	<b>11</b>
1.1 Localisation de l'étude .....	11
1.2 Historique des mesures inclinométriques .....	12
1.3 Cadre géomorphologique .....	12
1.4 Contexte géologique .....	13
1.4.1 Les formations superficielles .....	14
1.4.2 La série d'Auberville (Oxfordien coralligène – j6) .....	14
1.4.3 La série argileuse (Oxfordien argileux – j4) .....	14
1.5 Hydrogéologie .....	15
<b>2. RESULTATS DES VISITES TECHNIQUES</b>	<b>16</b>
2.1 Nettoyage de l'instrumentation .....	16
2.2 Relevés inclinométriques .....	19
2.2.1 Inclinomètre I1 .....	19
2.2.2 Inclinomètre I2 .....	21
2.2.3 Interprétation des mesures .....	23
2.3 Diagnostic du glissement de terrain littoral .....	25
2.3.1 Observations en amont .....	25
2.3.2 Observations en aval .....	35
2.3.3 Évolution du glissement .....	40
2.4 Interprétation des résultats .....	42
<b>3. CONCLUSIONS</b>	<b>44</b>
3.1 Synthèse des observations et des mesures .....	44
3.2 Recommandations .....	45
<b>4. ANNEXES</b>	<b>47</b>
4.1 Bibliographie .....	47
4.2 Documents annexes .....	47





# Introduction

Cinq agents du Cerema Normandie-Centre sont intervenus à Bénerville-sur-Mer les 14 avril et 20 décembre 2021. L'ensemble des étapes a été supervisé et réalisé par Anaïs DABURON, chargée d'études en risques naturels au sein du groupe Géosciences du département Géosciences et Infrastructures (DGI/G), pilote de cette étude et rédactrice du présent rapport technique.

Le nettoyage et la relève des mesures inclinométriques ont été réalisées avec :

- Carl CALMO, responsable de l'instrumentation au Centre d'Expérimentation et de Recherche (DGI/CER),
- Charline TISSIER, chargée d'études au Centre d'Expérimentation et de Recherche (DGI/CER).

L'inspection des parcelles situées en front de mer a été faite avec :

- Raymond RADIMY, chef de groupe Géosciences (DGI/G) le 14 avril 2021,
- Tomasz LEWCZUK, chargé d'études en géotechnique (DGI/G) le 20 décembre 2021.

Le dépouillement et la mise en forme graphique des mesures inclinométriques ont été assurés par :

- Christophe PIQUET, technicien chargé d'essais au sein de la plate-forme technique du laboratoire inter-régional (DGI/G).

Le présent rapport s'appuie sur les guides techniques *Surveillance des pentes instables* (LCPC, 1994), *Stabilisation des glissements de terrain* (LCPC, 1998) et *Prévention et stabilisation des glissements de terrains : conception, mise en œuvre et maintenance des dispositifs* (Ifsttar-LCPC, 2010).

Les mesures de déformation des tubes inclinométriques, ainsi que leur dépouillement et leur interprétation, ont été réalisés selon les recommandations de la norme en 2017 (NF EN ISO 18674-3) qui remplace celle de 1995 (NF P 94-156).



# 1. DESCRIPTION DU SITE

À la suite de sondages effectués pour le compte de la Mairie de Bénerville-sur-Mer, deux tubes inclinométriques, notés I1 et I2, ont été mis en place en 1998 par le LRPC de Rouen, au pied du versant nord du Mont Canisy.

Ces inclinomètres se situent dans la zone « G3 » (aléa fort glissement de terrain) du plan de prévention des risques (PPR) de mouvements de terrain du Mont Canisy approuvé le 20 décembre 2002. Ce plan de prévention a fait l'objet d'un complément d'études intitulé « Plan de prévention des risques de mouvements de terrain du versant nord du Mont Canisy », approuvé le 23 novembre 2007, qui a requalifié une partie d'une zone « G2 » (aléa moyen glissement de terrain) en « G3 » ; les inclinomètres, situés plus au nord, n'ont pas été concernés par la requalification de ce zonage ([Annexe 3](#)).

## 1.1 Localisation de l'étude

D'après la localisation des indices de glissement de terrain détectés par le SML en février 2021 (voir [Annexe 1](#)), les parcelles concernées par le phénomène s'étendent du 70 au 96 avenue du Littoral. Les inclinomètres sont situés de part et d'autre de cette avenue : le tube I1, dont le pied est situé à 28,50 m de profondeur, est situé au niveau du court de tennis (construit postérieurement) de la propriété Déborah, située au n°80 avenue du Littoral (RD 513). Le tube I2, dont le pied est situé à 34 m de profondeur, est implanté sur la voie publique, rue de l'Église, à proximité de la chapelle Saint-Christophe ([Figure 1](#)).



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude à Bénerville-sur-Mer (du n°70 au n°96 avenue du Littoral) et des tubes inclinométriques I1 (terrain de tennis de la Villa Déborah, 80 avenue du Littoral) et I2 (rue de l'Église, chapelle Saint-Christophe).

## 1.2 Historique des mesures inclinométriques

Les coupes des sondages effectués en 1998 (coupe géologique du sondage carotté SC1/11 et enregistrement des diagraphies différées de type « mesure de radioactivité naturelle ») sont jointes en [annexe 4](#).

Les mesures de référence dans les deux tubes inclinométriques ont été réalisées le 9 juillet 1998 par le CETE Normandie Centre (CER) ; d'autres séries de mesures ont été réalisées les 6 mai 1999, 26 avril 2000, 27 septembre 2005, 07 décembre 2009 et 10 septembre 2019. Les graphiques représentant les déformations à ces dates des deux tubes inclinométriques I1 et I2 en fonction de la profondeur et du temps sont joints en [annexe 5](#). Les données interprétées sont disponibles dans les rapports suivants :

- Étude de stabilité des terrains. Rapport CETE Normandie Centre n°3523 (mars 1998),
- Bénerville-sur-Mer – Mesures inclinométriques de juillet 1998, mai 1999 et avril 2000. Rapport LRPC de Rouen n°3522 (mai 2000),
- Bénerville-sur-Mer – Mesures inclinométriques de septembre 2005. Rapport LRPC de Rouen n°10090 (octobre 2005).
- Relevé d'instrumentation – Mont Canisy – Bénerville-sur-Mer (14). Rapport Cerema 19RR0162 (septembre 2020).

## 1.3 Cadre géomorphologique

Le mont Canisy est une butte témoin, isolée des plateaux environnants par la Touques au nord-est et par une dépression correspondant à un ancien cours abandonné de la Touques au sud. Les versants du mont Canisy présentent une configuration géomorphologique conforme à celle habituellement rencontrée pour les versants instables de la côte du Calvados, à savoir une dalle calcaire formant un plateau qui surplombe des versants à substratum argileux dégagés par l'érosion quaternaire et partiellement recouverts de dépôts de pente ([Figure 2](#)).

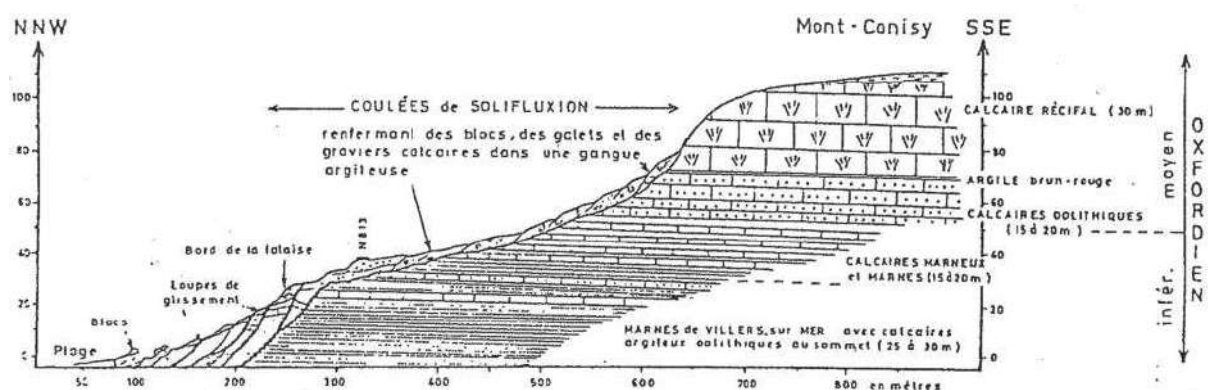


Figure 2 : Coupe NNW-SSE de la falaise du mont Canisy (Dore F., 2002).

La morphologie du versant est du mont Canisy reflète la présence de glissements rotationnels pluri-décamétriques anciens, largement colmatés par les dépôts de solifluxion et les limons éoliens. Pour les autres versants, le versant nord-ouest notamment, l'équilibre naturel n'est pas encore réalisé, comme en témoignent les nombreux glissements superficiels d'épaisseur métrique connus depuis plusieurs dizaines d'années. Ces glissements semblent correspondre

à des profils jeunes activés par des processus d'érosion, marine ou fluviale, en pied de versant. C'est sur ce versant qu'ont été détectés les signes d'instabilité et qui fait l'objet de la présente étude.

## 1.4 Contexte géologique

Les sondages réalisés en 1998 pour l'implantation des tubes inclinométriques ont permis d'obtenir une analyse plus fine de la géologie de la zone instrumentée (voir coupe du sondage carotté SC1 et diagrammes RAN en [annexe 4](#)).

Au niveau du tube I1 (villa Déborah – carottage SC1 et RAN – voir [Figure 3](#)), des marnes brunes à galets calcaires ont d'abord été rencontrées sur une épaisseur d'environ 2 mètres. Elles reposent sur des bancs calcaires, présents sous différents faciès jusqu'à environ 20 mètres de profondeur. Il s'agit d'un panneau glissé calcaire de Trouville surmonté de Coral-rag : ce panneau présentait à l'affleurement en 2000 un contre-pendage de 40° vers l'amont du versant ; ce pendage est la preuve d'un ancien glissement rotationnel fossilisé par les dépôts de solifluxion (Maquaire, 2000). A 21,40 m de profondeur, le sondage a traversé les Marnes de Villers jusqu'à 26 mètres de profondeur (arrêt du sondage) ; la surface de glissement serait donc à cet endroit à une profondeur de 21,40 m (Maquaire, 2000).

Au niveau du tube I2 (Église – sondage destructif et RAN – voir [Figure 3](#)), les terrains sous-jacents sont constitués de matériaux soliflués (pas de calcaire) jusqu'à environ 12,50 mètres de profondeur reposant sur des marnes (rencontrées jusqu'à 32 mètres de profondeur – arrêt du sondage).

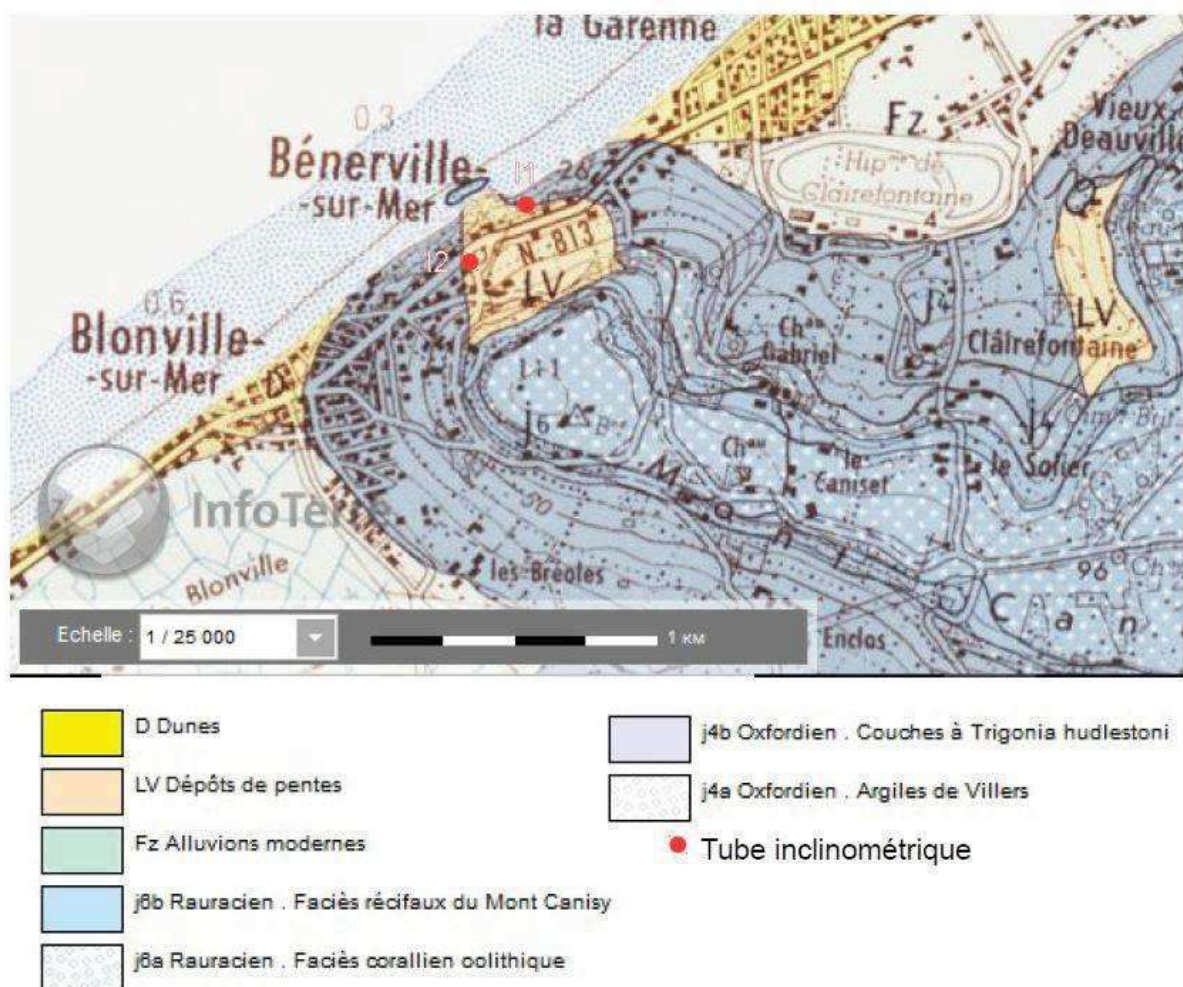


Figure 3 : Extrait de la carte géologique n°97 au 1/50 000 de Le Havre (© InfoTerre).

### 1.4.1 Les formations superficielles

Les formations superficielles sont généralement associées à la dynamique des versants du mont Canisy. Il s'agit de :

- dépôts de solifluxion (LV – dépôts de pente) ; se sont des formations très hétérogènes, de composition très variable, caractérisées par un mélange de blocs calcaires et de silex dans une matrice sableuse, limoneuse ou argileuse. Ce mélange, très sensible à l'augmentation de la teneur en eau des périodes de dégel, flue et s'accumule sur les pentes, même faibles ;
- panneaux calcaires glissés ;
- loess ; constitués de limons éoliens, ils sont dotés de mauvaises caractéristiques mécaniques, notamment lorsqu'ils sont gorgés d'eau, ce qui est le cas en pied de versant.

### 1.4.2 La série d'Auberville (Oxfordien coralligène – j6)

La corniche et le plateau du mont Canisy sont constitués par une série sédimentaire calcaire d'une épaisseur pouvant atteindre plus de 40 mètres, d'âge oxfordien moyen, très faiblement pentée vers le nord-est. La surface du plateau du mont Canisy, presque horizontale, ne représente pas une surface structurale (parallèle aux couches) mais une surface d'érosion. Cette série présente, de haut en bas :

- le calcaire récifal (j6b) ; il est constitué par une multitude de récifs à Polypiers, encroûtés d'algues calcaires en partie supérieure. Plus qu'une unique dalle calcaire, rigide et continue, il s'agit d'un ensemble de niveaux calcaires plus ou moins lenticulaires, plus ou moins lumachelliques. Ce calcaire récifal, d'une épaisseur de 10 à 25 mètres, est globalement très résistant à l'érosion ;
- le calcaire oolithique de Trouville (j6a) ; d'une épaisseur moyenne de 10 mètres, il est constitué de bancs de calcaire oolithique blanchâtre, de sables oolithiques blancs à litage oblique et de quelques minces loupes argileuses ;
- le calcaire d'Auberville ; d'une épaisseur de 6 à 10 mètres, cette formation est constituée d'une alternance de calcaires grésos-argileux à grains ferrugineux et d'intercalations argileuses.

### 1.4.3 La série argileuse (Oxfordien argileux – j4)

La série argileuse, d'âge oxfordien supérieur, est constituée de plus de 50 mètres de marnes grises dans lesquelles s'intercalent quelques bancs de calcaires argileux. Au cours des temps géologiques, la compaction a transformé ces anciennes vases en argiles sur-consolidées, mais susceptibles, en surface par l'altération superficielle, de se transformer en argiles molles. **C'est dans cette série que se localisent les glissements de terrain littoraux observés en 2021.** Cette série présente, de haut en bas :

- les marnes à Lophia (j4b) ; il s'agit de marnes grises à bancs calcaréo-marneux lumachelliques à huîtres, d'une épaisseur comprise entre 6 et 17 mètres. C'est essentiellement sur ce niveau imperméable que se localisent les petites sources résurgentes de l'aquifère calcaire sus-jacent ;

- l'oolithe ferrugineuse de Villers (j4 – non-différencié sur la carte géologique) ; cette formation épaisse de 2 à 2,5 mètres est constituée d'une alternance de marnes et de bancs de calcaires argileux contenant 10 % environ d'oolithes ferrugineuses. Ce niveau est légèrement plus résistant à l'érosion que les marnes encadrantes mais sa faible épaisseur ne permet pas d'atteindre un effet stabilisateur significatif ;
- les marnes et argiles de Villers (j4a) ; il s'agit d'une formation argileuse grise monotone, comportant quelques bancs de calcaire argileux.

## 1.5 Hydrogéologie

La commune de Bénerville-sur-Mer se situe au sein du bassin versant de la Touques qui draine une superficie de 1 305 km<sup>2</sup>. La Touques prend sa source à Gacé, dans l'Orne, et se jette 108 km en aval, dans la Manche, à Deauville-Trouville. La Touques a la particularité d'avoir ses affluents groupés sur la partie aval, dont les principaux sont la Fontaine bouillante, l'Orbiquet et la Courtonne, la Paquine, le Chaussey, la Calonne et l'Yvie (SMBVT, 2021).

Les eaux de surface ruissellent et s'infiltrent dans les couches géologiques sous-jacentes perméables des alluvions modernes à anciennes de la Touques (id Sandre 922AA03) et des calcaires d'Auberville de l'Oxfordien moyen du Bassin parisien (j6 – id Sandre 135AA63). Cette dernière contient la nappe majoritairement libre de la craie et des marnes du Lieuvin-Ouche – Pays d'Auge (bassin versant de la Touques – code EU : FRHG213 – fiche en [annexe 5](#)) dont le mur est constitué par les marnes indifférenciées du Callovo-Oxfordien du Bassin Parisien (id Sandre 137AB99). Directement sous les marnes collovo-oxfordiennes se trouvent les marnes et calcaires marneux du Bathonien en Basse-Normandie (id Sandre 139AN05) qui contiennent la masse d'eau souterraine majoritairement libre du Bathonien-Bajocien de la plaine de Caen et du Bessin (code EU : FRHG308 – fiche en [annexe 5](#)).

Le mont Canisy présente donc un important réservoir aquifère au niveau des calcaires jurassiques. Les résurgences se répartissent majoritairement sur les versants nord et nord-est, à la base des calcaires, principalement au niveau du contact entre le calcaire d'Auberville (j6) et les marnes à Lophia (j4b). Ces résurgences contribuent à l'alimentation des nappes superficielles des versants, à la base des manteaux de solifluxion et des recouvrements de loess, au contact avec les argiles jurassiques imperméables.

**Les nappes superficielles, en saturant les formations sensibles, en déjaugent les terrains et en créant des forces d'écoulement vers le bas de pentes, jouent un rôle très défavorable sur la stabilité des terrains.**

## 2. RESULTATS DES VISITES TECHNIQUES

### 2.1 Nettoyage de l'instrumentation

Suite au dernier relevé de l'instrumentation datant de 2019, le Cerema avait recommandé de procéder à un passage de caméra et à un nettoyage du tube inclinométrique I1. Ce tube, situé à l'angle sud-ouest du terrain de tennis de la propriété située au n°80 avenue du Littoral (Villa Déborah) est recouvert d'une plaque de protection et d'un bouchon (Figure 4 et Figure 5) ; le tube I2, situé sur la chaussée, côté cimetière, rue de l'Église, est fermé par une bouche à clé. Aucune accumulation de matériaux n'obstruait les tubes (Figure 6).

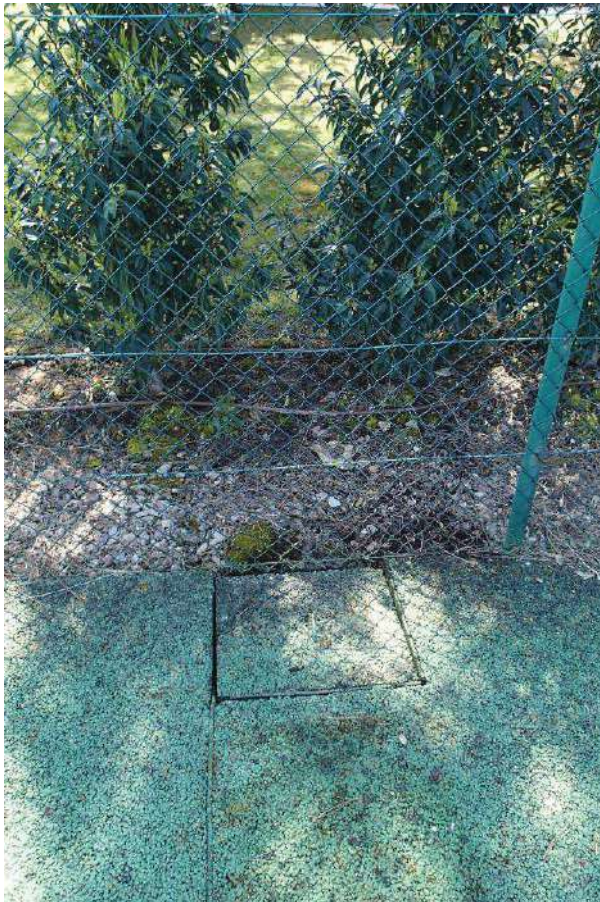


Figure 4 : Plaque de protection recouvrant le tube I1.



Figure 5 : Bouchon sur le tube I1.



Figure 6 : État du tube I2 à l'ouverture.

La profondeur initiale des niveaux d'eau dans les deux tubes inclinométriques a été relevée : l'eau était présente à - 1,50 m dans le tube I1 et à - 2,00 m dans le tube I2. Ces niveaux témoignent de l'existence d'infiltrations d'eau mais ne sont pas représentatifs de niveaux piézométriques (tubes pleins, non-crépines).

Dans un premier temps, les agents du Cerema ont procédé à un passage de la fausse sonde pour déterminer l'état général des tubes et la possibilité de procéder au relevé des mesures de déformation : la fausse sonde a pu être passée dans les deux tubes ; aucune déformation de grande ampleur n'est donc à signaler.



Ensuite, un passage caméra a été fait pour visualiser d'éventuelles salissures et impuretés présentes sur toute la hauteur des inclinomètres (Figure 10, Figure 12 et Figure 14) : des salissures ont été vues à - 27,50 m, - 21,00 m et - 13,60 m (au niveau d'un raccordement entre deux tubes) dans l'inclinomètre I1 avec beaucoup de matières fines en suspension dans toute la colonne d'eau ; aucune salissure n'a été observée sur dans l'inclinomètre I2.

Les deux tubes ont ensuite été nettoyés à l'eau claire envoyée sous pression pendant plusieurs minutes (exemple de nettoyage de I2 en Figure 7 et Figure 8) puis l'eau de nettoyage a été pompée (à - 18,80 m pour I1 et à - 23,10 m pour I2 – Figure 9).



Figure 7 : Début de l'injection d'eau sous pression.



Figure 8 : Lavage jusqu'à obtention d'une eau limpide.



Figure 9 : Pompage de l'eau de nettoyage.

Un second passage caméra a été fait dans le tube I1 afin d'évaluer l'efficacité du nettoyage sur les salissures préalablement observées lors du premier passage caméra (Figure 11, Figure 13 et Figure 15). Malgré l'observation de salissures dans le tube, aucune susceptible de gêner les mesures n'a été mise en évidence.

**Suite à ce nettoyage, il a été constaté que les inclinomètres sont dans un état correct et qu'ils ne sont *a priori* pas affectés par un cisaillement majeur sur leur profondeur (environ 30 mètres).**



Figure 10 : Tube I1 à - 27,50 m avant nettoyage.

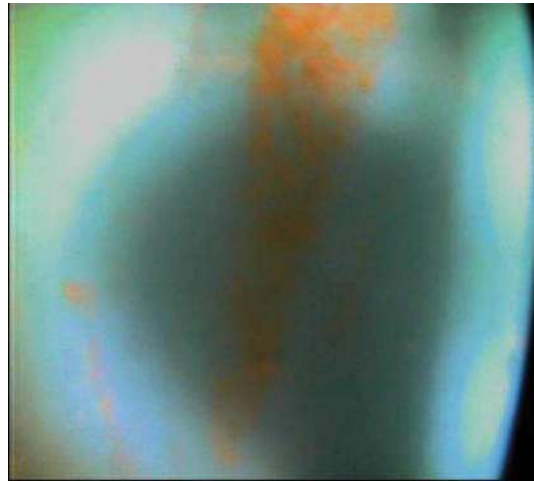


Figure 11 : Tube I1 à - 27,50 m après nettoyage.



Figure 12 : Tube I1 à - 21 m avant nettoyage ; les salissures sont présentes sur la partie lisse et non dans la rainure de passage de l'instrumentation.



Figure 13 : Tube I1 à - 21 m après nettoyage ; les salissures sont encore présentes et des particules en suspension sont visibles (entourées en orange).

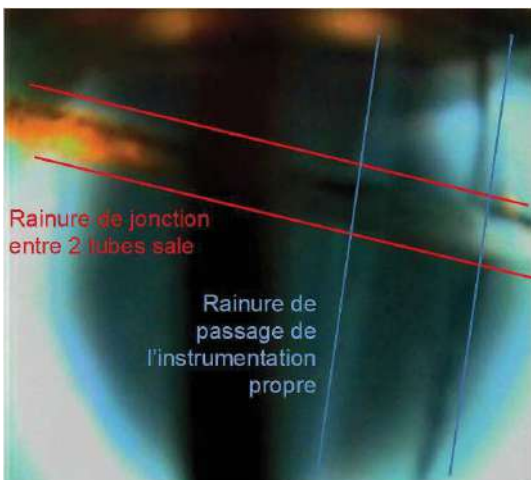


Figure 14 : Tube I1 à - 13,60 m avant nettoyage, croisement d'une rainure de jonction entre deux tubes et d'une rainure de passage de la sonde inclinométrique.

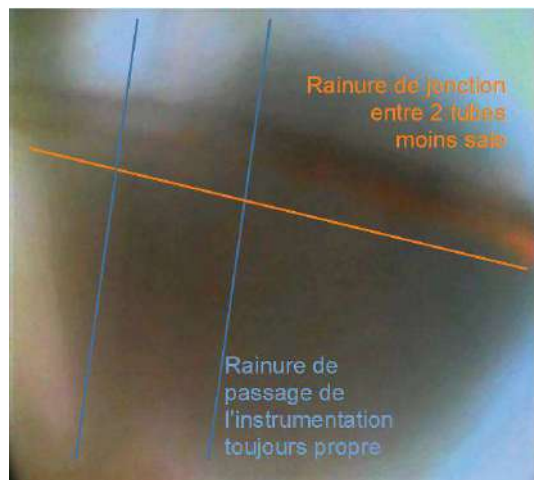


Figure 15 : Tube I1 à - 13,60 m après nettoyage, croisement d'une rainure de jonction entre deux tubes et d'une rainure de passage de la sonde inclinométrique.

## 2.2 Relevés inclinométriques

Le dépouillement des mesures de déformation des tubes inclinométriques a été fait sur le logiciel Capitoul 2000. Les données brutes sont disponibles en [annexe 6](#).

Les mouvements de terrain sont appréciés, en profondeur, à partir des écarts de mesures (déplacement et déformation angulaire) entre la mesure de référence du 09/07/1998 et les différents relevés effectués depuis (voir en [annexe 6](#)).

### 2.2.1 Inclinomètre I1

Les mesures inclinométriques du tube I1, implanté sur le terrain de tennis de la propriété du n°80 avenue du Littoral (Villa Déborah) ont pu être effectuées après lavage à l'eau du tube.

Le profil de rotations locales et le module des déplacements cumulés ne sont pas totalement en cohérence avec les mesures effectuées jusqu'en 2009 ([Figure 16](#)) :

- le déplacement en tête vers l'aval (4 mm), légèrement supérieur au seuil d'incertitude des mesures (28,5 m de tube x 0,1 mm = 2,85 mm), est toujours présent ; ce dernier point de mesure étant imprécis, ce décalage en tête n'est pas à considérer comme un déplacement du sol,
- le profil de rotations locales montre des pics à des profondeurs identiques, particulièrement à - 21,00 m ( $3,4 \cdot 10^{-3}$  rad depuis juillet 1998) ; d'autres déformations dont le pic était déjà visible en 2009 sont à surveiller à - 27,50 m ( $2,8 \cdot 10^{-3}$  rad) et - 7,50 m ( $1,7 \cdot 10^{-3}$  rad). Une autre légère déformation est présente à - 16,50 m ( $1,1 \cdot 10^{-3}$  rad) ; elle l'était également sur les mesures de 1999 et 2000 mais n'était plus observée depuis.

En comparant ces deux profils avec les graphiques de déplacements DXTO (droite-gauche) et DYTO (amont-aval), il apparaît que le pic local de déformation observé à - 21,00 m correspond bien à un déplacement localisé d'environ 0,3 cm vers l'aval depuis 1998 ([Figure 16](#)). Ce déplacement semble progressivement s'intensifier bien qu'il reste encore de l'ordre de quelques millimètres. Le décalage observé à - 7,50 m correspond également à un léger déplacement vers l'aval d'environ 0,35 cm qu'il est nécessaire de surveiller. Ainsi, l'allure générale de la déformée du tube indiquerait un mouvement global en translation de la tranche de terrain entre la surface et 21 mètres de profondeur d'environ 2 mm vers l'aval entre décembre 2009 et avril 2021.

**D'après les mesures relevées en avril 2021, le tube I1 n'a pas subi de déformation majeure (le passage de la sonde a été possible). Néanmoins, les mesures confirment la mise en évidence d'un mouvement de faible amplitude du grand panneau calcaire glissé sur les marnes (cf.1.4).**

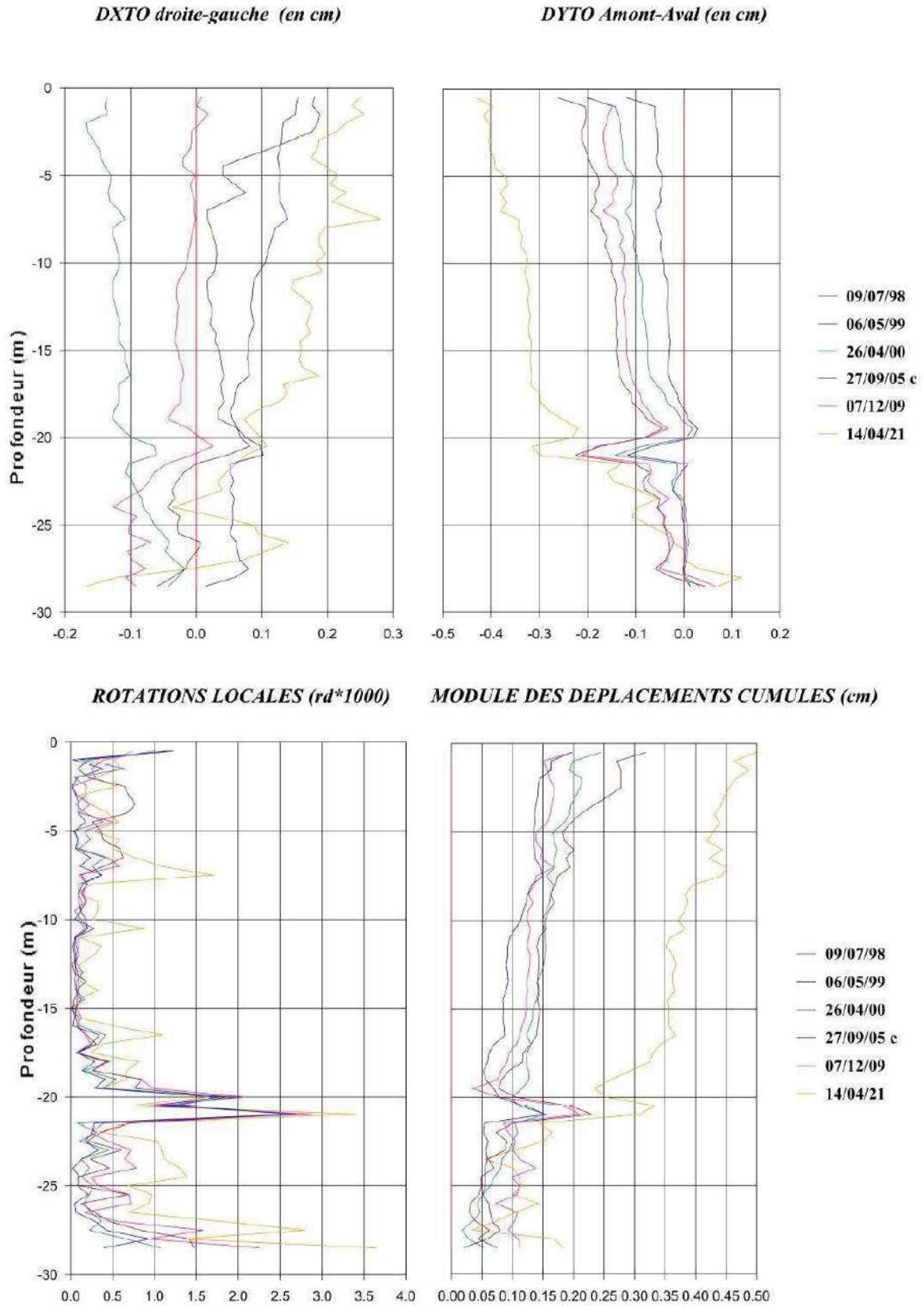


Figure 16 : Profils des mesures inclinométriques relevées sur le tube I1 depuis 1998.

## 2.2.2 Inclinomètre I2

Les mesures inclinométriques du tube I2, implanté rue de l'Église, présentent un profil de rotations locales et de module des déplacements cumulés en cohérence avec une partie des mesures antérieures effectuées (toutes sauf 1999 et 2000 – voir [Figure 17](#)). Des déformations sont visibles à - 2,00 m ( $2,2 \cdot 10^{-3}$  rad), - 5,50 m ( $2,2 \cdot 10^{-3}$  rad), - 7,00 m ( $3,3 \cdot 10^{-3}$  rad), - 16,50 m ( $2,8 \cdot 10^{-3}$  rad), - 18,00 m ( $2,0 \cdot 10^{-3}$  rad), - 20,50 m ( $5,4 \cdot 10^{-3}$  rad), de - 21,00 à - 23,50 m (augmentation continue de  $3,2$  à  $5 \cdot 10^{-3}$  rad), - 26,00 m ( $2,7 \cdot 10^{-3}$  rad), - 27,00 m ( $3,5 \cdot 10^{-3}$  rad) et de - 28,00 à - 30,50 m (entre  $2,0$  et  $5,9 \cdot 10^{-3}$  rad – valeur maximale à - 28,00 m) (voir [Figure 17](#)).

En comparant ces deux profils avec les graphiques de déplacements DXTO (droite-gauche) et DYTO (amont-aval), il apparaît que les déformations observées à - 26,00 m et - 18,00 m ne sont pas présentes. Les déformations observées à - 28,00, - 27,00, - 7,00 et - 5,50 m correspondent à un déplacement vers l'amont (voir en [annexe 6](#)), ce qui est incohérent avec un glissement. Les pics de déformations orientés vers l'aval à - 4,00/-4,50 m et - 2,00 m ne sont pas considérés, car les valeurs de déplacement mesurées restent positives par rapport au zéro de référence. Aussi, seuls les déplacements observés de - 21,00 à - 23,50 m, à - 20,50 m et à - 16,50 m correspondent à un déplacement enregistré dans la direction de la plus grande pente vers l'aval. Bien qu'ils semblent s'accroître progressivement, ces déplacements restent de l'ordre de quelques millimètres (maximums de 0,28 cm à - 23,00 m, 0,4 cm à - 20,50/- 21,00 m et 0,1 cm à - 16,50 m).

**D'après les mesures relevées, le tube I2 n'a pas subi de déformation majeure et aucun mouvement significatif n'est mis en évidence.**

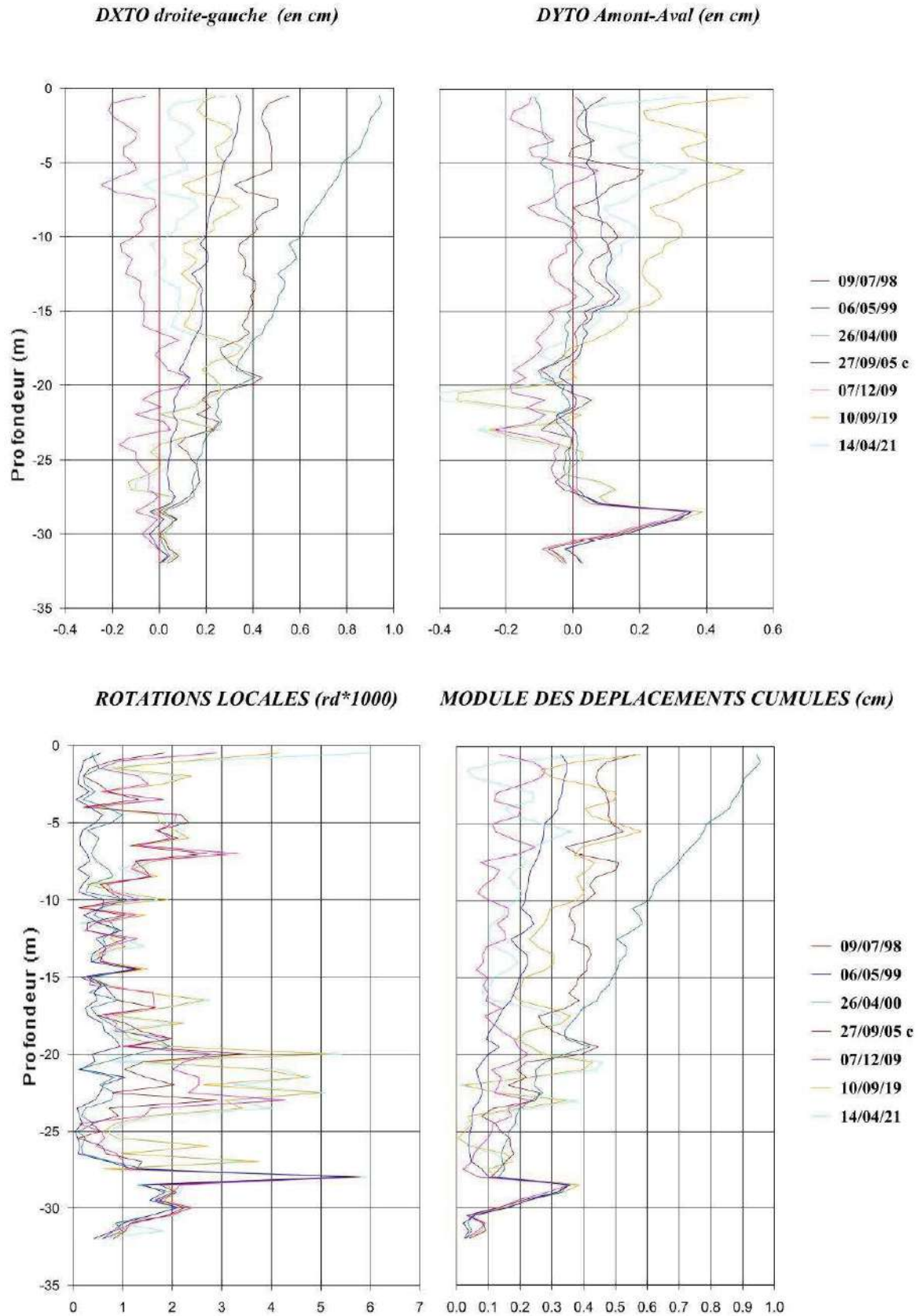


Figure 17 : Profil des mesures inclinométriques relevées sur le tube I2 depuis 1998.

### 2.2.3 Interprétation des mesures

Les mesures relevées dans les tubes inclinométriques sont à mettre en parallèle avec les couches géologiques dans lesquelles ils sont implantés. Les deux tubes inclinométriques ont été repositionnés en altimétrie absolue pour déterminer un profil géologique entre ces deux tubes. D'après les données des carottages réalisés en 1998, une couche marneuse serait présente à partir de - 20,30 m au droit de I1 ainsi qu'à partir de - 12,50 m au droit de I2 (Figure 18). Les matériaux au-dessus de la marne au droit de I2 seraient des dépôts quaternaires de solifluxion.

Les déplacements mesurés sur I1 depuis 1998 font état d'un pic de micro-déformations vers - 21 m (voir recalage en Figure 18) : cette profondeur correspond à la limite géologique calcaire/marne identifiée par le carottage. Les mesures confirment donc l'existence d'un mouvement de faible amplitude du grand panneau calcaire glissé sur les marnes. Néanmoins, les valeurs enregistrées jusqu'à présent ne permettent pas de conclure à une réactivation brutale qui serait caractérisée par des déplacements de plusieurs mètres en quelques jours.

Sur I2, seul un pic de déformation vers l'amont était notable à - 28 m jusqu'en 2009 ; ce dernier se trouve *a priori* au cœur d'une seule formation marneuse. Les mesures de 2021 ont mis en évidence 3 zones de micro-mouvements non-significatifs de - 23,50 à - 21,00 m, à - 20,50 m et à - 16,50 m (voir recalage en Figure 18). Ces mouvements sont *a priori* situés dans la même formation marneuse ; il n'y a donc pas de corrélation avec une limite géologique, ce qui ne correspond pas à un mouvement de glissement profond. Les déformations au sein de cette couche géologique s'expliquent par la nature du matériau : la marne est un matériau meuble et très sensible à l'eau, notamment dans les premiers mètres sous la surface où elle est altérée et présente un comportement proche de l'argile. Il faut toutefois rappeler qu'il n'y a pas eu de carottage en SC2 (I2), seules des mesures de RAN ont permis d'estimer les caractéristiques des matériaux présents en profondeur.

Sur I1, les résultats des mesures réalisées jusqu'à présent **confirment l'hypothèse d'un glissement de terrain profond et de grande ampleur**, présentant une cinétique globalement lente avec des réactivations ponctuelles – en relation avec la pluviosité, notamment pendant les périodes automnales et hivernales (voir explications en 2.4). **Il n'existe actuellement pas d'indice permettant de présager une réactivation brutale dans les prochains mois.**

Sur I2, aucune corrélation entre les déformations en profondeur et les limites géologiques n'a été mise en évidence : **les mouvements s'expliquent par la nature marneuse des matériaux très sensibles à l'eau.** Ces derniers pourraient être déterminés plus finement par la **réalisation d'un carottage à proximité de I2.** En effet, des hétérogénéités lithologiques peuvent être présentes au sein de ces matériaux et pourraient mettre en évidence une surface de rupture potentielle.

Il convient de **renforcer le suivi des mesures** sur les deux tubes inclinométriques en réalisant désormais des **campagnes de mesures annuelles.**

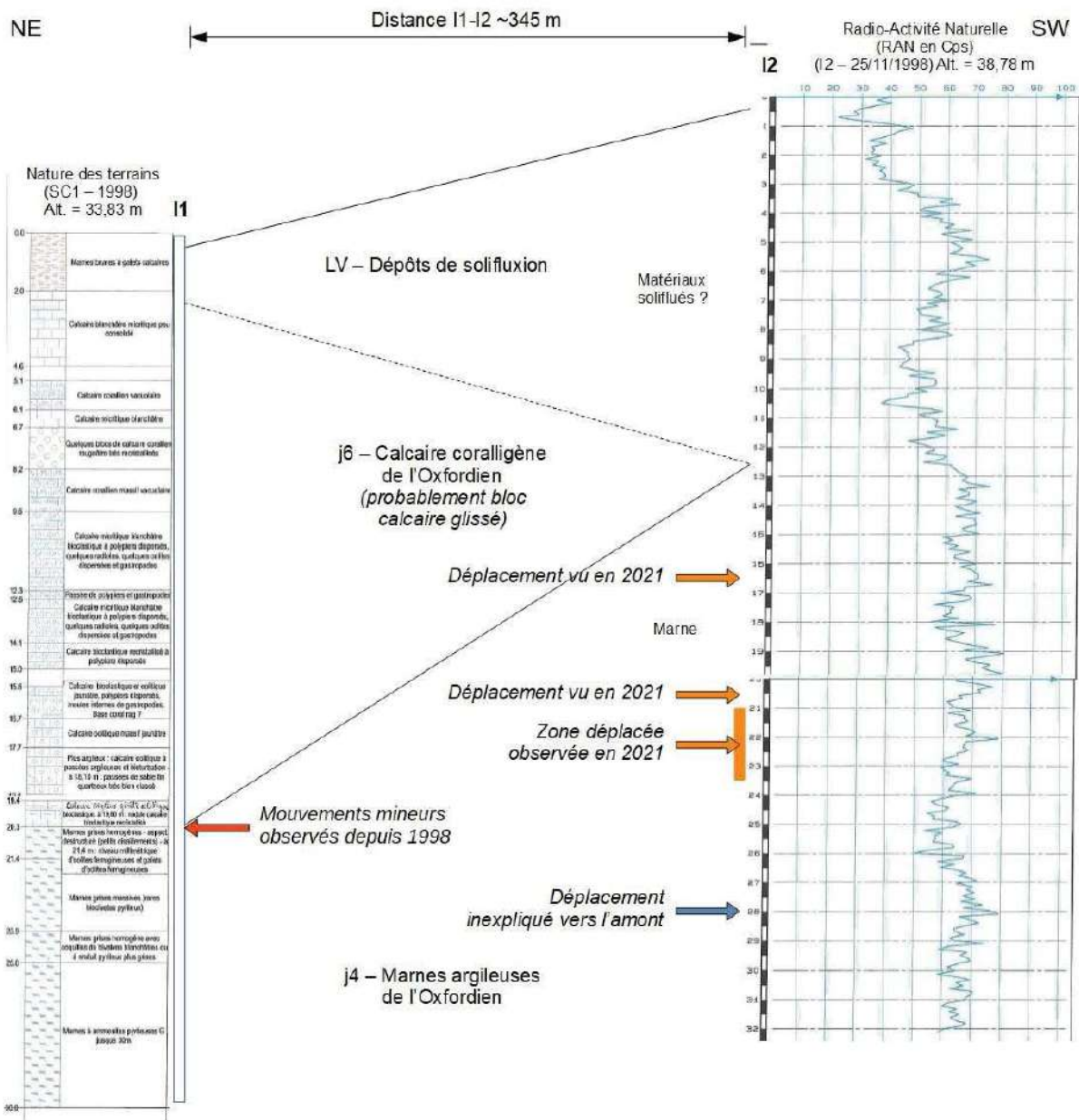


Figure 18 : Coupe schématique entre les tubes inclinométriques I1 et I2 avec recalage des pics de déplacements observés de 1998 à 2021.



## 2.3 Diagnostic du glissement de terrain littoral

Suite aux localisations d'indices de glissement détectés par le SML en février 2021 (voir en [Annexe 1](#)), les agents du Cerema ont inspecté les terrains en amont, au sein des parcelles des particuliers situées du numéro 70 au 96 avenue du Littoral (parcelles 0035 à 0168 – voir [Figure 1](#)), ainsi qu'en aval, au niveau de la plage.

### 2.3.1 Observations en amont

En amont des parcelles situées en front de mer, aucune fissure ou déformation n'a été observée. Un lavoir est présent rue Font Marie, ce qui témoigne de circulations d'eau naturelles (nappe libre de la craie jurassique). Dans le tube inclinométrique I2, situé rue de l'Église, le niveau d'eau initial relevé était situé à - 2 m sous la chaussée ; cette information est néanmoins peu fiable, car le tube est protégé uniquement d'une bouche à clé qui ne garantit pas une étanchéité totale.

Sur l'ensemble des parcelles privées situées entre l'avenue du Littoral et le front de mer, les constatations sont similaires : de nombreuses fissures ouvertes d'orientation NE-SW, parallèles au trait de côte, sont présentes au sol (voir carte des observations de terrain en [Figure 66](#)). Ces fissures ou fractures au sol s'accompagnent de zones d'affaissement localisées mais aussi de basculement de terrain. Les parcelles les plus à l'ouest du secteur d'étude visité sont les plus touchées par le phénomène de glissement de terrain : ce sont des falaises abruptes de plusieurs mètres de hauteur qui sont présentes. Les habitations sont toutes situées plus en amont des glissements, bien que quelques fissures sur des bâtiments aient été relevées.

Au numéro **70** avenue du Littoral (parcelles 0168 et 1031), une fissure d'orientation générale nord-est / sud-ouest, s'étend sur environ 70 mètres de longueur dans la partie basse de la propriété et présentent une ouverture horizontale moyenne de 20 cm et un rejet vertical moyen de 25 cm (Figure 19 et Figure 20, localisation en sur la Figure 66). Elle se décompose en deux parties et se prolongeait vers l'ouest jusqu'à la limite de propriété avec la parcelle 1030 : ce prolongement coupait perpendiculairement une allée piétonne et avait déjà été remblayé lors de la visite du Cerema (Figure 21 et Figure 22, localisation en Figure 66 – voir état en février 2021 en Annexe 1).

Aux dires du propriétaire, la fissure serait apparue en janvier 2021 suite aux fortes pluies de l'hiver 2020-2021. Des témoins de suivi ont été installés afin de mesurer son écartement horizontal : l'affaissement de la partie nord-est serait lent mais continu (estimé à 4 mm par jour en février 2021 – voir Annexe 1).



Figure 19 : Fissure au sol NE-SW d'environ 70 mètres linéaires en partie basse de la parcelle 1031 (n°70).



Figure 20 : Détail de la fissure de la parcelle 1031, rejet vertical entre 20 et 30 cm.



Figure 21 : Allée piétonne remblayée, zone affaissée et réparée entourée en orange ; la photo 22 a été prise dans les bambous jouxtant cette zone.



Figure 22 : Aperçu du prolongement de la fissure vers l'ouest ; les bambous sont visibles sur la gauche de la figure 21.

Au numéro **80** avenue du Littoral (parcelles 1030 et 0779), en partie haute de la propriété, sur le gazon devant la maison, une fracture au sol de plusieurs mètres de longueur a été observée (Figure 23). En contrebas du terrain de tennis où est implanté le tube inclinométrique I1, de nombreuses fissures et « marches » témoignent de mouvements de terrain récents (Figures 24, 25, 26 et 27, localisation en Figure 66). À noter que le niveau d'eau initial dans le tube inclinométrique était à - 1,50 m sous le niveau du sol ; néanmoins, malgré un bouchon présent sur le haut du tube, ce niveau d'eau n'est pas à considérer comme un niveau piézométrique, car le tube n'est pas crépiné.



Figure 23 : Fracture au sol d'un rejet vertical d'environ 20 cm sur la parcelle 1030 (n°80) avec tassement côté nord sur environ 1 mètre de hauteur.



Figure 24 : Fracture ouverte au sol, d'un rejet vertical d'environ 50 cm pour 30 cm de rejet horizontal, côté nord du terrain de tennis sur la parcelle 0779 (n°80).



Figure 25 : Fracture au sol de 25 cm de rejet vertical et départ perpendiculairement d'une fissure sur environ 25 m linéaires, visibles dans la descente côté nord du terrain de tennis sur la parcelle 0779 (n°80).



Figure 26 : Fissure au sol d'environ 25 m linéaires sur le cheminement piétonnier de la parcelle 0779 (n°80).



Figure 27 : Fracture avec rejet vertical d'environ 1 m au nord du terrain de tennis sur la parcelle 0779 (n°80).

En contrebas de la propriété, un basculement général vers le sud est visible accompagné d'une fissure au sol (Figure 28) : cette morphologie est typique de la tête d'un glissement de terrain rotationnel (Figure 29). Des fissures, parallèles à ce basculement, ont été également observées côté nord (Figure 30, localisation en Figure 66).



Figure 28 : Affaissement général vers l'arrière de la pente naturelle, en contrebas de la parcelle 0779 (n°80), morphologie typique d'un basculement en tête de glissement rotationnel ; en pointillés orange, des fissures sont visibles au sol (repère visuel pour faire le lien avec la figure 30 par la petite plaque béton entourée en bleu).

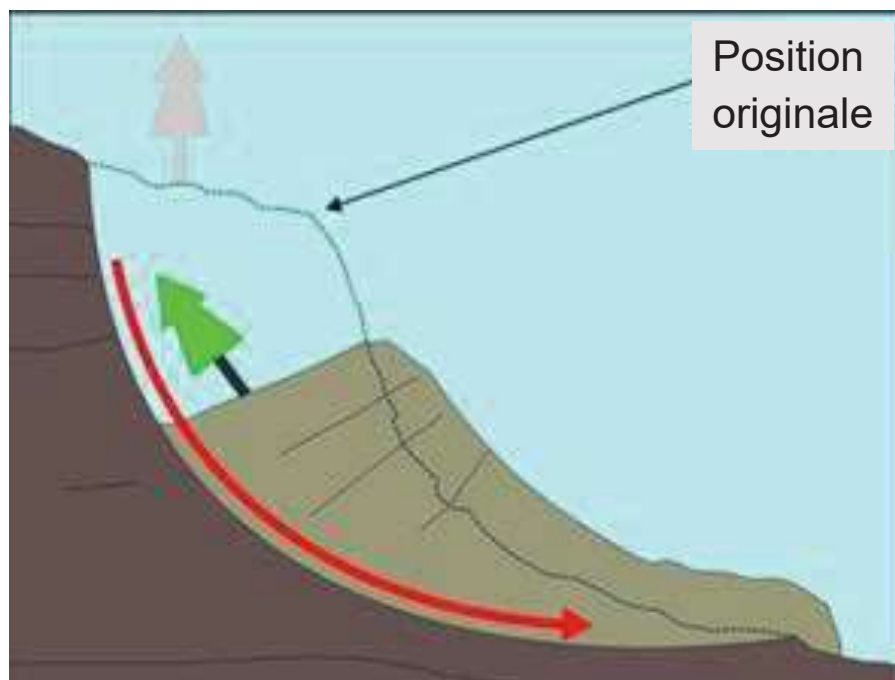


Figure 29 : Schéma de fonctionnement d'un glissement rotationnel.



Figure 30 : Fissure au sol ouverte présentant un rejet horizontal d'environ 10 cm, parallèle au basculement observé en contrebas de la parcelle 0779 (n°80) (repère visuel pour faire le lien avec la figure 28 par la petite plaque béton entourée en bleu).

À noter qu'une autre zone présentant le même type affaissement général a été observée en partie haute de la parcelle 1030 (même secteur que la Figure 23) mais cet affaissement semble stabilisé (Figure 31).



Figure 31 : Zone affaissée stabilisée en partie haute de la parcelle 1030 (n°80).

Sur les parcelles situées au numéro **82** avenue du Littoral, des fissures ouvertes sont également visibles au sol (**Figure 32** et **Figure 33**) accompagnant parfois d'une zone affaissée (**Figure 34**).



*Figure 32 : Fissure au sol ouverte en contrebas de la parcelle 1050 (n°82).*



*Figure 33 : Fissure ouverte d'environ 15 cm observée sur un cheminement piétonnier en parcelle 1050 (n°82).*



*Figure 34 : Fracture du sol en amont d'une zone affaissée d'environ 50 cm (rejet vertical) ; cette fissure NE-SW traverse les parcelles 1000 et 1049 sur environ 25 mètres linéaires.*

Aux numéros **82** et **96** avenue du Littoral (parcelles 1050, 1049, 1000, 0999 et 0035), les parcelles portent les traces de zones de rupture anciennes matérialisées par des falaises abruptes de plusieurs mètres de hauteur (Figures 35, 36, 37, et 38, voir localisation en Figure 66).



Figure 35 : Falaise abrupte sur la parcelle 1050 (n°82).



Figure 36 : Falaise abrupte sur la parcelle 1000 (n°82) ; cicatrice fraîche témoin d'une zone active.



Figure 37 : Falaise abrupte en parcelle 0999 (n°96) dans la continuité de la parcelle 1000 (n°82).



Figure 38 : Falaise rocheuse d'environ 12 mètres de hauteur de la parcelle 1049 (n°82) dans la continuité de celle de la parcelle 1050 (n°82) – voir figure 35.

En contrebas de ces falaises abruptes, les terrains sont quasiment tous glissés (Figures 39, 40 et 41) : il s'agit de terrains marneux, très meubles et très sensibles à l'eau. Ces terrains sont gorgés d'eau : un fossé est rempli d'eau en parcelle 1050 (Figure 42). Les habitants ont creusé des sillons et installé des canalisations pour drainer les eaux ; ces dernières sont parfois endommagées et l'eau s'infiltré dans le terrain (Figure 43 et Figure 44).



Figure 39 : Terrains glissés sur la parcelle 1049 (n°82).



Figure 40 : Terrains glissés de la parcelle 1050 (n°82).



Figure 41 : Terrains glissés en contrebas de la parcelle 0999 (n°96).



Figure 42 : Fossé gorgé d'eau en parcelle 1050 (n°82) ; la végétation présente est hygrophile.





Figure 43 : Sillon et canalisations endommagées en parcelle 1050 (n°82).



Figure 44 : Canalisations en surface avec évacuation dans le terrain, en limite de parcelles 1050/1049 (n°82).

Au numéro **96** avenue du Littoral (parcelles 0999 et 0035), une avancée rocheuse constitue l'extrémité sud-ouest de la plage centrale de Bénerville-sur-Mer : il s'agit d'un affleurement de calcaire coralligène de l'Oxfordien (j6 – voir 1.4.2). Ce pointement rocheux, situé sur la parcelle 0999 en limite avec la parcelle 0035, est la seule zone qui n'est pas concernée par les glissements de terrain. De part et d'autre, les marnes et argiles de Villers (j4) sont glissées (voir 1.4.3 – **Figures 41 et 45**) ; des affaissements en tête et des fissures au sol sont visibles (**Figures 46, 47, 48 et 49**).



Figure 45 : Terrains glissés à l'est du pointement rocheux (parcelles 1000 – n°82 et 0999 – n°96).



Figure 46 : Terrains marneux glissés à l'ouest du pointement rocheux de calcaire (parcelle 0999 – n°96) ; des résurgences sont visibles en pied du versant.



Figure 47 : Affaissement de 70 cm de rejet vertical avec fracture en arrière, à l'ouest du pointement rocheux (parcelle 0035 – n°96).



Figure 48 : Fissure eau sol en contrebas de la propriété de la parcelle 0035 (n°96), détail de l'affaissement de la Figure 49.



Figure 49 : Affaissement général en contrebas de la parcelle 0035 (n°96).

À noter également que des fissures ainsi qu'un affaissement de l'escalier et de la terrasse nord ont été observés sur l'ancienne maison du gardien du numéro 96 (Figures 50 et 51).



Figure 50 : Fissures en façade est de la maison de gardien de la propriété du n°96 (parcelle 0035).



Figure 51 : Fissure, escalier décollé et terrasse affaissée, façade nord de la maison de gardien de la propriété du n°96 (parcelle 0035).

### 2.3.2 Observations en aval

Dans la continuité des indices géomorphologiques relevés en partie amont, les **terrains glissés** ont été observés depuis la plage. D'après les témoignages des propriétaires, il s'agit de glissements superficiels récurrents mais les phénomènes ont été amplifiés en début d'année 2021 suite aux fortes pluies de l'hiver. Leur déclenchement semble en lien avec les eaux continentales (ruissellement et nappes d'eaux souterraines).

Au droit de la propriété du numéro **70** (parcelles 0168 et 1031), le front de talus au-dessus des enrochements est constitué de matériaux de dépôt hétérogènes non-consolidés (déchets végétaux, matériaux de construction, etc. – Figure 52). En partie basse de la propriété du numéro **80** un grand glissement de terrain a eu lieu récemment ; en témoignent les ganivelles couchées dans le talus et le recouvrement partiel des enrochements par les terrains glissés (Figure 53 – voir localisation en Figure 66). Des glissements de terrains similaires sont visibles au droit des numéros **82** et **96**, où les terrains glissés ont complètement recouvert les enrochements (Figure 54 et Figure 55 – voir localisation en Figure 66). Il s'agit des propriétés ayant été les plus impactées par les glissements de l'hiver 2020-2021.

Sur l'ensemble de ces terrains, des résurgences qui coulent en continu ont été observées : il s'agit probablement de résurgences de la nappe libre de la craie du Lieuvin-Ouche dont le mur est constitué par les marnes du Callovo-Oxfordien, imperméables. Ces dernières réceptionnent les eaux de la nappe en plus des eaux météoriques ; elles se gorgent alors d'eau et glissent selon la pente naturelle du talus littoral.

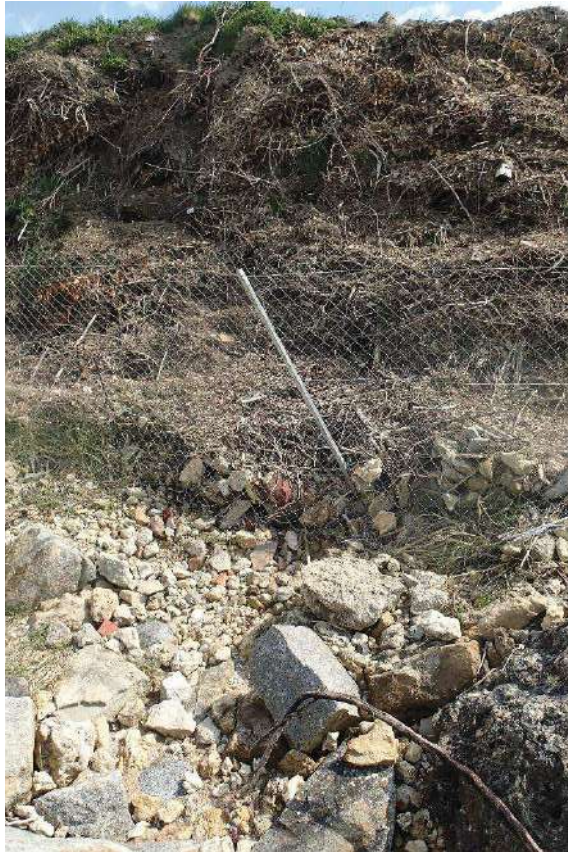


Figure 52 : Talus constitué de matériaux hétérogènes non-consolidés (gravats, déchets végétaux) au droit de la parcelle 0168 (n°70).



Figure 54 : Enrochements recouverts par les terrains glissés au droit de la parcelle 1050 (n°82).



Figure 53 : Ganivelles couchées et enrochements partiellement recouverts par les terrains glissés au droit de la parcelle 0779 (n°80).



Figure 55 : Talus et enrochements recouverts par les terrains glissés au droit des parcelles 1049, 1000 (n°82) et 0999 (n°96) ; à gauche de l'image, les enrochements sont désorganisés.

Conscients de la forte teneur en eau des sols, les propriétaires des parcelles privées tentent de **drainer** leurs terrains. L'ensemble de la propriété du n°70 (parcelles 0168 et 1031) comporte un système de drainage des terrains superficiels : l'eau est stockée dans une mare artificielle dont l'excédent est rejeté en mer (Figures 56 et 57). Au numéro 82 (parcelles 1050, 1049 et 1000), l'eau est soit canalisée par des sillons, soit dirigée dans des drains ; le réseau de drainage est éparpillé et a été mis en place de façon aléatoire. Certains drains sont endommagés et s'évacuent directement dans le terrain, ce qui aggrave le phénomène de surcharge en eau du sol (voir Figure 43). Au numéro 96 (parcelles 0999 et 0035), aucun système de drainage du terrain n'est connu.



Figure 56 : Drain issu de la parcelle 0168 dont l'évacuation n'est pas visible (sous les enrochements).



Figure 57 : Exutoire d'un drain de la parcelle 0168 au-dessus des enrochements littoraux.

Le linéaire en contrebas des propriétés des n°70 à 96 avenue du Littoral est protégé en pied par des **enrochements**. Au droit des parcelles 0168 et 1031 (n°70), leur largeur est estimée à 4 mètres sur une hauteur visible de 4 mètres (Figure 58) ; au droit des parcelles 1030, 0779, 1050, 1049, 1000 et 0999 (n°80 à 96), leur épaisseur est estimée à 3 mètres sur une hauteur maximale de 2 mètres (Figure 59).



Figure 58 : Enrochements au droit de la propriété du n°70 (parcelles 0168 et 1031) en avril 2021.



Figure 59 : Enrochements au droit de la parcelle 1030 (n°80) en avril 2021.

Les enrochements semblent en bon état, bien qu'un léger bombement soit visible au droit de la propriété du n°70 (Figure 60) ; quelques blocs sont désolidarisés par affouillement en pied des enrochements en période hivernale (Figures 61 et 62). L'extrémité ouest des enrochements est accolée aux blocs de calcaire naturellement présents sur l'estran (Figure 63).



Figure 60 : Bombement des enrochements au droit de la parcelle 0168 (n°70).



Figure 61 : Affouillement vu en décembre 2021 à la base des enrochements devant la parcelle 0168 (n°70).



Figure 62 : Blocs désolidarisés observés en pied des enrochements au droit de la parcelle 0168 (n°70) en décembre 2021.



Figure 63 : Extrémité ouest des enrochements accolée aux blocs calcaires affleurant naturellement sur l'estran, devant la parcelle 0999 (n°96).

Un géotextile aiguilleté non-tissé est présent en arrière des blocs devant les parcelles 1030, 0779, 1050, 1049, 1000 et 0999 (n°80 à 96) : il apparaît très colmaté par les particules fines (marnes et argiles, sable fin – voir détails en Figures 64 et 65). Il n'a pas été observé en arrière des blocs installés devant les parcelles 0168 et 1031 (n°70).



Figure 64 : Échantillon de géotextile présent en arrière des enrochements au droit des parcelles 1030, 0779, 1050, 1049, 1000 et 0999 (n°80 à 96)



Figure 65 : Détail de l'échantillon de géotextile présent en arrière des enrochements au droit des parcelles 1030, 0779, 1050, 1049, 1000 et 0999 (n°80 à 96)



Figure 66 : Carte de synthèse des observations de terrain.

### 2.3.3 Évolution du glissement

Pour la période récente, des photos envoyées par les propriétaires des terrains privés du n°82 ont permis d'estimer la temporalité d'évolution des glissements entre juin 2020, avril 2021 et décembre 2021 :

- devant les parcelles 1050, 1049 et 1000 (n°82 – **Figures 67, 68, 69 et 70**),



Figure 67 : Parcelle 1000 (n°82) en juin 2020, au moment de la réfection de la barrière bois en limite de propriété.



Figure 68 : Parcelle 1000 (n°82) en avril 2021 ; les marnes ont glissé sur les enrochements qui ont été déstructurés dans leur ensemble et ensablés en pied (voir blocs entourés en orange).



Figure 69 : État de la barrière en décembre 2021 en limite des parcelles 1049 et 1050 (n°82).



Figure 70 : Les terrains marneux ont glissé et emporté la barrière de limite de propriété en décembre 2021.

- devant les parcelles 1000 et 0999 (n°82 et 96 – **Figures 71 et 72**).



Figure 71 : Parcelles 1000 et 0999 en juin 2020.



Figure 72 : Parcelles 1000 et 0999 en décembre 2021 ; les terrains marneux ont glissé en partie centrale mais la barrière bois est toujours en place.



Ce secteur est connu pour être affecté par un glissement de terrain profond et actif dans des formations argilo-marneuses (Cerema, 2019) ; en témoigne l'installation, en 1998, des deux inclinomètres suivis par le Cerema.

En 2000, une expertise du secteur a été réalisée par Olivier Maquaire dans le cadre du projet de PPR Bénerville – Mont-Canisy. Le glissement de terrain était déjà actif et le pied de la falaise littorale présentait un escarpement d'une dizaine de mètres de hauteur (Figures 73, 74, 75 et 76). O. Maquaire ajoute que le secteur n'avait pas subi d'évolution notable entre deux phases de terrain réalisées en 1997 et en 2000 (Maquaire, 2000).



Figure 73 : Pied de falaise au droit de la parcelle 0035 en 2000 ; la morphologie générale est typique des contre-pentes avec des escarpements vifs où sont observés des marnes et des formations de pente très hétérogènes ; le haut de la plage est parsemé de blocs de « Coral-rag » et des blocs calcaires sont présents sur l'estran (cliché Olivier Maquaire, 2000).



Figure 74 : Escarpement basal d'une dizaine de mètres de hauteur armé par les Marnes de Villers en place, au droit des parcelles du n°82 en 2000 ; au-dessus, le sommet boisé présente plusieurs escarpements ; les matériaux de couleur ocre-jaune mélangés à la marne tombent ou s'écroulent par paquets (cliché Olivier Maquaire, 2000).



Figure 75 : Pied de falaise au droit des parcelles du n°82 dans les marnes en place en 2000 ; à la base, accumulation de matériaux divers glissés avec localement de petites coulées bouseuses ; au sommet, la ligne continue sombre correspond à une surface de glissement (cliché Olivier Maquaire, 2000).



Figure 76 : Escarpement principal sub-vertical de 6-10 m situé sur la parcelle 1000 (n°82), vue vers l'est en 2020 ; son ancienneté est attestée par la végétation arborée ; le calcaire réapparaît à la faveur de réactivations superficielles ; au pied, la contre-pente est marquée par le « port couché » des arbres (cliché Olivier Maquaire, 2000).

En reportant les limites du glissement visibles en 2000 sur un plan au 1/2000<sup>e</sup> de 1978, il a évalué le recul de l'escarpement principal à environ 10-15 m en 20 ans. Le recul fonctionne par petits glissements rotationnels successifs et emboîtés qui emportent une bande de terrain sur plusieurs dizaines de mètres de longueur et de largeur ; la survenance d'un grand glissement majeur généralisé est « grandement improbable » (Maquaire, 2000).

La Synthèse des connaissances des côtes françaises, ouvrage de référence sur le littoral, stipule qu'une « analyse diachronique a été menée sur ce secteur par comparaison de plans cadastraux et de différentes séries de photographies aériennes (Savary, 2015) entre 1829 et 2012 ». Cette analyse a déterminé une vitesse moyenne de recul du trait de côte de 0,18 m/an au niveau de cette anse (appelée « anse de Bénerville » - Cerema, 2019).

Un enrochement a été aménagé dans l'anse de Bénerville en 2008 (Cerema, 2019). En 2015, il était déjà recouvert de marnes et endommagé par la poussée du glissement de terrain actif au droit du numéro 82 (Figure 77). « Si cet ouvrage peut contribuer à réduire l'érosion du pied de versant, il n'empêche nullement le versant de continuer de glisser » (Cerema, 2019).



Figure 77 : Enrochement partiellement détruit par le glissement de terrain actif au droit des parcelles du numéro 82, dans l'anse de Bénerville (cliché Nathan Savary, 2015 ; in Cerema, 2019).

## 2.4 Interprétation des résultats

L'accélération du mouvement en profondeur observé sur I1 ainsi que les nombreuses loupes de glissement observées dans les terrains témoignent de l'activité accrue du glissement du versant nord du Mont Canisy. Cette augmentation d'activité peut annoncer une réactivation brutale d'un glissement de grande ampleur (ensemble de la zone « G3 – aléa fort glissement de terrain » du PPR de 2002). Généralement, le déclenchement de grands glissements de ce type se produit à la suite d'une succession d'hivers excédentaires en précipitations. Aussi, les précipitations cumulées à Deauville sur les périodes hivernales d'octobre à mars ont été calculées pour les hivers de 2018 à 2022 (Tableau 1). L'analyse des rapports aux normales mensuelles met en évidence 5 mois excédentaires à plus de 40 % au cours des hivers 2019-2020 et 2020-2021, dont 3 mois excédentaires à plus de 50 % au cours du seul hiver 2019-2020 dont le rapport à la normale atteint presque 30 % de précipitations hivernales cumulées.

Tableau 1 : Précipitations mensuelles et annuelles cumulées lors des périodes hivernales d'octobre à mars de 2018 à 2022 à la station météorologique de Deauville – indicatif 07031 (source : infoclimat.fr, 2022).

Année	Mois	Précipitations (en mm)		Rapport à la normale 1981-2021
		H cumulée	Normale	
2018	octobre	87,7	99,2	-11,6 %
	novembre	57,5	95,4	-39,7 %
	décembre	93,6	97,9	-4,4 %
2019	janvier	60,4	78,0	-22,6 %
	février	56,3	60,7	-7,2 %
	mars	58,8	66,2	-11,2 %
<b>Total hiver 2018-2019 :</b>		<b>414,3</b>	497,4	<b>-16,7 %</b>
2019	octobre	152,5	99,2	+53,7 %
	novembre	146,1	95,4	+53,1 %
	décembre	103,0	97,9	+5,2 %
2020	janvier	58,7	78,0	-24,7 %
	février	118,6	60,7	+95,4 %
	mars	53,1	66,2	-19,8 %
<b>Total hiver 2019-2020 :</b>		<b>632,0</b>	497,4	<b>+27,1 %</b>
2020	octobre	119,4	99,2	+20,4 %
	novembre	37,4	95,4	-60,8 %
	décembre	143,9	97,9	+47,0 %
2021	janvier	111,3	78,0	+42,7 %
	février	41,2	60,7	-32,1 %
	mars	35,9	66,2	-45,8 %
<b>Total hiver 2020-2021 :</b>		<b>489,1</b>	497,4	<b>-1,7 %</b>
2021	octobre	121,8	99,2	+22,8 %
	novembre	67,3	95,4	-29,5 %
	décembre	109,6	97,9	+12,0 %
2022	janvier	63,9	78,0	-18,1 %
	février	45,0	60,7	-25,9 %
	mars	27,7	66,2	-58,2 %
<b>Total hiver 2021-2022 :</b>		<b>435,3</b>	497,4	<b>-12,5 %</b>

Cette analyse des précipitations est en adéquation avec les témoignages des propriétaires qui avaient constaté une amplification des glissements en début d'année 2021 suite aux fortes pluies de l'hiver (voir 2.3.1 et 2.3.2).

L'augmentation des indices d'activité du glissement de terrain constatée en 2021 est probablement liée à **l'effet cumulatif des précipitations des hivers 2019-2020 et 2020-2021**.

Une **surveillance accrue du glissement** permettra de détecter un éventuel phénomène de réactivation brutale lié à météorologie des prochains hivers.

Une **augmentation des dispositifs de surveillance** pourra également être envisagée : installation de pluviomètres, pose de 2 ou 3 piézomètres, ajout d'1 ou 2 inclinomètre, etc.

## 3. CONCLUSIONS

### 3.1 Synthèse des observations et des mesures

Le Cerema a effectué deux visites techniques, une première au printemps 2021 et une seconde au début de l'hiver 2021. Lors de ces visites, des mesures et des observations ont été réalisées sur la voie publique ainsi que dans des terrains privés.

Concernant les mesures inclinométriques, il a été mis en évidence que :

- les inclinomètres sont dans un état correct,
- aucune déformation majeure n'affecte les tubes inclinométriques,
- les valeurs de déformation enregistrées sur I1 correspondent à la limite géologique entre le calcaire coralligène et les marnes argileuses de l'Oxfordien,
- les déformations mesurées sur I2 s'expliquent par la nature marneuse des matériaux sensibles à l'eau (phénomène de fluage au sein de la formation, sans correspondance avec une limite géologique franche).

Aussi, bien que les déformations enregistrées sur I1 soient de faible amplitude, **elles correspondent à la profondeur de la surface de glissement identifiée.**

Les observations effectuées dans les terrains privés et depuis la plage montrent :

- **l'existence effective d'un glissement de terrain actif de grande ampleur :**
  - indices de glissement rotationnel (fissures au sol de plusieurs dizaines de mètres de longueur avec rejet décimétrique avec basculement général vers l'arrière et cicatrices de glissements de plusieurs mètres de hauteur),
  - masses marneuses glissées en surface recouvrant les enrochements en pied,
  - terrains gorgés d'eau avec des résurgences côté littoral,
- des drainages aléatoires et parfois aggravants dans les terrains privés,
- la présence d'enrochements en pied de versant littoral.

Les terrains marneux en surface sont extrêmement meubles et très sensibles à l'eau. Les circulations d'eaux sont donc un facteur aggravant leur fluage qui est visible sur les terrains littoraux du n°80 au n°96. Les glissements surfaciques s'accompagnent de mouvements plus profonds, comme en témoignent les nombreuses fissures ouvertes d'orientation NE-SW présentes au sol et les basculements des terrains vers l'arrière, autant d'**indices de départ de glissements rotationnels profonds**. Il s'agit de **mouvements récurrents et naturels, liés à la nature marneuse des terrains en place.**

En pied, sur l'estran, des enrochements ont été installés à deux périodes distinctes. Leur mise en œuvre n'a pas été faite de façon homogène sur le linéaire (hauteur et largeur variables, présence ou non d'un géotextile en arrière des blocs).

Les enjeux à proximité sont le passage d'usagers du littoral sur l'estran en aval des glissements, ainsi que les maisons d'habitation en amont des glissements ; ces dernières ne semblent pas affectées par les mouvements, bien que quelques fissures sur des bâtiments aient été relevées.

Les mouvements sont aggravés par certaines pratiques anthropiques :

- surcharge des terrains par le dépôt de matériaux hétérogènes non-compactés,
- évacuation des eaux de drainage dans les terrains marneux.

La comparaison avec les données météorologiques de précipitations cumulées à Deauville a également mis en évidence que la réactivation constatée du glissement en 2021 fait suite à deux hivers excédentaires en précipitations par rapport à la normale 1981-2010.

D'après les relevés inclinométriques et les observations faites dans les terrains privés et depuis la plage, **le secteur est concerné par des glissements profonds récurrents et actifs**. Les profondeurs des déformations constatées dans le tube inclinométrique I1 ne correspondent pas directement aux surfaces de rupture visibles sur le littoral mais elles font partie du même système géologique ; il s'agit en effet de plusieurs loupes de glissement emboîtées au sein des marnes et argiles de Villers (Oxfordien j4a – voir [Figure 2](#)). Ces loupes de glissement actives sont situées dans la zone « G3 – aléa fort glissement de terrain » du PPR de 2002.

## 3.2 Recommandations

Une augmentation des valeurs de déformations enregistrées depuis 1998 dans les tubes inclinométriques a été constatée en 2021. Bien que ces valeurs ne permettent pas de conclure à un départ significatif de mouvement majeur, il est nécessaire dans un premier temps de supprimer toute pratique anthropique aggravante dans le **secteur en aléa fort « glissement de terrain »**, à savoir :

- **Stopper immédiatement la mise en surcharge des terrains** par des dépôts de matériaux hétérogènes (gravats, déchets végétaux) au droit des parcelles 0168 et 1031,
- **Réparer et améliorer les réseaux d'assainissement et de drainage** pour ne pas aggraver la surcharge des terrains marneux, déjà naturellement soumis à une forte teneur en eaux météoriques et souterraines (*recommandation applicable aux parcelles privées mais également aux réseaux d'eaux pluviales et d'assainissement public en amont, avenue du Littoral notamment*) :
  - supprimer toute évacuation d'eau dans les terrains,
  - assurer une collecte et un drainage des eaux météoriques et des résurgences avec une évacuation uniquement en pied du versant (vérifier l'absence de fuites si installations existantes),
  - vérifier les installations d'assainissement, notamment leur étanchéité (pas d'assainissement individuel avec rejet des eaux dans le terrain).

En parallèle, **la surveillance du glissement doit être renforcée** par :

- **Des campagnes annuelles** de mesures inclinométriques, car les déformations enregistrées sur I1 correspondent la profondeur de la surface de glissement identifiée (limite de couche géologique).
- **L'installation d'un réseau de pluviomètres** sur le glissement,
- **La pose de piézomètres** dans le glissement,
- **L'ajout d'inclinomètres** pour surveiller l'évolution du glissement et prévenir tout mouvement de grande ampleur pouvant affecter les habitations et/ou le DPM.

Lors des travaux d'installation des nouveaux dispositifs, il serait intéressant de **réaliser un carottage à proximité immédiate du tube I2 en place** sur la chaussée rue de l'Église afin de connaître la nature des terrains au droit de ce tube. Cela permettrait de détecter si les déformations enregistrées en profondeur correspondent à une surface de rupture au sein de la formation marneuse (limite de variation lithologique).

Le phénomène de glissement des terrains marneux étant naturel et inéluctable, il convient d'**assurer la protection des biens et des personnes à proximité immédiate** du glissement, à savoir :

- **Accentuer la prévention :**
  - conserver les panneaux d'alerte « *Danger glissement de terrains – accès interdit sur l'enrochement* » présents sur les parcelles 1030, 1049 et 0035,
  - renforcer la signalisation en ajoutant des panneaux d'alerte, notamment côté est, la plupart des usagers de l'estrans arrivant de la plage de Bénerville-sur-Mer ; en indiquant le numéro d'arrêté municipal d'interdiction d'accès.
- Installer des **fissuromètres** (jauge de type G1 par exemple) sur les bâtiments,
- Effectuer des **mesures de vibration** dans l'avenue du Littoral pour évaluer l'impact du passage des véhicules sur les terrains,
- Réaliser des travaux de **réfection des enrochements** :
  - vérifier la présence – ou installer – un géotextile en arrière des blocs d'enrochement dont les caractéristiques permettraient le passage de l'eau tout en empêchant le passage des matériaux marneux sans se colmater,
  - augmenter la hauteur et l'épaisseur des enrochements en pied de versant au droit des parcelles 1030, 0779, 1050, 1049, 1000 et 0999 – *attention, cela nécessite une étude géotechnique préalable précisant notamment le volume réel des matériaux en glissement.*

### Synthèse des recommandations

Prévention et contrôle des installations	Instrumentation et mesures
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stopper immédiatement la mise en surcharge des terrains</li> <li>• Vérifier les réseaux d'assainissement et de drainage</li> <li>• Conserver et ajouter des panneaux d'alerte sur le front de mer</li> <li>• Augmenter le volume des enrochements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer une fréquence annuelle de relève des déformations dans les deux tubes inclinométriques en place</li> <li>• Renforcer le dispositif de surveillance du glissement (pluviomètres, piézomètres, inclinomètres)</li> <li>• Réaliser un carottage au droit de I2</li> <li>• Effectuer des mesures de vibration avenue du Littoral</li> </ul>

## 4. ANNEXES

### 4.1 Bibliographie

- Arnaud L., Mardhel V., Couëffé R., Tourlière B., *Atlas hydrogéologique numérique du Calvados. Volet cartographique*. Rapport BRGM/RP-55670-FR, octobre 2007, 150 p., 83 illustrations, 1 annexe.
- Cerema, *Dynamiques et évolution du littoral – Fascicule 3 : Synthèse des connaissances du cap d'Antifer au cap de la Hague*, 2019, Collection : Connaissances, ISBN : 978-2-37180-313-8.
- Cerema, *Relevé d'instrumentation – Mont Canisy – Bénerville-sur-Mer (14)*. Rapport 19RR0162, septembre 2020.
- CETE Normandie Centre, *Étude de stabilité des terrains*. Rapport n°3523, mars 1998.
- Couëffé R., Arnaud L., Choutier J-P., Lebret P., Pasquet J-F., Hugot V. avec la collaboration de R. Chasseigne, M. Duriez et S. Javelle, *Inventaire préliminaire des mouvements de terrain du département du Calvados (Basse-Normandie)*. Rapport final. Rapport BRGM/RP-54388-FR, décembre 2005, 148 p., 6 fig., 7 tabl., 8 ann, 1 pl. hors texte.
- DORE F., *Guide géologique régional de la Normandie et du Maine*. Ed. Masson, 2002.
- Infoclimat.fr, <https://www.infoclimat.fr/stations-meteo/analyses-mensuelles.php>.
- Ifsttar-LCPC, *Prévention et stabilisation des glissements de terrains : conception, mise en œuvre et maintenance des dispositifs*, Guide technique, ISBN 978-2-7208-2585-9, 161 p., 2010.
- LRPC de Rouen, *Bénerville-sur-Mer – Mesures inclinométriques de juillet 1998, mai 1999 et avril 2000*. Rapport n°3522, mai 2000.
- LRPC de Rouen, *Bénerville-sur-Mer – Mesures inclinométriques de septembre 2005*. Rapport n°10090, octobre 2005.
- Maquaire O., *Expertise Projet PPR Bennerville Mont Canisy Calvados*, 2000 ; extrait du Plan de Prévention des Risques mouvements de terrain, Annexes, Avis technique – rapport, 2002.
- Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Touques, *La Touques*, <http://www.smbvt.fr/le-bassin-versant-de-la-touques/la-touques/>, article consulté le 21/04/2021.

### 4.2 Documents annexes

- **Annexe 1** : Éléments fournis par le SML de la DDTM 14 en février 2021
- **Annexe 2** : Note du 04 mai 2021
- **Annexe 3** : Cartographies d'aléa des PPR mouvements de terrain du Mont Canisy (2002) et du versant nord du Mont Canisy (2007)
- **Annexe 4** : Coupe du sondage SC1 et diagraphies RAN effectuées en 1998
- **Annexe 5** : Fiches des masses d'eau souterraine FRHG213 et FRHG308
- **Annexe 6** : Données brutes des relevés inclinométriques depuis 1998

## **ANNEXE 1**

**Éléments fournis par le SML de la DDTM14 en février 2021**



BENERVILLE-SUR-MER – Constat du 16/02/2021  
Sylvie PERENNEC – Nicolas JOUBERT - DDTM14/SML

Perré en enrochement sur DPM au profit de l'ASA de DCM de BENERVILLE-EST (CUD1997). Sur plusieurs sections, la partie inférieure du perré semble poussée par les terres (blocs désorganisés).

Propriété de M. Vilgrain, villa l'Abbaye. Affaissement lent mais continu (4 mm par jour). Faille longitudinale sur la partie engazonnée

Affaissement important récent en partie supérieure de la falaise



















## **ANNEXE 2**

**Note du 04 mai 2021**

## Normandie-Centre

**Affaire suivie par :**

Anaïs Daburon  
Tél. : 0235688186 / 0664005789  
anais.daburon@cerema.fr  
Service : DGI / Géosciences  
Réf. : 20-NC-0675

**Note à l'attention de**

M.Valéry Collin  
Service Urbanisme et Risques  
DDTM 14  
10 boulevard du Général Vanier  
14052 CAEN 04

**Le Grand-Quevilly, le 21 avril 2021**

**Objet :** compte-rendu de visite  
**PJ :** planche photographique

### **Compte-rendu de la visite de terrain du 14/04/2021 à Bénerville-sur-Mer**

Le Cerema est intervenu à Bénerville-sur-Mer le mercredi 14/04/2021 pour relever les inclinomètres et inspecter les indices de glissement de terrain signalés par le SML de la DDTM 14 en février 2021.

#### **1 - Entretien et relève des inclinomètres**

Les tubes inclinométriques implantés sur le terrain de tennis de la propriété située au n°80 avenue du Littoral (I1) et sur la chaussée rue de l'Église (I2) ont d'abord été inspectés visuellement (passage caméra) et lavés (voir planche photographique, figures 1 et 2).

Les inclinomètres sont dans un état correct et ne sont *a priori* pas affectés par un cisaillement majeur sur leur profondeur (environ 30 mètres). Les mesures de déformation relevées montrent des déformations mineures sur l'ensemble de la hauteur du tube I1 et une relative stabilité du tube I2. Elles sont en cours d'analyse pour comprendre s'il y a des corrélations entre les profondeurs de déformations et les couches géologiques présentes.

#### **2 - Indices de glissement de terrain**

Suite aux localisations d'indices de glissement détectés par le SML en février 2021, les agents du Cerema ont inspecté les parcelles des particuliers situées aux numéros 70 et 80 avenue du Littoral.

##### **2.1 - Propriété du n°70 avenue du Littoral**

Les habitants ont observé l'apparition d'une fissure ouverte dans le sol, dans la partie basse de la propriété. Cette fissure, d'orientation générale nord-est / sud-



ouest, s'étend sur plusieurs dizaines de mètres et présente une ouverture horizontale moyenne de 20 cm et un rejet vertical moyen de 20 cm (figures 3 et 4).

Côté mer, l'ensemble du linéaire de la propriété est protégé en pied par des enrochements. Ces enrochements présentent un bombement (figure 5). Le front de talus au-dessus des enrochements est constitué de matériaux hétérogènes non-consolidés (déchets végétaux, matériaux de construction, etc. - figure 6).

L'ensemble de la propriété comporte un système de drainage des terrains superficiels : l'eau est stockée dans une mare artificielle dont l'excédent est rejeté en mer (figure 7).

## **2.2 - Propriété du n°80 avenue du Littoral**

En contrebas du terrain de tennis, de nombreuses fissures et « marches » témoignent de mouvements de terrain récents (figures 8 et 9). En partie basse de la propriété, côté mer, un grand glissement de terrain a eu lieu récemment. En témoignent les ganivelles couchées dans le talus et le recouvrement partiel des enrochements par les terrains glissés (figures 10 et 11).

En partie haute de la propriété, sur le gazon devant la maison, la présence d'une fracture au sol de plusieurs mètres de longueur (figure 12) corrobore les observations faites sur le secteur en contrebas.

## **2.3 - Observations depuis la plage**

Le linéaire en contrebas des propriétés des n°70 à 96 est protégé en pied par des enrochements. Ces derniers semblent en bon état, bien qu'un léger bombement soit visible au droit de la propriété du n°70. Le niveau de la plage ne semble pas particulièrement abaissé, la base des enrochements n'étant pas creusée.

Des glissements de terrains sont visibles sur l'ensemble des parcelles, notamment au droit des n°82 et 96, où les terrains glissés ont complètement recouvert les enrochements (figures 13 et 14).

## **3 - Suites à donner**

L'ensemble des indices géomorphologiques relevés témoignent de glissements superficiels récurrents. D'après nos informations, les phénomènes ont été amplifiés en début d'année 2021 suite aux fortes pluies de l'hiver. De grands glissements récents sont en effet visibles depuis la plage au droit des propriétés situées aux n°80 à 96. Leur déclenchement, suite aux fortes pluies hivernales, semble en lien avec les eaux continentales (ruissellement et nappes d'eaux souterraines).

Pour compléter ce premier diagnostic, il est nécessaire que les agents du Cerema puissent visiter les parcelles situées aux n°82 et 96. Il s'agit des propriétés ayant été les plus impactées par les glissements de l'hiver 2020-2021. De plus, suite au dépouillement des mesures inclinométriques qui montrent des déformations du tube I1 (terrain de tennis), des vérifications en amont des propriétés s'imposent pour relever d'éventuels indices de surface pouvant témoigner d'un départ de glissement profond de plus grande ampleur. Ces observations amèneront le modèle géologique (corrélations entre la géologie connue et les déformations) en cours de construction.

**Anais Daburon**  
**Chargée d'études risques naturels**



## Planche photographique



Figure 1 : Mesure inclinométrique dans le tube I1 (terrain de tennis).



Figure 2 : Lavage du tube inclinométrique I2 (rue de l'Église).



Figure 3 : Fissure au sol NE-SW d'environ 70 m de longueur, en contrebas du n°70.



Figure 4 : Détail de la fissure (rejet vertical de 20 cm).



Figure 5 : Enrochements déformés au droit de la propriété du n°70.



Figure 6 : Talus en front de mer, au-dessus des enrochements, devant la propriété n°70.



Figure 7 : Drain de rejet de l'excédent d'eaux pluviales de la propriété du n°70.



Figure 8 : Rejet vertical d'environ 25 cm en contrebas du terrain de tennis du n°80.



*Figure 9 : Fissure au sol ouverte présentant un rejet horizontal d'environ 10 cm en contrebas de la propriété du n°80.*



*Figure 10 : Ganivelles couchées en pied du glissement de terrain observé au droit de la propriété du n°80.*



*Figure 11 : Enrochements partiellement recouverts par les terrains glissés au droit de la propriété du n°80.*



*Figure 12 : Fracture au sol d'un rejet vertical d'environ 20 cm entre le terrain de tennis et la maison de la propriété du n°80.*



*Figure 13 : Enrochements recouverts par les terrains glissés au droit du n°82.*



*Figure 14 : Talus et enrochements recouverts au droit des n°82 et 96.*

## **ANNEXE 3**

**Cartographies d'aléa des PPR mouvements de terrain**

**du Mont Canisy (2002)**

**et du versant nord du Mont Canisy (2007)**

Vu pour être annexé à  
l'arrêté du 20 DEC. 2002  
Le Préfet,

# CARTE DES ALEAS

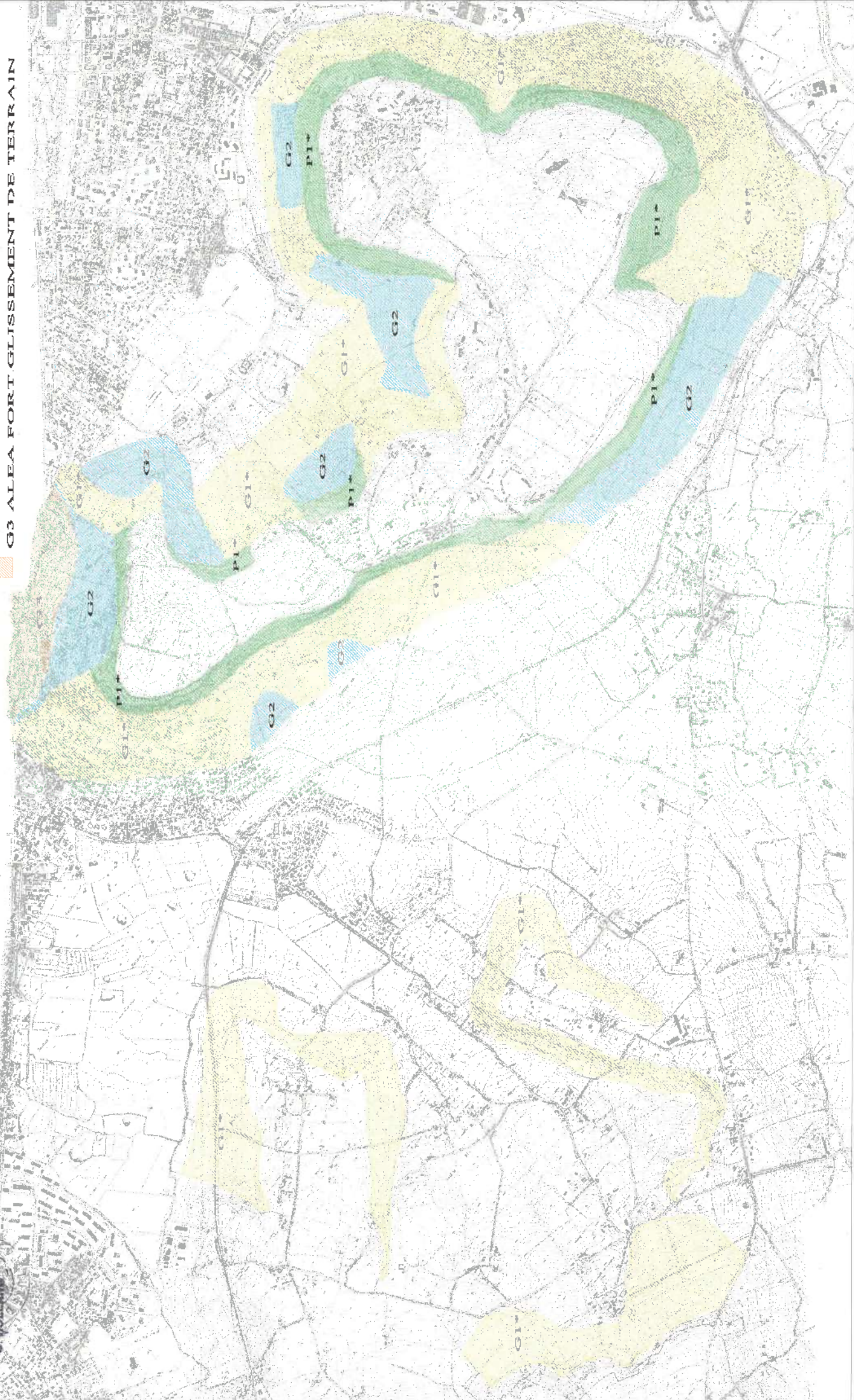
ECHELLE 1/15000

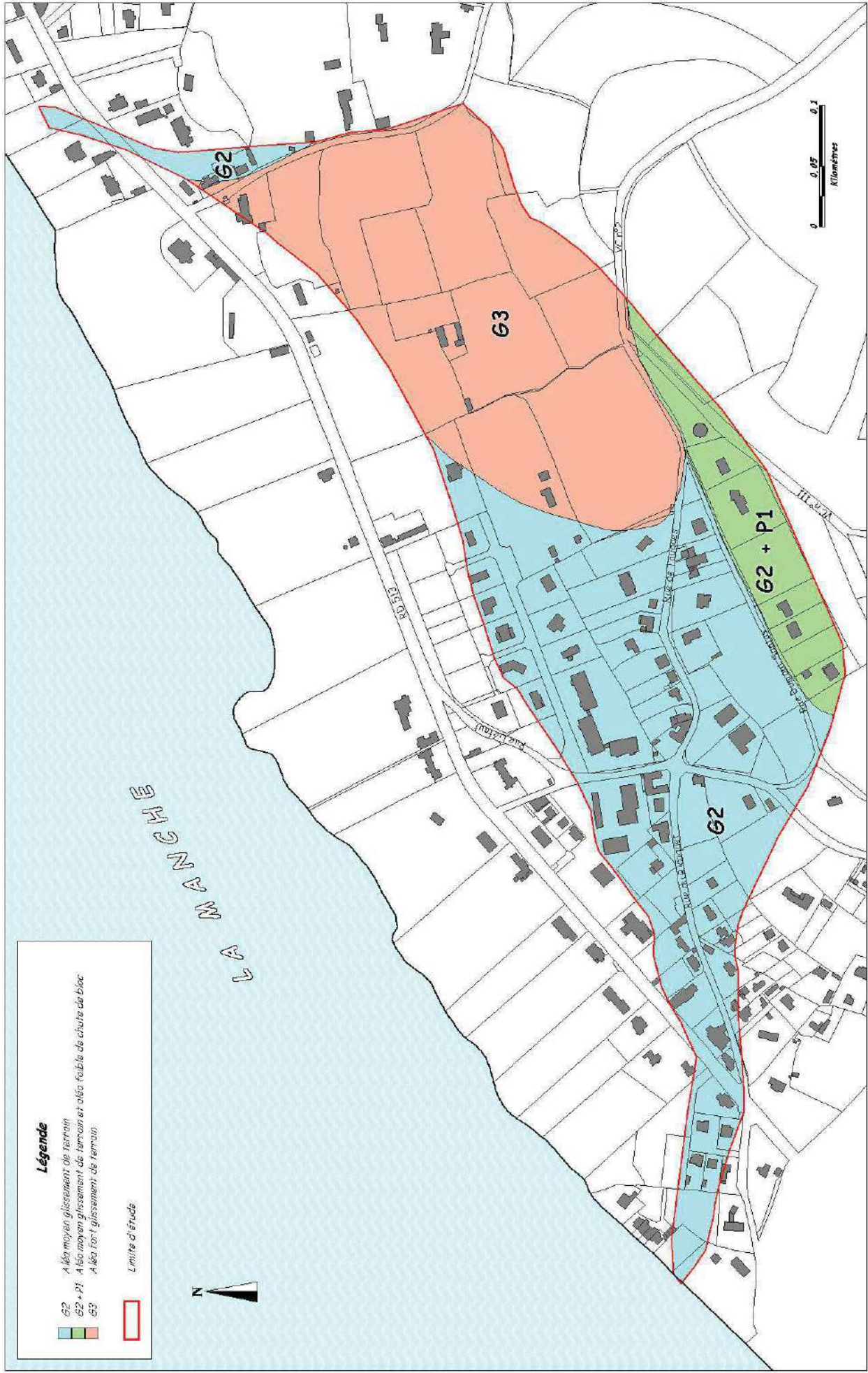
POUR CONSTAT CONFIRMÉ  
Par le Préfet de la Région  
Languedoc-Roussillon  
D. L. 2002. 12. 20



## PIDIER CULTIVÉS

- G1\* ALEA FAIBLE GLISSEMENT DE TERRAIN
- P1\* ALEA FAIBLE CHUTE DE BLOCS
- G2 ALEA MOYEN GLISSEMENT DE TERRAIN
- G3 ALEA FORT GLISSEMENT DE TERRAIN







## **ANNEXE 4**

**Coupe du sondage SC1 et diagraphies RAN**

**effectués en 1998**

# SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE CAROTTE

conforme à la norme XP P 94-202

AFFAIRE : 3522	SONDAGE : <b>SC1 I1</b>	X :
CHANTIER : Villa DEBORAH (tennis)	DATE : 1998	Y :
DEMANDEUR : Mairie de Bénerville-sur-Mer	SONDEUR : LRPC de Rouen	Z : IGN69

Cote IGN69	Prof. (m)	Nature des terrains	Niveau d'eau	Indice net de carottage IC (%)			Taux de carottage TC (%)			Indice de fracturation RQD (%)				Fréquence de discontinuités FD				Machine	Outil	Tubage	Fluide	Dates	Equipement	Prélèvement	Observations		
				0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	5	10	15	20										
0.0	0.0	Marnes brunes à galets calcaires																									
-2.0	2.0	Calcaire blanchâtre micritique peu consolidé																									
-4.6	4.6																										
-5.1	5.1	Calcaire corallien vacuolaire																									pas de récup.
-6.1	6.1	Calcaire micritique blanchâtre																									mauvaise récup.
-6.7	6.7	Quelques blocs de calcaire corallien rougeâtre très recristallisés																									mauvaise récup.
-8.2	8.2	Calcaire corallien massif vacuolaire																									
-9.6	9.6	Calcaire micritique blanchâtre bioclastique à polypiers dispersés, quelques radioles, quelques oolites dispersées et gastropodes																									
-12.3	12.3	Passée de polypiers et gastropodes																									
-12.6	12.6	Calcaire micritique blanchâtre bioclastique à polypiers dispersés, quelques radioles, quelques oolites dispersées et gastropodes																									
-14.1	14.1	Calcaire bioclastique recristallisé à polypiers dispersés																									mauvaise récup.
-15.0	15.0																										pas de récup.
-15.6	15.6	Calcaire bioclastique et oolitique jaunâtre, polypiers dispersés, moules internes de gastropodes. Base coral rag ?																									
-16.7	16.7	Calcaire oolitique massif jaunâtre																									
-17.7	17.7	Plus argileux : calcaire oolitique à passées argileuses et bioturbation - à 18,10 m : passées de sable fin quartzueux très bien classé																									
-18.4	18.4																										

COMMENTAIRES

Système de coordonnées : LAMBERT I NORD

LRPC de Rouen - 10 chemin de la poudrière - BP 245 - 76121 Le Grand Quevilly Cedex - Tél. : 02 35 68 88 48 - Fax : 02 35 68 81 88

# SONDAGE DE RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE CAROTTE

conforme à la norme XP P 94-202

AFFAIRE : 3522	SONDAGE : <b>SC1 I1</b>	X :
CHANTIER : Villa DEBORAH (tennis)	DATE :	Y :
DEMANDEUR : Mairie de Bénerville-sur-Mer	SONDEUR : LRPC de Rouen	Z : IGN69

Cote IGN69	Prof. (m)	Nature des terrains	Niveau d'eau	Indice net de carottage IC (%)			Taux de carottage TC (%)			Indice de fracturation RQD (%)			Fréquence de discontinuités FD			Machine	Outil	Tubage	Fluide	Dates	Equipment	Prélèvement	Observations
				0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	5	10								
-19.4	19.4	Calcaire argileux grise oolithe bioclastique, à 19,80 m : nodule calcaire bioclastique recristallisé																					
-20.3	20.3	Marnes grises homogènes - aspect destructuré (petits cisaillements) - à 21,4 m : niveau millimétrique d'oolites ferrugineuses et galets d'oolites ferrugineuses																					
-21.4	21.4	Marnes grises massives (rares bioclastes pyriteux)																					
-23.9	23.9	Marnes grises homogène avec coquilles de bivalves blanchâtres ou à enduit pyriteux plus grises																					
-25.0	25.0	Marnes à ammonites pyriteuses G jusque 30m																					
-30.0	30.0																						

COMMENTAIRES

Système de coordonnées : LAMBERT I NORD



# DIAGRAPHIES NUCLEAIRES GAMMA - RAY

**L.R.O.P.**

Ministere de l'Equipement, des Transports, du Logement et du Tourisme  
12, Rue Teisserenc de Bort 78190 TRAPPES  
Telephone : 01.34.82.12.34  
Telecopie : 01.30.50.83.69

ETUDE : BENERVILLE S/MER - TENNIS

SONDAGE : Inclino 1

TUBAGE : PVC

Eau dans le tube : - 6.98 m

X =

Y =

Z =

DOSSIER :

DATE : 25-11-1998

Feuille : 1 / 2

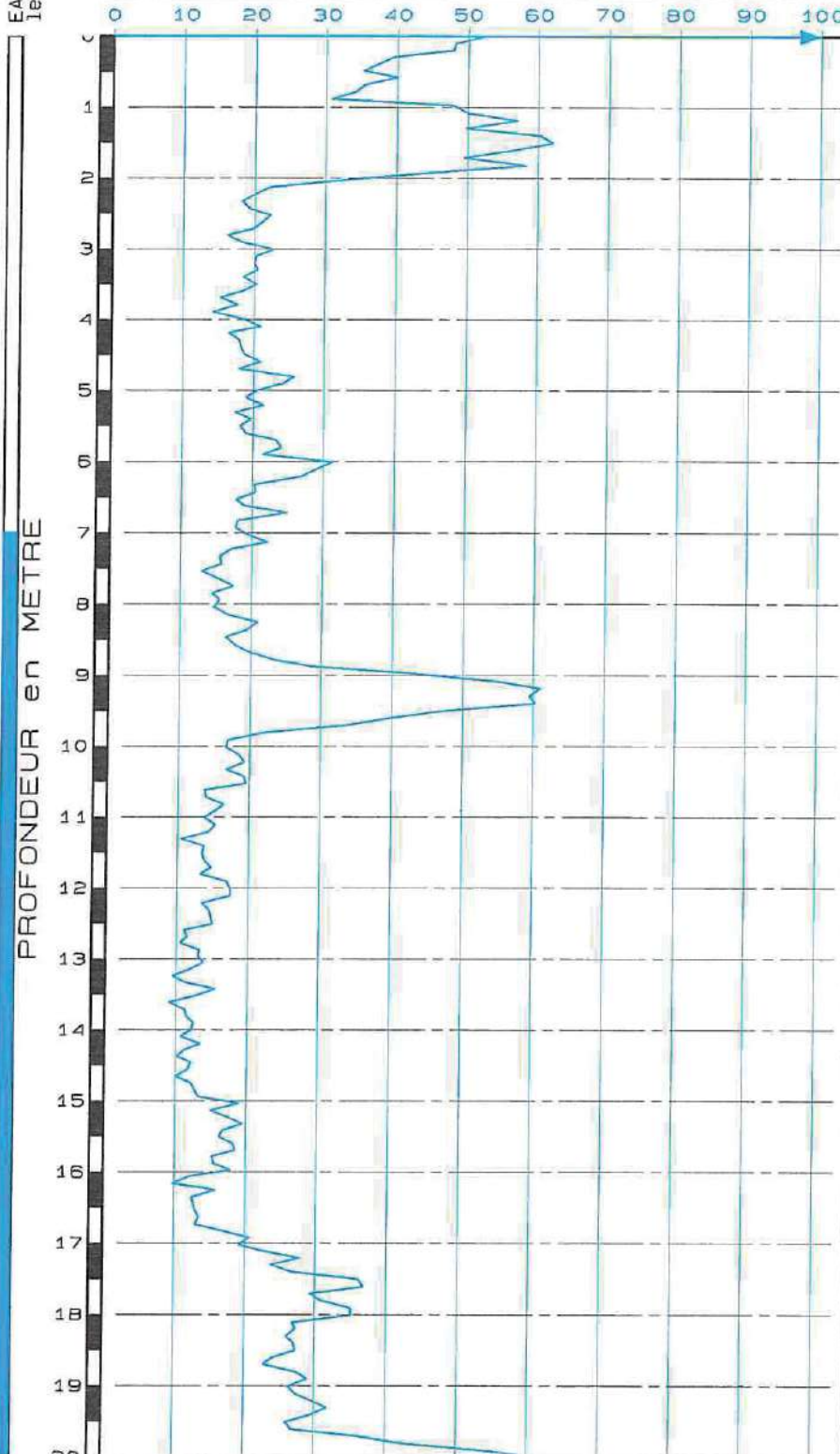
Echelle : 1 / 100

Radio-Activite Naturelle  
R.A.N. en Cps

LITHO.

COMMENTAIRES

EAU dans  
le TUBE





# DIAGRAPHIES NUCLEAIRES GAMMA - RAY

L.R.O.P.

Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement et du Tourisme  
12, Rue Teisserenc de Bort 78190 TRAPPES  
Téléphone : 01.34.82.12.34  
Télécopie : 01.30.50.83.69

ETUDE : BENEVILLE S/MER - TENNIS

X =

DOSSIER :

SONDAGE : Inclino 1

Y =

DATE : 25-11-1998

TUBAGE : PVC

Z =

Feuille : 2 / 2

Eau dans le tube : - 6.98 m

Echelle : 1 / 100

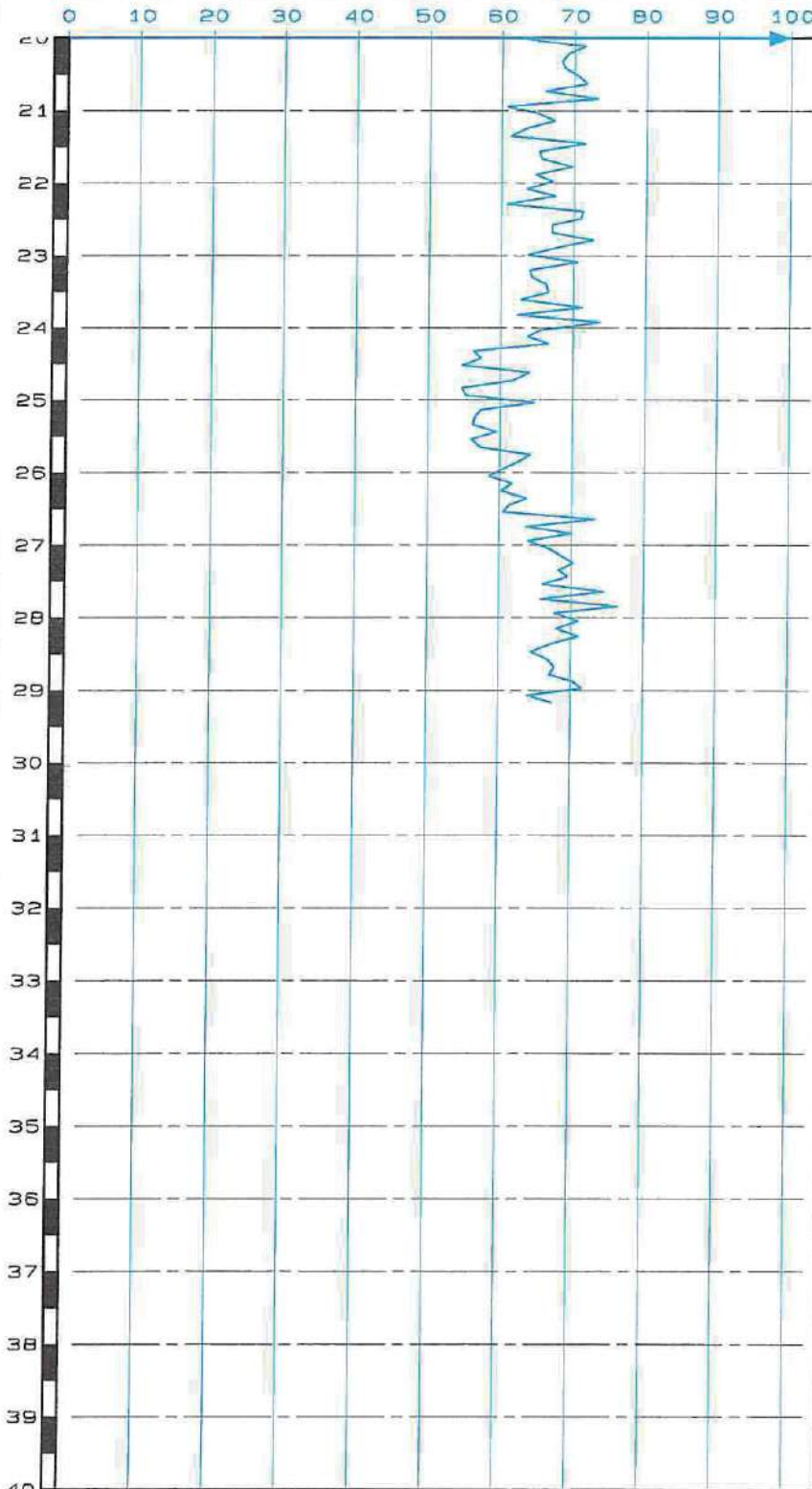
Radio-Activite Naturelle  
R.A.N. en Cps

LITHO.

COMMENTAIRES

EAU dans  
le TUBE

PROFONDEUR en METRE





# DIAGRAPHIES NUCLEAIRES GAMMA - RAY

## L.R.O.P.

Ministere de l'Equipeement, des Transports, du Logement et du Tourisme  
12, Rue Teisserenc de Bort 78190 TRAPPES  
Telephone : 01.34.82.12.34  
Telecopie : 01.30.50.83.69

ETUDE : BENEVILLE S/MER - EGLISE  
SONDAGE : Inclino 2 (SONDAGE DESTRUCTIF)  
TUBAGE : PVC  
Eau dans le tube : - 3.68 m

X =  
Y =  
Z =

DOSSIER :  
DATE : 25-11-1998  
Feuille : 1 / 2  
Echelle : 1 / 100

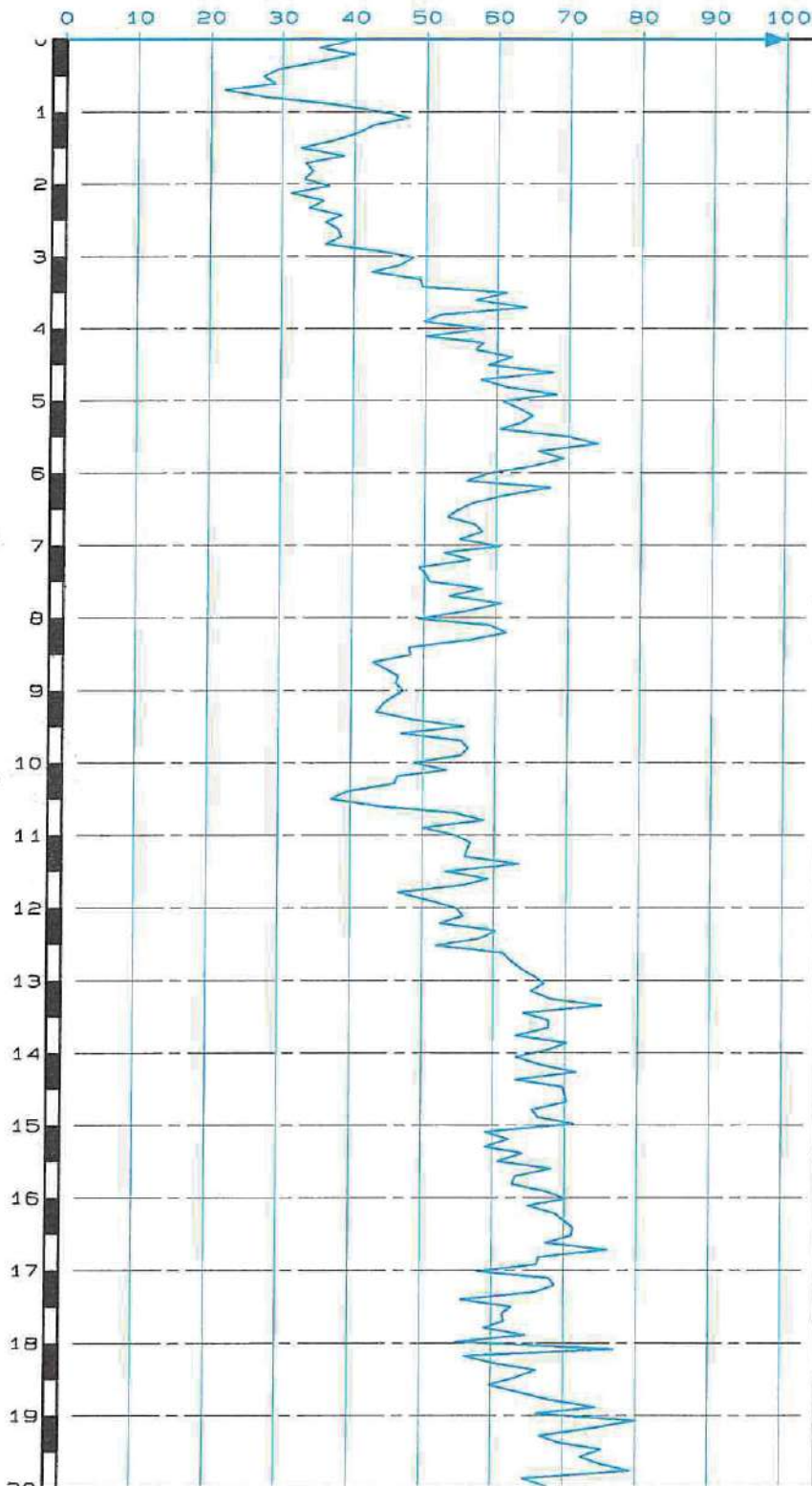
Radio-Activite Naturelle  
R.A.N. en Cps

LITHO.

COMMENTAIRES

EAU dans  
le TUBE

PROFONDEUR en METRE



COULÉE ?

==

MARNES



# DIAGRAPHIES NUCLEAIRES GAMMA - RAY

**L.R.O P.**

Ministere de l'Equipement, des Transports, du Logement et du Tourisme  
12, Rue Teisserenc de Bort 78190 TRAPPES  
Telephone : 01.34.82.12.34  
Telecopie : 01.30.50.83.69

ETUDE : **BENERVILLE S/MER - EGLISE**

X =

DOSSIER :

SONDAGE : **Inclino 2**

Y =

DATE : **25-11-1998**

TUBAGE : **PVC**

Z =

Feuille : **2 / 2**

Eau dans le tube : **- 3.68 m**

Echelle : **1 / 100**

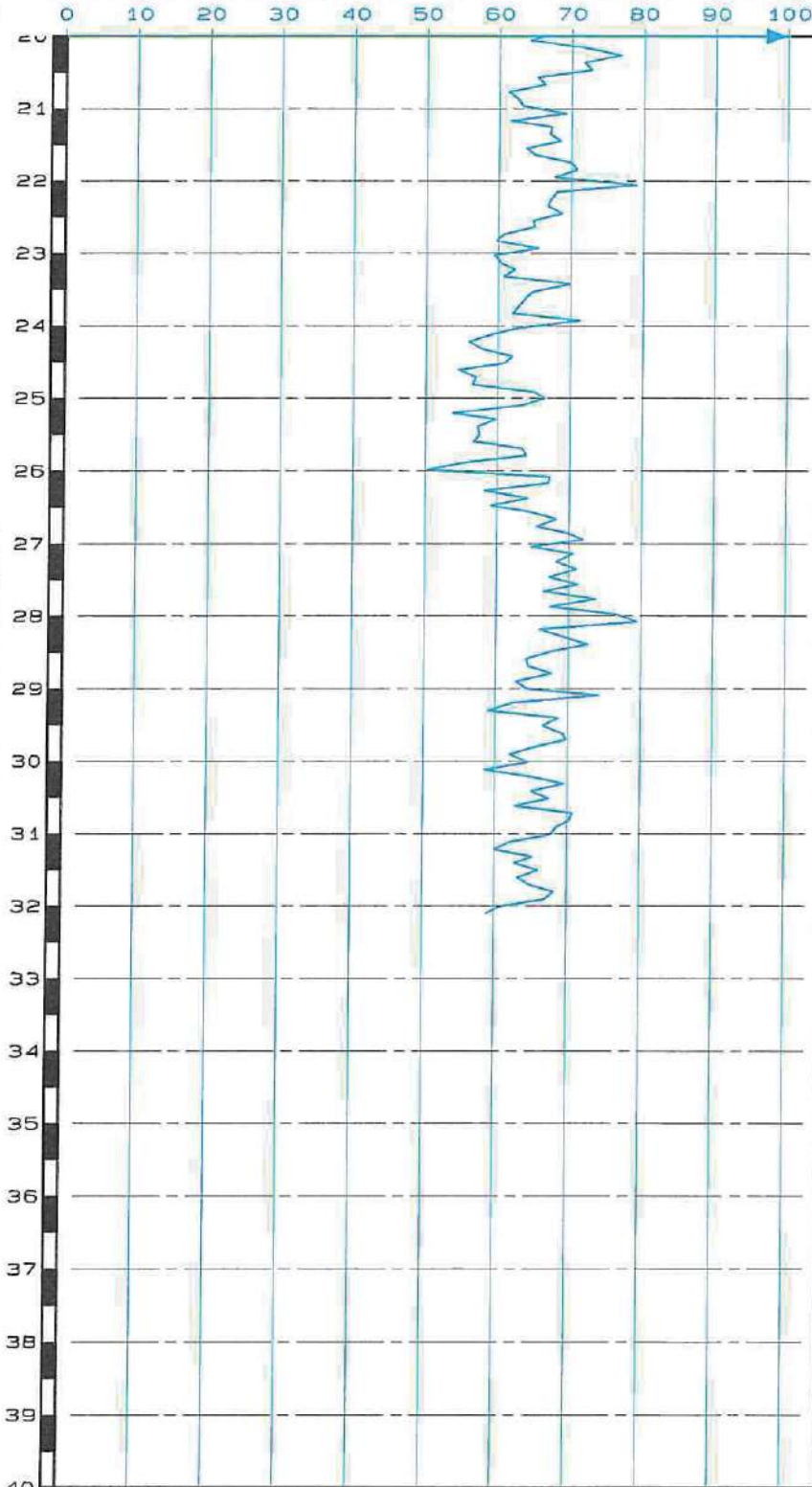
**Radio-Activite Naturelle**  
R.A.N. en Cps

LITHO.

COMMENTAIRES

EAU dans  
le TUBE

PROFONDEUR en METRE



## **ANNEXE 5**

**Fiches des masses d'eau souterraine**

**FRHG213 et FRHG308**



**Masse d'eau souterraine :3213 EU Code FRHG213**

Nouveau code national (Sandre ve1.1) : **HG213**

***Craie et marnes du Lieuvin-Ouche - Pays d'Auge - bassin versant de la Touques***



Eco-Region  
Plaines occidentales  
District  
La Seine et les cours d'eau  
côtiers normands

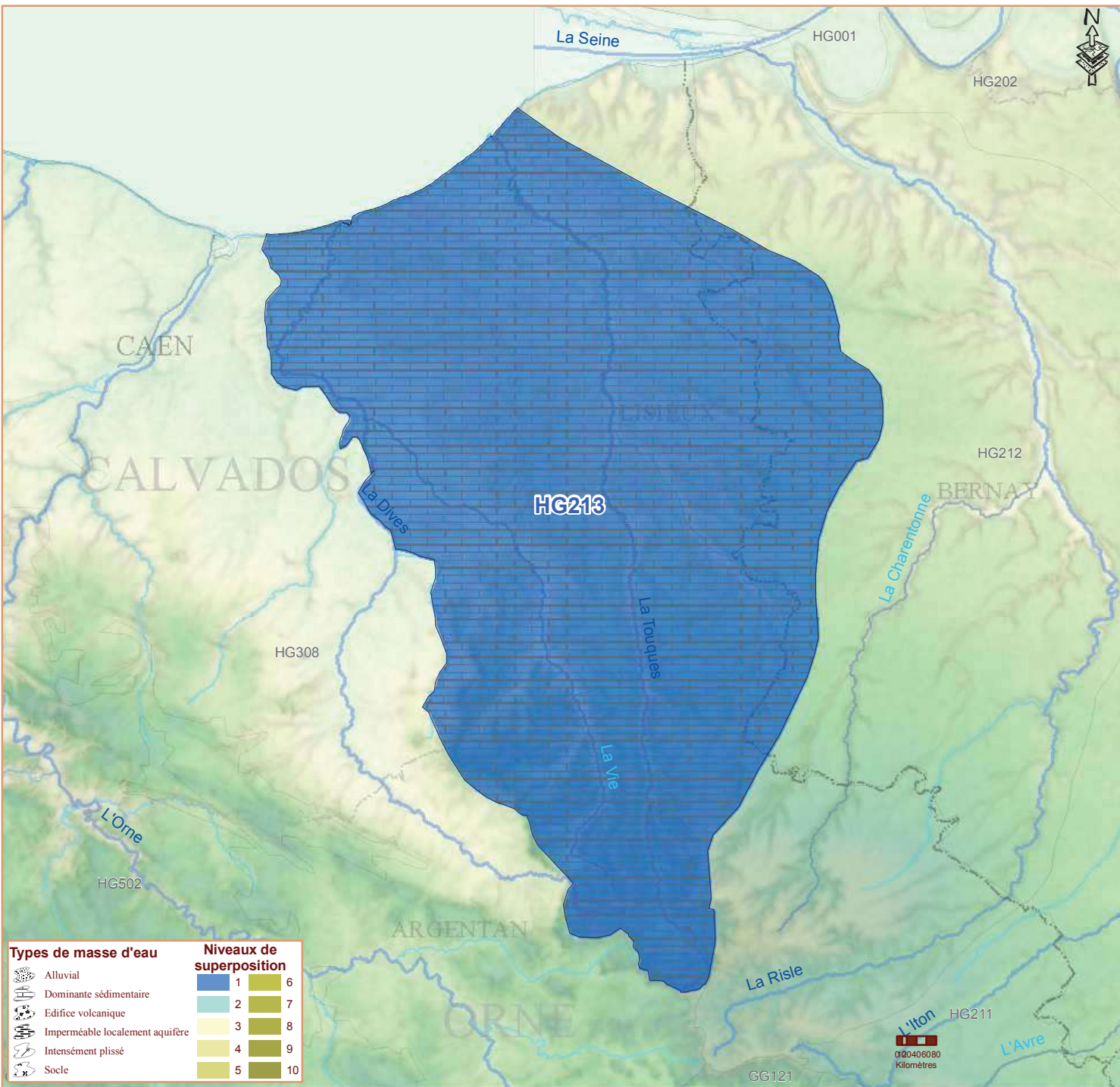
**Caractéristiques principales**

*Type* Dominante sédimentaire  
*Ecoulement* Libre et captif, majoritairement libre

Niveaux de recouvrement	
ordres	%
1	100.00%

**Caractéristiques secondaires**

		Surface en km <sup>2</sup>		
		affleurante	sous couverture	totale
<i>Karstique</i>	Y			
<i>Intrusion saline</i>	Y			
<i>Entités disjointes</i>	N	<b>2201</b>		<b>2201</b>
<i>Trans-bassin</i>	N	<i>Trans-frontière</i>		N



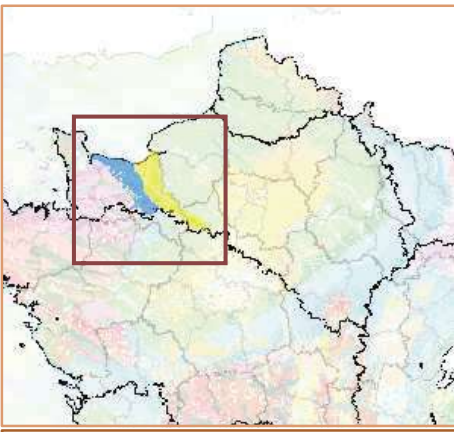
Types de masse d'eau	Niveaux de superposition
Alluvial	1
Dominante sédimentaire	2
Edifice volcanique	3
Imperméable localement aquifère	4
Intensément plissé	5
Socle	6
	7
	8
	9
	10

Commentaires

**Masse d'eau souterraine : 3308 EU Code FRHG308**

Nouveau code national (Sandre ve1.1) : **HG308**

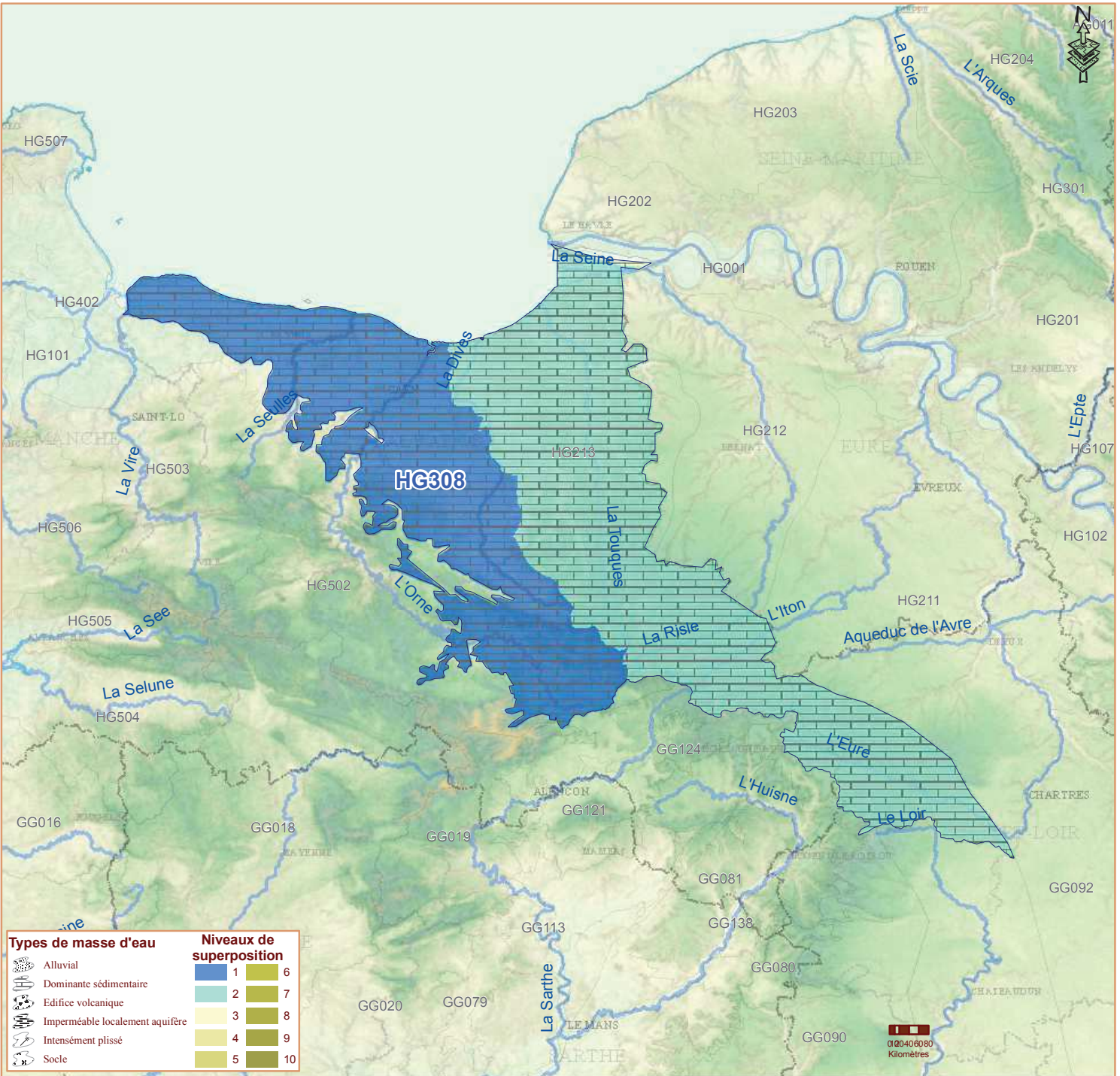
**Bathonien-bajocien de la plaine de Caen et du Bessin**



Eco-Region  
Plaines occidentales  
District  
La Seine et les cours d'eau  
côtiers normands

Caractéristiques principales				
Type	Dominante sédimentaire			
Écoulement	Libre et captif, majoritairement libre			
Caractéristiques secondaires		Surface en km <sup>2</sup>		
<i>Karstique</i>	Y	affleurante	sous couverture	totale
<i>Intrusion saline</i>	Y			
<i>Entités disjointes</i>	N	<b>2856</b>	<b>3710</b>	<b>6566</b>
<i>Trans-bassin</i>	N	<i>Trans-frontière</i>		N

Niveaux de recouvrement	
ordres	%
1	43.56%
2	56.27%
3	0.17%



Types de masse d'eau		Niveaux de superposition	
	Alluvial		1
	Dominante sédimentaire		2
	Edifice volcanique		3
	Imperméable localement aquifère		4
	Intensément plissé		5
	Soile		6
			7
			8
			9
			10

**Commentaires**

## **ANNEXE 6**

**Données brutes des relevés inclinométriques depuis 1998**

# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures Périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

BENERVILLE(tennis)

Tube Inclinométrie : 58

Dossier : BENERVILLE II

Sondage II

Mesure de Référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

## DEPLACEMENT PONCTUEL DU TUBE

Dist(m)	Prof(m)	DXTO	d(DXTO)	DYTO	d(DYTO)	DZTO	d(DZTO)	AMPLITUDE	d(AMPLITUDE)	AZIMUT	d(AZIMUT)	GISEMENT	d(GISEMENT)
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	rad*1000	rad*1000	(rd)	(rd)	(rd)	(rd)
0.50	0.50	0.014	+/- 0.030	-0.034	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.735	+/-0.398	-1.181	+/-0.847	0	+/- 0.005
1.00	1.00	-0.018	+/- 0.030	0.019	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.523	+/-0.545	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
1.50	1.50	0.027	+/- 0.030	-0.011	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.583	+/-0.623	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
2.00	2.00	0.014	+/- 0.030	-0.003	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.286	+/-0.623	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
2.50	2.50	0.027	+/- 0.030	0.004	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.546	+/-0.618	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
3.00	3.00	0.003	+/- 0.030	-0.004	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.100	+/-0.506	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
3.50	3.50	0.009	+/- 0.030	-0.008	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.241	+/-0.569	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
4.00	4.00	-0.022	+/- 0.030	-0.002	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.442	+/-0.612	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
4.50	4.50	-0.019	+/- 0.030	-0.021	+/- 0.009	0	+/- 0.001	0.566	+/-0.538	3.976	+/-1.001	0.013	+/- 0.031
5.00	5.00	0.013	+/- 0.030	-0.004	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.272	+/-0.626	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
5.50	5.50	-0.025	+/- 0.030	0.014	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.573	+/-0.612	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
6.00	6.00	0.021	+/- 0.030	-0.013	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.494	+/-0.605	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
6.50	6.50	-0.036	+/- 0.030	0.013	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.766	+/-0.625	2.795	+/-0.492	0.01	+/- 0.018
7.00	7.00	-0.038	+/- 0.030	-0.038	+/- 0.009	0	+/- 0.001	1.075	+/-0.553	3.927	+/-0.515	0.008	+/- 0.014
7.50	7.50	0.085	+/- 0.030	0.000	+/- 0.009	-0.001	+/- 0.000	1.700	+/-0.598	0.000	+/-0.109	-0.013	+/- 0.010
8.00	8.00	0.009	+/- 0.030	-0.008	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.241	+/-0.569	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
8.50	8.50	0.000	+/- 0.030	0.004	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.080	+/-0.185	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
9.00	9.00	-0.010	+/- 0.030	-0.013	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.328	+/-0.511	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
9.50	9.50	0.016	+/- 0.030	-0.001	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.321	+/-0.608	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
10.00	10.00	-0.012	+/- 0.030	0.006	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.268	+/-0.617	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
10.50	10.50	0.044	+/- 0.030	-0.006	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.888	+/-0.617	-0.136	+/-0.297	-0.01	+/- 0.015
11.00	11.00	0.004	+/- 0.030	-0.004	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.113	+/-0.553	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
11.50	11.50	-0.018	+/- 0.030	0.003	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.365	+/-0.620	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
12.00	12.00	-0.014	+/- 0.030	-0.001	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.281	+/-0.609	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
12.50	12.50	0.004	+/- 0.030	-0.004	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.113	+/-0.553	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
13.00	13.00	0.005	+/- 0.030	0.003	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.117	+/-0.608	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000

# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures Périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

BENERVILLE(tennis)

Tube Inclinométrique : 58

Dossier : BENERVILLE II

Sondage II

Mesure de Référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

## DEPLACEMENT PONCTUEL DU TUBE

Dist(m)	Prof(m)	DXTO	d(DXTO)	DYTO	d(DYTO)	DZTO	d(DZTO)	AMPLITUDE	d(AMPLITUDE)	AZIMUT	d(AZIMUT)	GISEMENT	d(GISEMENT)
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	rad*1000	rad*1000	(rd)	(rd)	(rd)	(rd)
13.50	13.50	-0.006	+/- 0.030	0.000	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.120	+/- 0.598	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
14.00	14.00	0.016	+/- 0.030	-0.005	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.335	+/- 0.626	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
14.50	14.50	-0.003	+/- 0.030	0.001	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.063	+/- 0.625	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
15.00	15.00	0.004	+/- 0.030	0.001	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.082	+/- 0.625	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
15.50	15.50	-0.004	+/- 0.030	-0.001	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.082	+/- 0.625	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
16.00	16.00	-0.026	+/- 0.030	-0.002	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.522	+/- 0.610	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
16.50	16.50	0.055	+/- 0.030	0.001	+/- 0.009	0	+/- 0.000	1.100	+/- 0.601	0.018	+/- 0.177	-0.006	+/- 0.008
17.00	17.00	-0.007	+/- 0.030	-0.018	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.386	+/- 0.389	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
17.50	17.50	0.012	+/- 0.030	-0.001	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.241	+/- 0.611	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
18.00	18.00	0.036	+/- 0.030	-0.019	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.814	+/- 0.615	-0.486	+/- 0.543	0.007	+/- 0.010
18.50	18.50	0.018	+/- 0.030	-0.028	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.666	+/- 0.478	-1.000	+/- 0.905	0.013	+/- 0.016
19.00	19.00	-0.011	+/- 0.030	-0.031	+/- 0.009	0.001	+/- 0.000	0.658	+/- 0.374	4.371	+/- 0.950	0.016	+/- 0.017
19.50	19.50	-0.014	+/- 0.030	0.013	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.382	+/- 0.564	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
20.00	20.00	-0.009	+/- 0.030	0.082	+/- 0.009	0	+/- 0.000	1.650	+/- 0.248	1.680	+/- 0.372	-0.004	+/- 0.005
20.50	20.50	0.031	+/- 0.030	-0.015	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.689	+/- 0.619	-0.451	+/- 0.619	-0.009	+/- 0.020
21.00	21.00	0.015	+/- 0.030	-0.169	+/- 0.009	0	+/- 0.001	3.393	+/- 0.237	-1.483	+/- 0.180	0.002	+/- 0.004
21.50	21.50	0.016	+/- 0.030	0.028	+/- 0.009	0	+/- 0.001	0.645	+/- 0.457	1.051	+/- 0.947	-0.011	+/- 0.024
22.00	22.00	0.012	+/- 0.030	-0.013	+/- 0.009	0	+/- 0.001	0.354	+/- 0.541	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
22.50	22.50	-0.006	+/- 0.030	-0.051	+/- 0.009	0	+/- 0.001	1.027	+/- 0.253	4.595	+/- 0.599	0.003	+/- 0.012
23.00	23.00	0.036	+/- 0.030	-0.041	+/- 0.009	-0.001	+/- 0.001	1.091	+/- 0.533	-0.850	+/- 0.523	-0.012	+/- 0.017
23.50	23.50	0.038	+/- 0.030	0.041	+/- 0.009	-0.001	+/- 0.001	1.118	+/- 0.542	0.823	+/- 0.504	-0.014	+/- 0.017
24.00	24.00	-0.064	+/- 0.030	0.012	+/- 0.009	0.001	+/- 0.001	1.302	+/- 0.622	2.956	+/- 0.224	0.016	+/- 0.017
24.50	24.50	-0.060	+/- 0.030	-0.035	+/- 0.009	0.001	+/- 0.001	1.389	+/- 0.610	3.669	+/- 0.331	0.014	+/- 0.014
25.00	25.00	-0.005	+/- 0.030	-0.034	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.687	+/- 0.270	4.566	+/- 0.900	0.006	+/- 0.016
25.50	25.50	-0.046	+/- 0.030	-0.015	+/- 0.009	0.001	+/- 0.000	0.968	+/- 0.626	3.456	+/- 0.373	0.012	+/- 0.017
26.00	26.00	0.034	+/- 0.030	-0.032	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.934	+/- 0.562	-0.756	+/- 0.583	-0.001	+/- 0.005

# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures Périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

BENERVILLE(tennis)

Tube Inclinométrie : 58

Dossier : BENERVILLE II

Sondage II

Mesure de Référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

## DEPLACEMENT PONCTUEL DU TUBE

Dist(m)	Prof(m)	DXTO	d(DXTO)	DYTO	d(DYTO)	DZTO	d(DZTO)	AMPLITUDE	d(AMPLITUDE)	AZIMUT	d(AZIMUT)	GISEMENT	d(GISEMENT)
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	rad*1000	rad*1000	(rd)	(rd)	(rd)	(rd)
26.50	26.50	0.033	+/- 0.030	0.010	+/- 0.009	0	+/- 0.000	0.690	+/- 0.626	0.294	+/- 0.507	-0.004	+/- 0.008
27.00	27.00	0.083	+/- 0.030	-0.033	+/- 0.009	0	+/- 0.000	1.786	+/- 0.624	-0.379	+/- 0.220	0.001	+/- 0.002
27.50	27.50	0.110	+/- 0.030	-0.086	+/- 0.009	0	+/- 0.000	2.793	+/- 0.585	-0.664	+/- 0.184	0.003	+/- 0.004
28.00	28.00	0.048	+/- 0.030	0.047	+/- 0.009	0.001	+/- 0.001	1.343	+/- 0.557	0.774	+/- 0.409	0.013	+/- 0.013
28.50	28.50	-0.168	+/- 0.030	0.071	+/- 0.009	-0.003	+/- 0.001	3.648	+/- 0.623	2.741	+/- 0.111	-0.014	+/- 0.006

# MESURES INCLINOMETRIQUES

*Mesures périodiques des variations d'inclinaison  
dans un tube scellé au terrain*

BENERVILLE(tennis)

Tube inclinométrique : 58

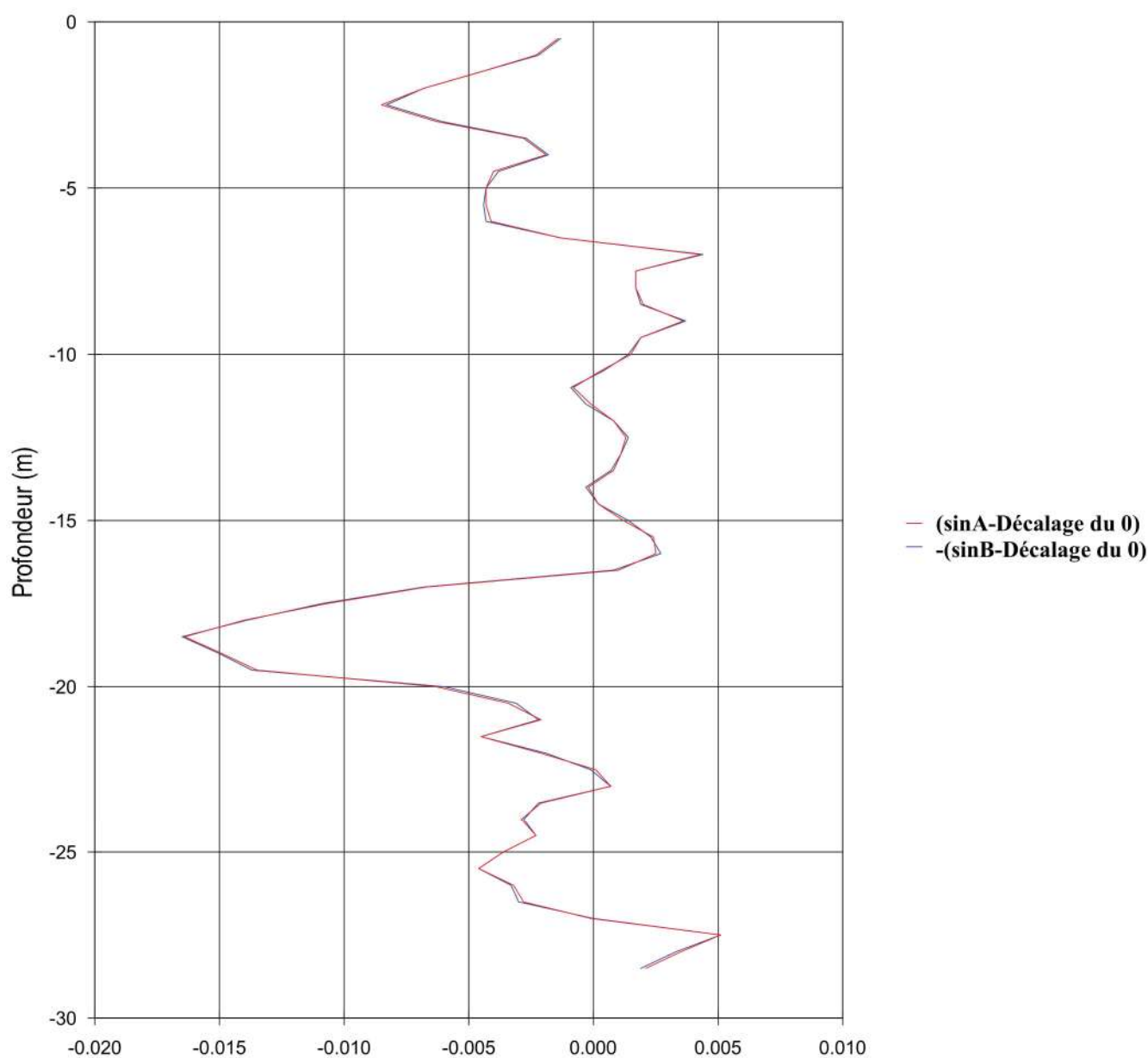
Dossier : BENERVILLE II

Mesure de référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

Sondage : II

## MESURES PONCTUELLES A 0 DEGRE, VOIE N°1 EN FONCTION DE LA DISTANCE



# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures périodiques des variations d'inclinaison  
dans un tube scellé au terrain

BENERVILLE(tennis)

Tube inclinométrique : 58

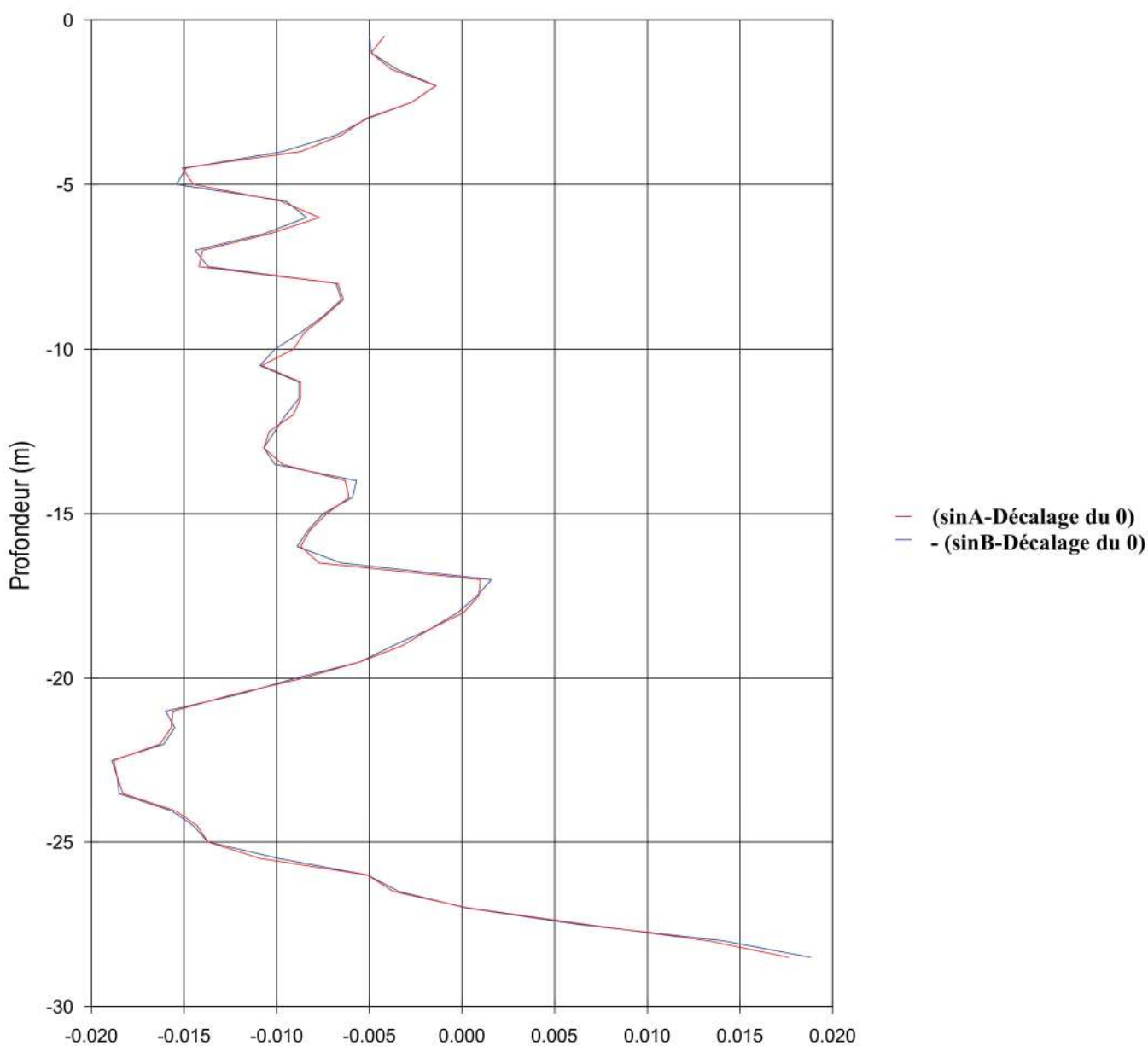
Dossier : BENERVILLE II

Mesure de référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

Sondage : II

## MESURES PONCTUELLES A 0 DEGRE, VOIE N°2 EN FONCTION DE LA DISTANCE



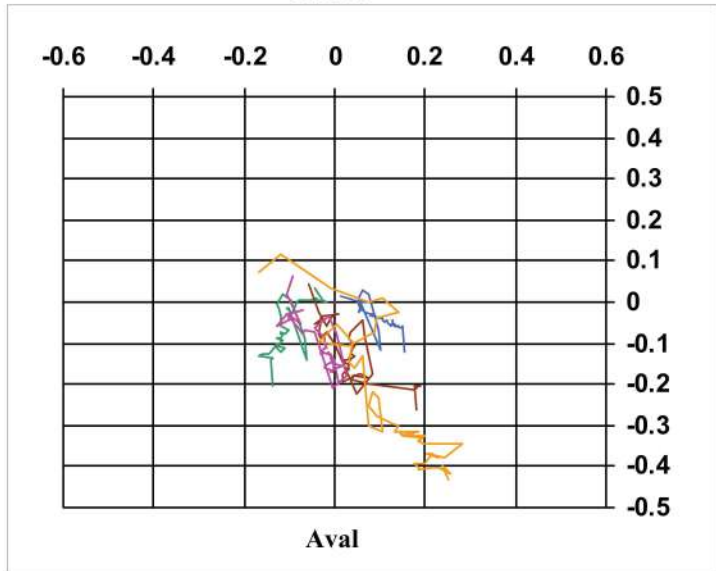


# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

## DEPLACEMENT DU TUBE ( cm )

Amont



Aval

BENERVILLE(tennis)

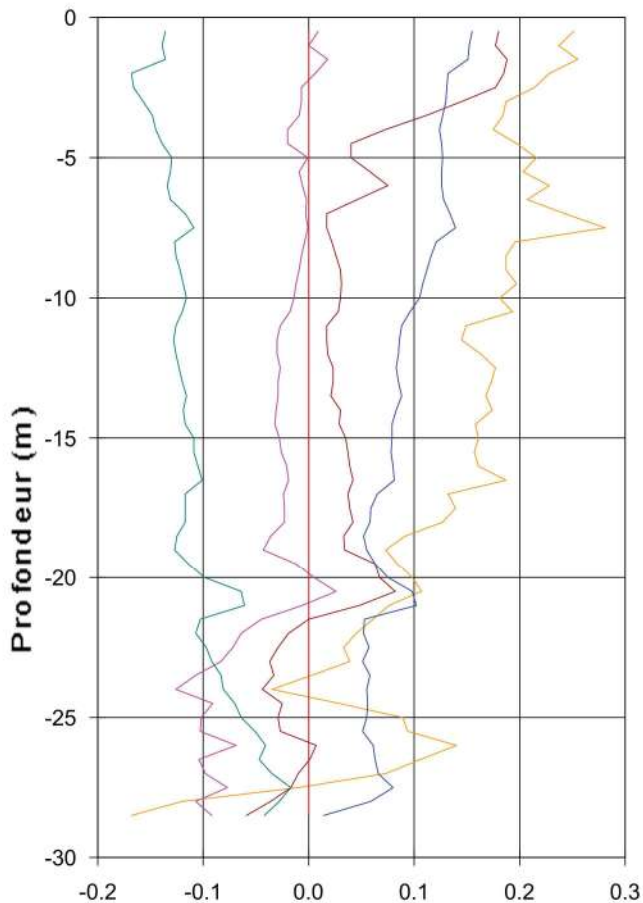
Dossier : BENERVILLE II

Sondage : II

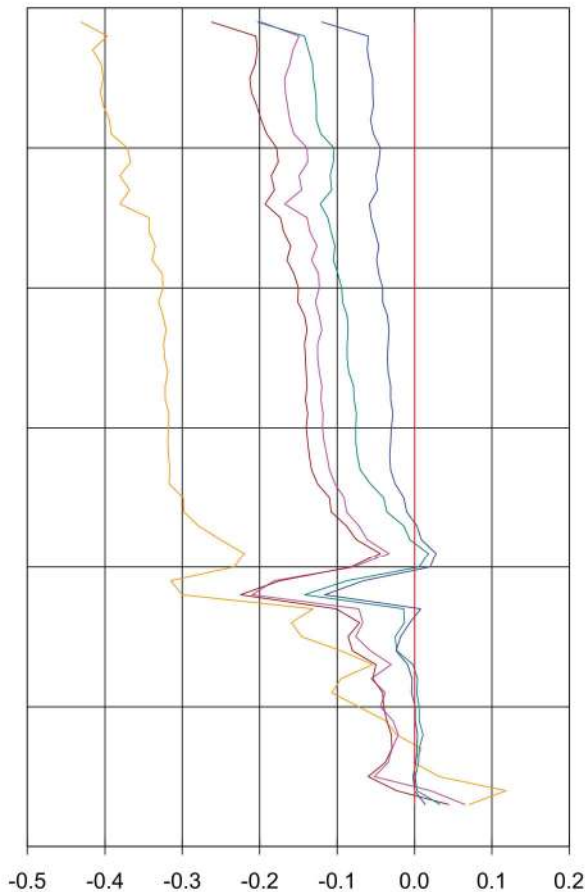
Tube inclinométrique : II

Mesure de référence : 09/07/98

## DXTO droite-gauche (en cm)



## DYTO Amont-Aval (en cm)



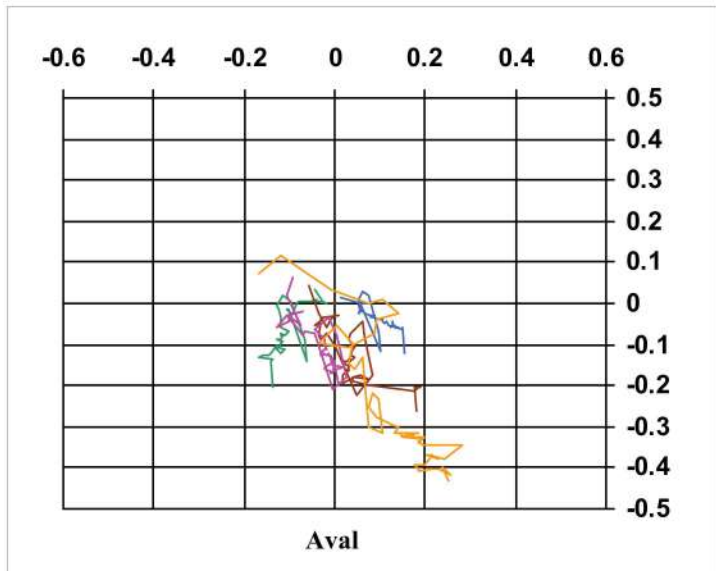
- 09/07/98
- 06/05/99
- 26/04/00
- 27/09/05 c
- 07/12/09
- 14/04/21

# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

## DEPLACEMENT DU TUBE ( cm )

Amont



Aval

BENERVILLE(tennis)

Dossier : BENERVILLE I1

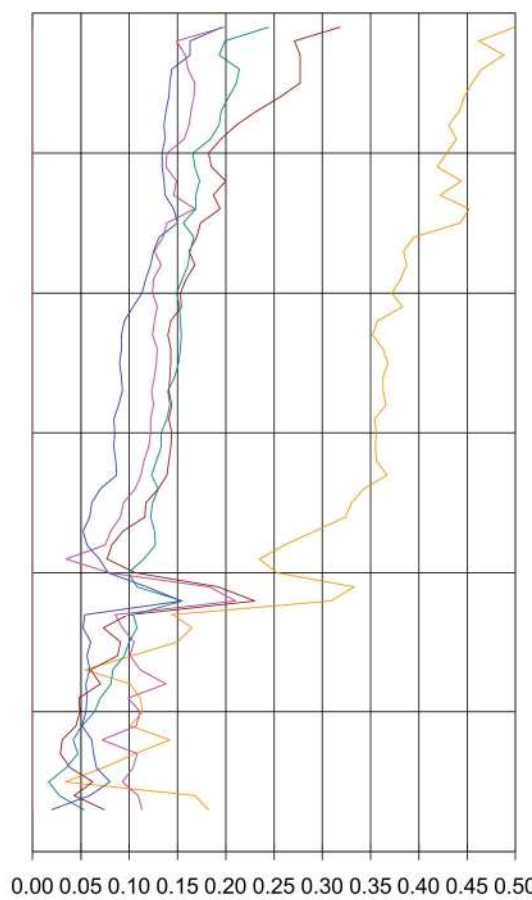
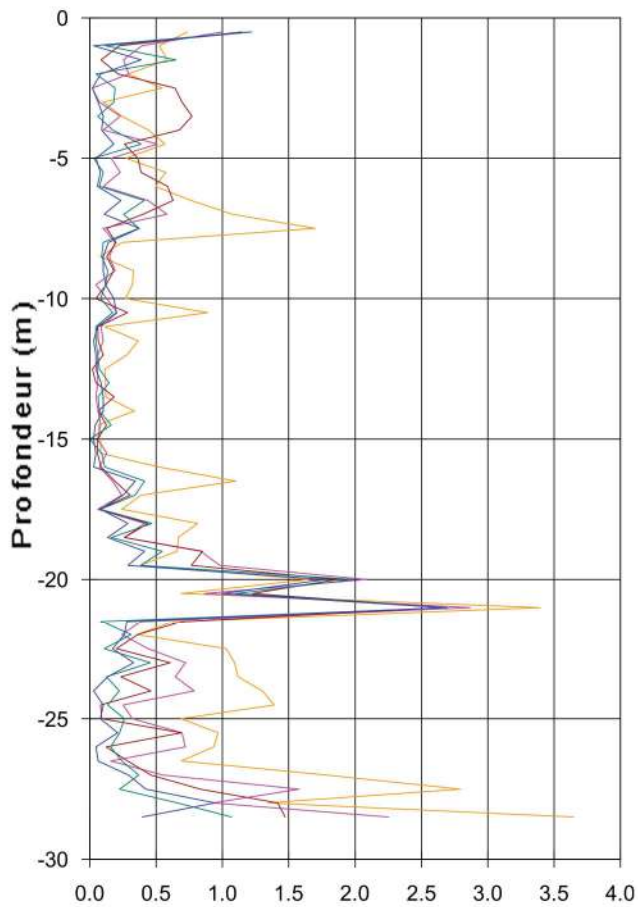
Sondage : I1

Tube inclinométrique : I1

Mesure de référence : 09/07/98

## ROTATIONS LOCALES (rd\*1000)

## MODULE DES DEPLACEMENTS CUMULES (cm)



- 09/07/98
- 06/05/99
- 26/04/00
- 27/09/05 c
- 07/12/09
- 14/04/21

# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures Périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

BENERVILLE(église)

Tube Inclinométrie : 59

Dossier : BENERVILLE I2

Sondage I2

Mesure de Référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

## DEPLACEMENT PONCTUEL DU TUBE

Dist(m)	Prof(m)	DXTO	d(DXTO)	DYTO	d(DYTO)	DZTO	d(DZTO)	AMPLITUDE	d(AMPLITUDE)	AZIMUT	d(AZIMUT)	GISEMENT	d(GISEMENT)
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	rad*1000	rad*1000	(rd)	(rd)	(rd)	(rd)
0.50	0.50	0.205	+/- 0.031	0.219	+/- 0.011	0.008	+/- 0.001	6.005	+/- 0.596	0.819	+/- 0.102	0.025	+/- 0.007
1.00	1.00	0.043	+/- 0.031	0.118	+/- 0.011	0.005	+/- 0.001	2.514	+/- 0.429	1.221	+/- 0.266	0.037	+/- 0.014
1.50	1.50	-0.016	+/- 0.031	-0.018	+/- 0.011	0	+/- 0.001	0.482	+/- 0.587	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
2.00	2.00	-0.065	+/- 0.031	-0.087	+/- 0.011	-0.002	+/- 0.001	2.173	+/- 0.558	4.071	+/- 0.294	-0.019	+/- 0.014
2.50	2.50	-0.034	+/- 0.031	-0.087	+/- 0.011	-0.002	+/- 0.001	1.869	+/- 0.440	4.339	+/- 0.358	-0.023	+/- 0.015
3.00	3.00	0.026	+/- 0.031	-0.017	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	0.621	+/- 0.650	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
3.50	3.50	0.050	+/- 0.031	0.073	+/- 0.011	0.001	+/- 0.001	1.770	+/- 0.542	0.970	+/- 0.365	0.01	+/- 0.014
4.00	4.00	-0.012	+/- 0.031	-0.025	+/- 0.011	0	+/- 0.001	0.555	+/- 0.476	4.265	+/- 1.199	-0.016	+/- 0.045
4.50	4.50	-0.032	+/- 0.031	-0.086	+/- 0.011	-0.002	+/- 0.001	1.836	+/- 0.432	4.356	+/- 0.364	-0.023	+/- 0.015
5.00	5.00	-0.002	+/- 0.031	-0.094	+/- 0.011	-0.003	+/- 0.001	1.881	+/- 0.240	4.691	+/- 0.337	-0.032	+/- 0.013
5.50	5.50	0.103	+/- 0.031	0.039	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	2.204	+/- 0.669	0.362	+/- 0.197	-0.007	+/- 0.012
6.00	6.00	0.081	+/- 0.031	0.069	+/- 0.011	0.001	+/- 0.001	2.129	+/- 0.626	0.706	+/- 0.273	0.005	+/- 0.012
6.50	6.50	-0.051	+/- 0.031	0.035	+/- 0.011	0.002	+/- 0.001	1.237	+/- 0.648	2.541	+/- 0.439	0.04	+/- 0.041
7.00	7.00	-0.161	+/- 0.031	0.031	+/- 0.011	0.005	+/- 0.001	3.280	+/- 0.661	2.953	+/- 0.104	0.032	+/- 0.016
7.50	7.50	-0.018	+/- 0.031	0.073	+/- 0.011	0.004	+/- 0.001	1.503	+/- 0.372	1.813	+/- 0.443	0.047	+/- 0.031
8.00	8.00	0.043	+/- 0.031	-0.020	+/- 0.011	-0.002	+/- 0.002	0.948	+/- 0.667	-0.433	+/- 0.496	-0.048	+/- 0.066
8.50	8.50	0.048	+/- 0.031	-0.059	+/- 0.011	-0.004	+/- 0.001	1.521	+/- 0.574	-0.887	+/- 0.416	-0.05	+/- 0.037
9.00	9.00	0.000	+/- 0.031	-0.022	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	0.440	+/- 0.227	4.712	+/- 1.431	-0.034	+/- 0.068
9.50	9.50	0.038	+/- 0.031	0.006	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	0.770	+/- 0.657	0.157	+/- 0.418	-0.015	+/- 0.038
10.00	10.00	0.074	+/- 0.031	0.042	+/- 0.011	0	+/- 0.001	1.702	+/- 0.659	0.516	+/- 0.298	-0.002	+/- 0.011
10.50	10.50	-0.026	+/- 0.031	-0.003	+/- 0.011	0	+/- 0.001	0.524	+/- 0.651	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
11.00	11.00	-0.037	+/- 0.031	0.041	+/- 0.011	0.001	+/- 0.001	1.104	+/- 0.589	2.305	+/- 0.560	0.021	+/- 0.022
11.50	11.50	0.003	+/- 0.031	0.007	+/- 0.011	0	+/- 0.000	0.152	+/- 0.456	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
12.00	12.00	0.045	+/- 0.031	-0.001	+/- 0.011	0	+/- 0.000	0.900	+/- 0.634	-0.023	+/- 0.266	-0.002	+/- 0.009
12.50	12.50	-0.045	+/- 0.031	-0.016	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.000	0.955	+/- 0.669	3.483	+/- 0.443	-0.014	+/- 0.020
13.00	13.00	-0.063	+/- 0.031	-0.034	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.000	1.432	+/- 0.661	3.636	+/- 0.347	-0.015	+/- 0.013

# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures Périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

BENERVILLE(église)

Tube Inclinométrie : 59

Dossier : BENERVILLE I2

Sondage I2

Mesure de Référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

## DEPLACEMENT PONCTUEL DU TUBE

Dist(m)	Prof(m)	DXTO	d(DXTO)	DYTO	d(DYTO)	DZTO	d(DZTO)	AMPLITUDE	d(AMPLITUDE)	AZIMUT	d(AZIMUT)	GISEMENT	d(GISEMENT)
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	rad*1000	rad*1000	(rd)	(rd)	(rd)	(rd)
13.50	13.50	-0.005	+/- 0.031	-0.020	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	0.412	+/-0.372	4.467	+/- 1.613	-0.027	+/- 0.056
14.00	14.00	0.008	+/- 0.031	0.027	+/- 0.011	0.001	+/- 0.001	0.563	+/-0.396	1.282	+/- 1.185	0.026	+/- 0.045
14.50	14.50	-0.003	+/- 0.031	0.069	+/- 0.011	0.002	+/- 0.001	1.382	+/-0.253	1.614	+/- 0.462	0.033	+/- 0.019
15.00	15.00	0.018	+/- 0.031	-0.009	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	0.402	+/-0.664	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
15.50	15.50	0.015	+/- 0.031	0.024	+/- 0.011	0	+/- 0.001	0.566	+/-0.525	1.012	+/- 1.154	0.016	+/- 0.053
16.00	16.00	-0.064	+/- 0.031	0.031	+/- 0.011	0.002	+/- 0.001	1.422	+/-0.665	2.691	+/- 0.336	0.029	+/- 0.028
16.50	16.49	-0.131	+/- 0.031	0.044	+/- 0.011	0.003	+/- 0.001	2.764	+/-0.669	2.818	+/- 0.150	0.021	+/- 0.011
17.00	16.99	-0.072	+/- 0.031	0.063	+/- 0.011	0.003	+/- 0.001	1.913	+/-0.623	2.423	+/- 0.306	0.028	+/- 0.018
17.50	17.49	0.021	+/- 0.031	0.021	+/- 0.011	0	+/- 0.001	0.594	+/-0.605	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000
18.00	17.99	0.087	+/- 0.031	-0.052	+/- 0.011	-0.002	+/- 0.001	2.027	+/-0.656	-0.539	+/- 0.255	-0.023	+/- 0.014
18.50	18.49	0.023	+/- 0.031	0.029	+/- 0.011	0.001	+/- 0.001	0.741	+/-0.568	0.900	+/- 0.855	0.022	+/- 0.030
19.00	18.99	-0.040	+/- 0.031	-0.033	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.000	1.037	+/-0.629	3.831	+/- 0.554	-0.022	+/- 0.023
19.50	19.49	-0.024	+/- 0.031	0.087	+/- 0.011	0.002	+/- 0.001	1.806	+/-0.385	1.840	+/- 0.369	0.023	+/- 0.011
20.00	19.99	0.028	+/- 0.031	0.270	+/- 0.011	0.005	+/- 0.000	5.430	+/-0.290	1.467	+/- 0.120	0.02	+/- 0.003
20.50	20.49	0.040	+/- 0.031	-0.004	+/- 0.011	0	+/- 0.000	0.804	+/-0.649	-0.100	+/- 0.358	-0.001	+/- 0.010
21.00	20.99	0.056	+/- 0.031	-0.198	+/- 0.011	-0.005	+/- 0.000	4.117	+/-0.389	-1.296	+/- 0.162	-0.023	+/- 0.004
21.50	21.49	0.139	+/- 0.031	-0.195	+/- 0.011	-0.005	+/- 0.001	4.790	+/-0.550	-0.952	+/- 0.134	-0.021	+/- 0.005
22.00	21.99	-0.153	+/- 0.031	0.051	+/- 0.011	0.001	+/- 0.001	3.226	+/-0.669	2.820	+/- 0.128	0.009	+/- 0.005
22.50	22.49	-0.111	+/- 0.031	0.229	+/- 0.011	0.003	+/- 0.000	5.090	+/-0.478	2.022	+/- 0.131	0.013	+/- 0.003
23.00	22.99	0.138	+/- 0.031	-0.078	+/- 0.011	-0.002	+/- 0.000	3.170	+/-0.659	-0.515	+/- 0.160	-0.012	+/- 0.005
23.50	23.49	0.143	+/- 0.031	-0.142	+/- 0.011	-0.003	+/- 0.000	4.031	+/-0.606	-0.782	+/- 0.150	-0.013	+/- 0.004
24.00	23.99	-0.011	+/- 0.031	-0.086	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.000	1.734	+/-0.304	4.585	+/- 0.377	-0.015	+/- 0.006
24.50	24.49	-0.051	+/- 0.031	0.000	+/- 0.011	0	+/- 0.000	1.020	+/-0.629	3.141	+/- 0.222	-0.006	+/- 0.010
25.00	24.99	-0.003	+/- 0.031	0.036	+/- 0.011	0	+/- 0.000	0.723	+/-0.277	1.654	+/- 0.894	0.012	+/- 0.016
25.50	25.49	0.051	+/- 0.031	0.019	+/- 0.011	0.001	+/- 0.001	1.089	+/-0.669	0.356	+/- 0.396	0.017	+/- 0.023
26.00	25.99	0.088	+/- 0.031	-0.103	+/- 0.011	0	+/- 0.001	2.710	+/-0.581	-0.864	+/- 0.231	-0.002	+/- 0.006

# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures Périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

BENERVILLE(église)

Tube Inclinométrie : 59

Dossier : BENERVILLE I2

Sondage I2

Mesure de Référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

## DEPLACEMENT PONCTUEL DU TUBE

Dist(m)	Prof(m)	DXT0	d(DXT0)	DYTO	d(DYTO)	DZTO	d(DZTO)	AMPLITUDE	d(AMPLITUDE)	AZIMUT	d(AZIMUT)	GISEMENT	d(GISEMENT)
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	rad*1000	rad*1000	(rd)	(rd)	(rd)	(rd)
26.50	26.49	-0.002	+/- 0.031	-0.053	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	1.061	+/- 0.250	4.674	+/- 0.601	-0.018	+/- 0.016
27.00	26.99	-0.168	+/- 0.031	0.049	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	3.500	+/- 0.668	2.857	+/- 0.112	-0.004	+/- 0.004
27.50	27.49	0.007	+/- 0.031	-0.028	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.000	0.577	+/- 0.371	-1.326	+/- 1.152	-0.02	+/- 0.021
28.00	27.99	0.087	+/- 0.031	-0.284	+/- 0.011	-0.009	+/- 0.001	5.942	+/- 0.401	-1.274	+/- 0.113	-0.03	+/- 0.004
28.50	28.49	-0.096	+/- 0.031	0.056	+/- 0.011	0.002	+/- 0.001	2.223	+/- 0.658	2.614	+/- 0.231	0.022	+/- 0.013
29.00	28.99	0.023	+/- 0.031	0.105	+/- 0.011	0.002	+/- 0.001	2.150	+/- 0.356	1.355	+/- 0.308	0.023	+/- 0.009
29.50	29.49	0.027	+/- 0.031	0.082	+/- 0.011	0.002	+/- 0.000	1.727	+/- 0.412	1.252	+/- 0.387	0.022	+/- 0.011
30.00	29.99	-0.019	+/- 0.031	0.117	+/- 0.011	0.003	+/- 0.000	2.371	+/- 0.324	1.731	+/- 0.277	0.023	+/- 0.007
30.50	30.49	-0.009	+/- 0.031	0.102	+/- 0.011	0.003	+/- 0.000	2.049	+/- 0.280	1.658	+/- 0.316	0.025	+/- 0.007
31.00	30.99	-0.028	+/- 0.031	-0.037	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.000	0.928	+/- 0.560	4.064	+/- 0.687	-0.023	+/- 0.023
31.50	31.48	0.090	+/- 0.031	-0.017	+/- 0.011	0	+/- 0.001	1.832	+/- 0.660	-0.187	+/- 0.185	-0.003	+/- 0.007
32.00	31.98	-0.014	+/- 0.031	-0.021	+/- 0.011	-0.001	+/- 0.001	0.505	+/- 0.537	100.000	+/- 100.000	100	+/- 100.000

# MESURES INCLINOMETRIQUES

*Mesures périodiques des variations d'inclinaison  
dans un tube scellé au terrain*

BENERVILLE(église)

Tube inclinométrique : 59

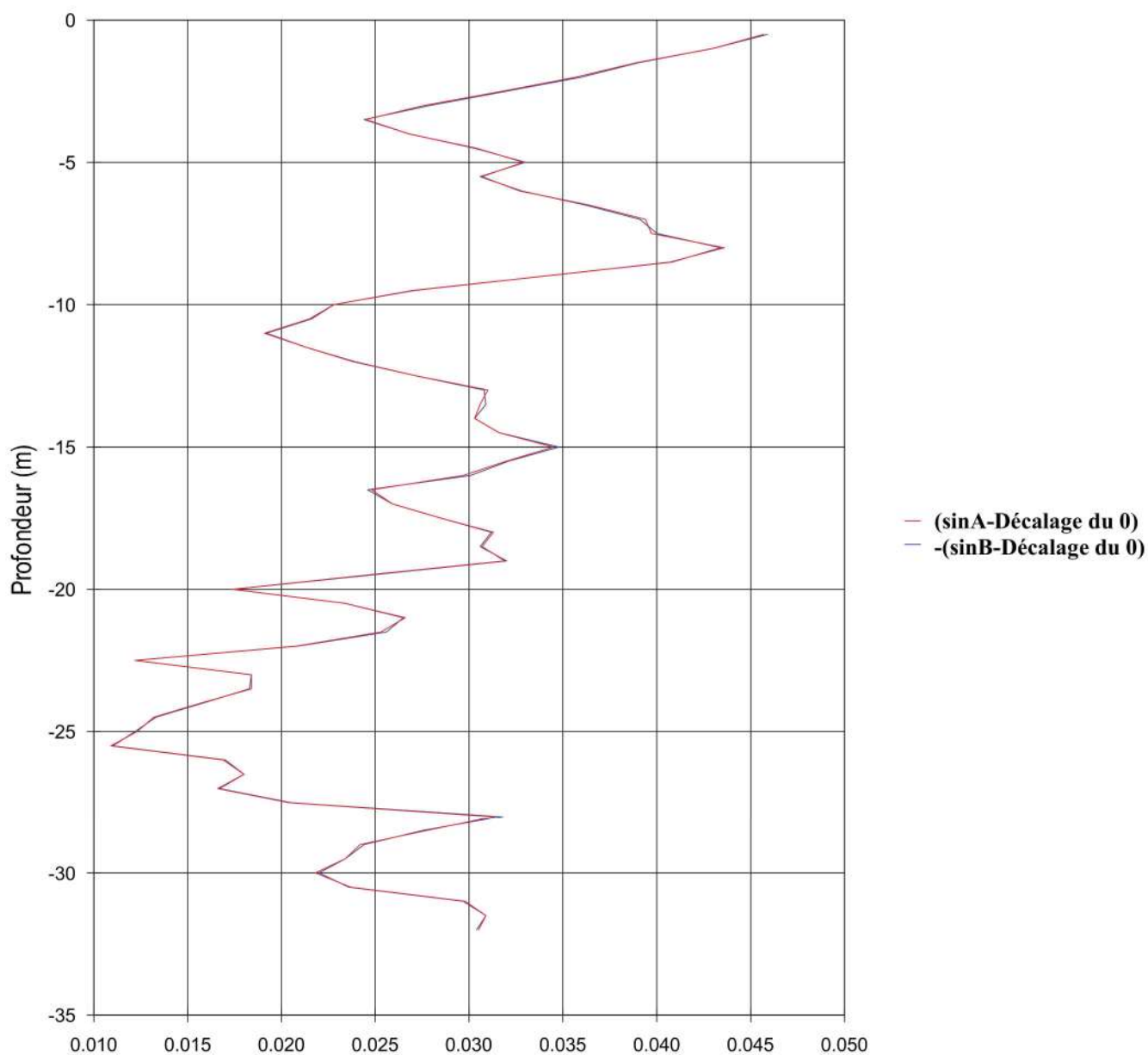
Dossier : BENERVILLE I2

Mesure de référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

Sondage : I2

## MESURES PONCTUELLES A 0 DEGRE, VOIE N°1 EN FONCTION DE LA DISTANCE



# MESURES INCLINOMETRIQUES

*Mesures périodiques des variations d'inclinaison  
dans un tube scellé au terrain*

BENERVILLE(église)

Tube inclinométrique : 59

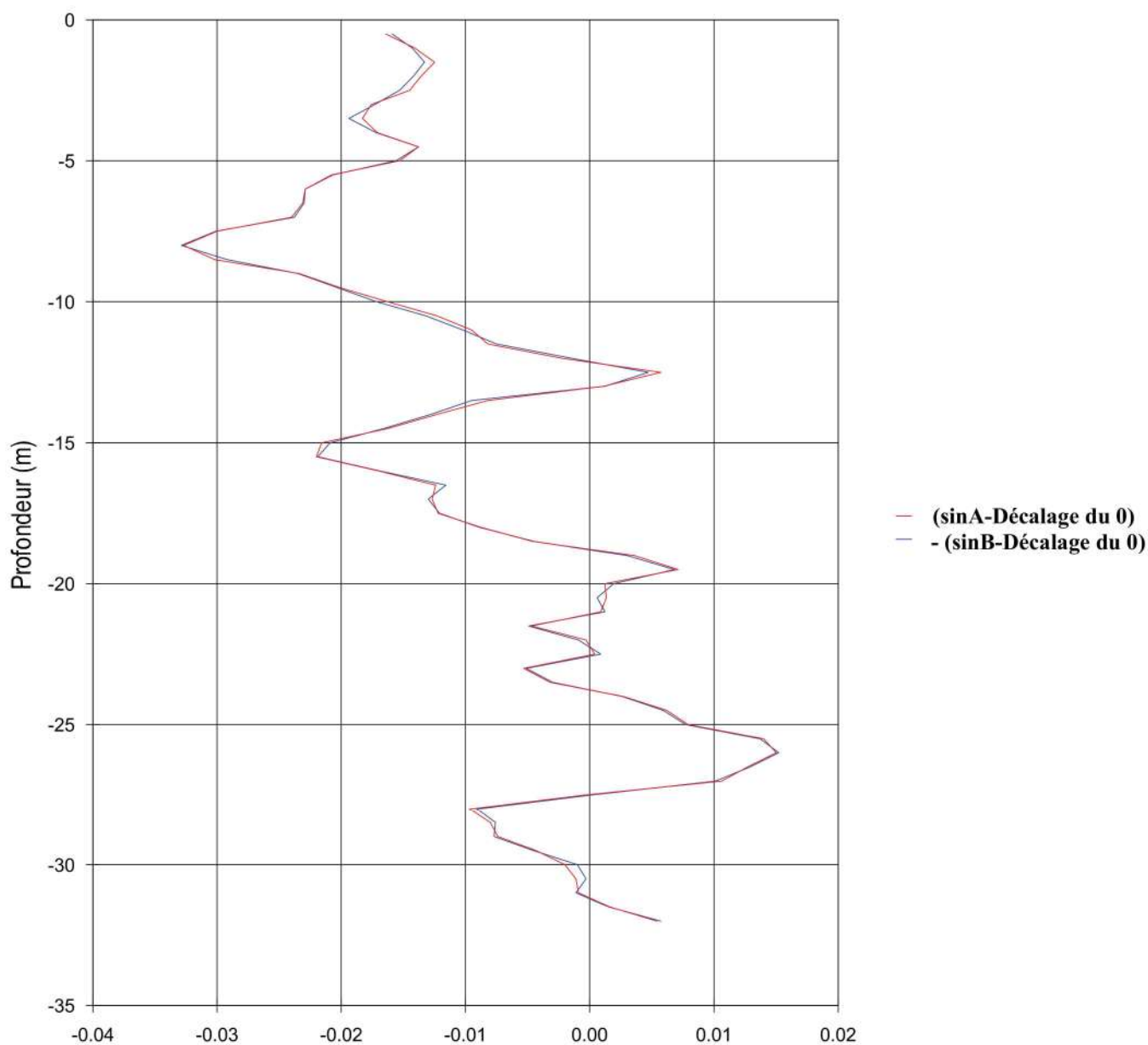
Dossier : BENERVILLE I2

Mesure de référence : 09/07/98

Date : 14/04/21

Sondage : I2

## MESURES PONCTUELLES A 0 DEGRE, VOIE N°2 EN FONCTION DE LA DISTANCE

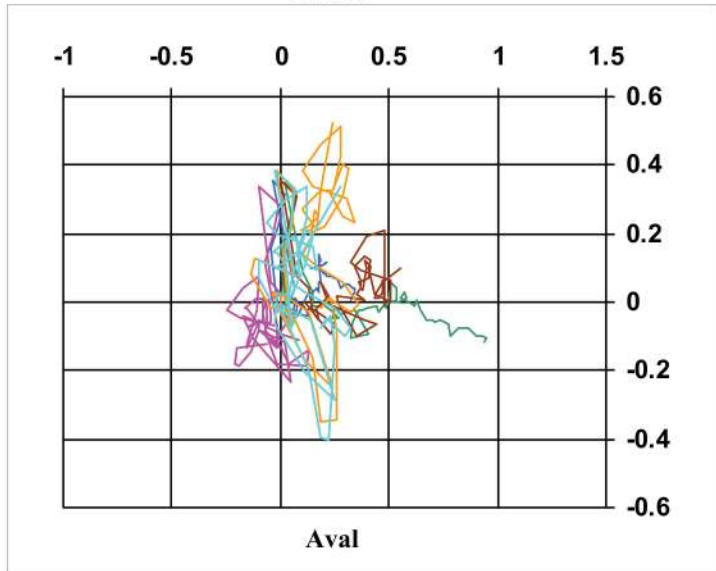


# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

## DEPLACEMENT DU TUBE ( cm )

Amont



BENERVILLE(église)

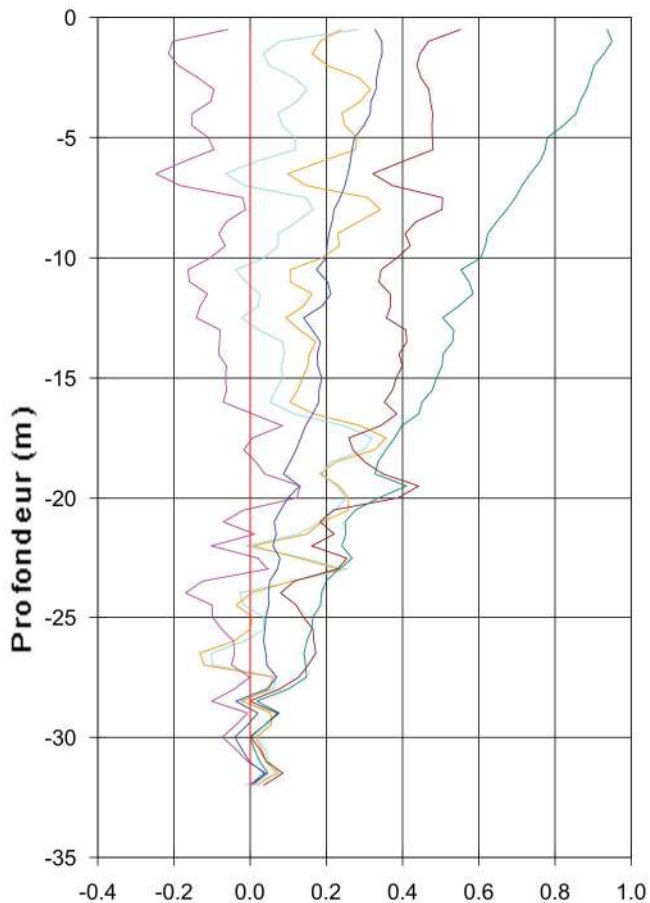
Dossier : BENERVILLE I2

Sondage : I2

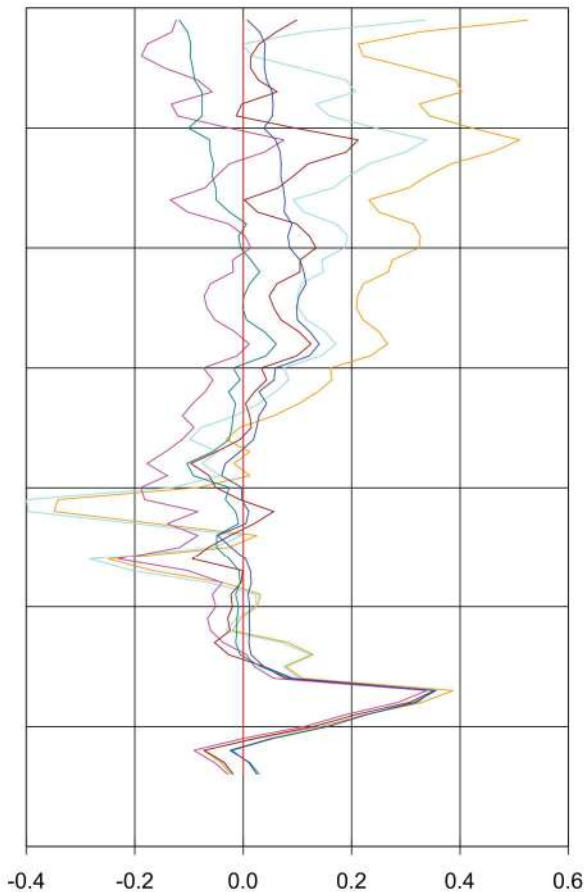
Tube inclinométrique : I2

Mesure de référence : 09/07/98

## DXTO droite-gauche (en cm)



## DYTO Amont-Aval (en cm)



- 09/07/98
- 06/05/99
- 26/04/00
- 27/09/05 c
- 07/12/09
- 10/09/19
- 14/04/21

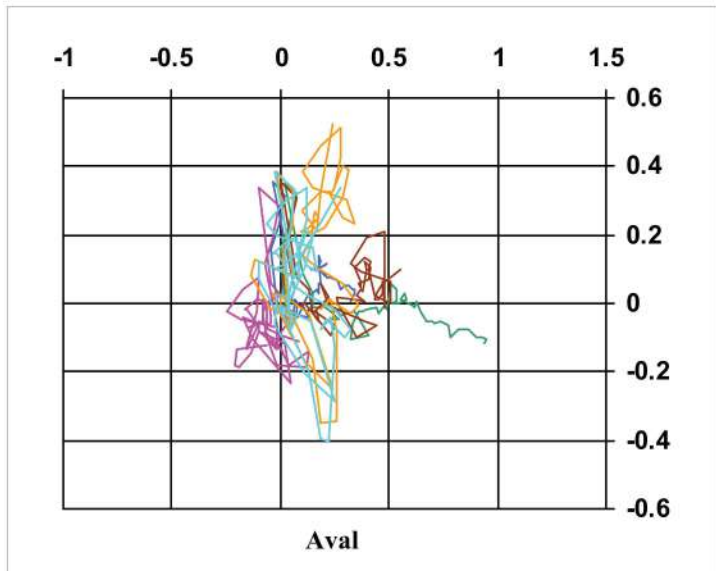


# MESURES INCLINOMETRIQUES

Mesures périodiques des variations d'inclinaison dans un tube scellé au terrain

## DEPLACEMENT DU TUBE ( cm )

Amont



Aval

BENERVILLE(église)

Dossier : BENERVILLE I2

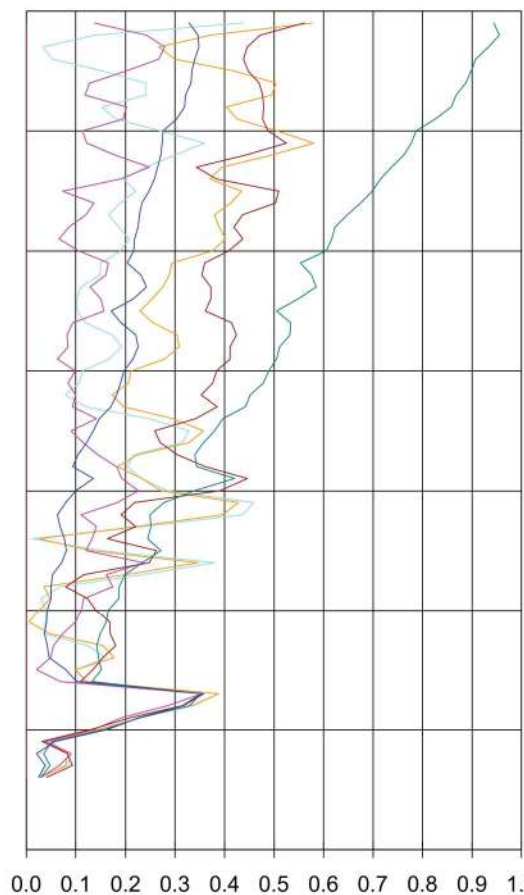
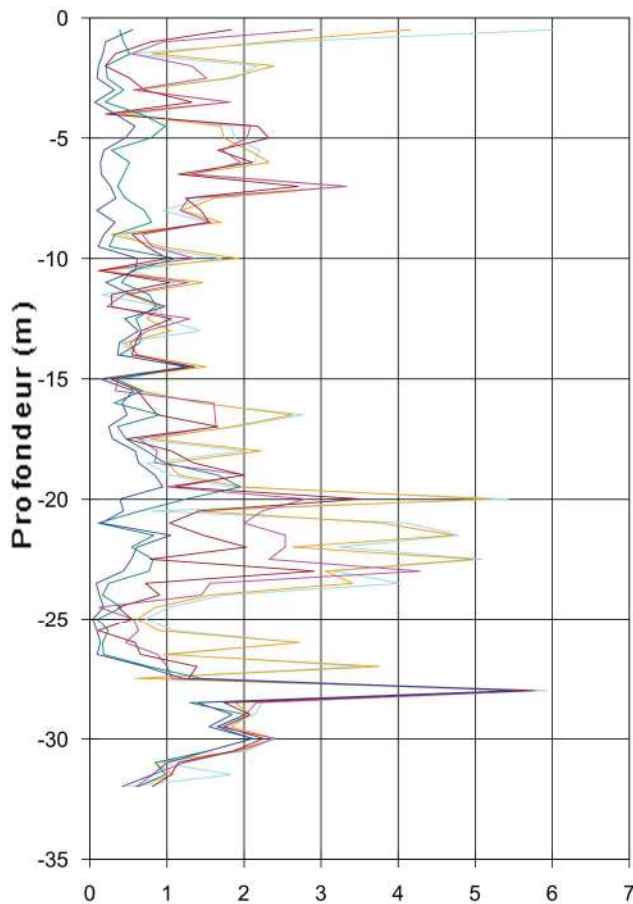
Sondage : I2

Tube inclinométrique : I2

Mesure de référence : 09/07/98

## ROTATIONS LOCALES (rd\*1000)

## MODULE DES DEPLACEMENTS CUMULES (cm)



- 09/07/98
- 06/05/99
- 26/04/00
- 27/09/05 c
- 07/12/09
- 10/09/19
- 14/04/21



# Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN