

Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est

Rapport d'étape de la phase II (version préliminaire)

Déposé au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines

Par l'Institut national de la recherche scientifique, Centre - Eau Terre Environnement (INRS-ETE), en collaboration avec la Commission géologique du Canada (CGC), l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA), l'Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBV Yamaska) et Géomont

Rapport de recherche R-1256

Mars 2011

ISBN : 978-2-89146-728-5

Équipe de réalisation

INRS

René Lefebvre
Erwan Gloaguen
Châtelaine Beaudry
Harold Vigneault
Jean-Marc Ballard
Xavier Malet
Marc-André Carrier
Jean-Sébastien Gosselin
Marc Laurencelle
Pierrick Chasseriau

CGC - Division Québec

Christine Rivard
Nicolas Benoît
Michel Parent
Ruth Boivin

CGC – Division Ottawa

André Pugin
Sue Pullan
Gilles Bellefleur

IRDA

Isabelle Beaudin
Aubert Michaud

OBV Yamaska

Joshua Bleser
Catherine Laurence-Ouellet

Géomont

Julien Belvisi
Julien Blanchard

Pour nous joindre:



Institut national de la recherche scientifique
Centre - Eau Terre Environnement

490, rue de la Couronne
Québec (Québec) G1K 9A9 CANADA
T 418 654-2524 F 418 654-2600
www.ete.inrs.ca

RÉSUMÉ

Ce projet s'inscrit dans le cadre du « Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec » (PACES) qui est sous la responsabilité du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Le PACES vise à dresser un portrait de la ressource en eau souterraine du Québec municipalisé, dans le but ultime de la protéger et d'en assurer la pérennité. La région d'étude comprend les bassins versants des rivières Richelieu et Yamaska et de la baie Missisquoi, situés au sud-est de Montréal entre le fleuve St-Laurent et la frontière américaine. La superficie totale de la zone d'étude est d'environ 9 000 km². La zone d'étude englobe les neuf municipalités régionales de comté (MRC) de la Conférence régionale des élus (CRÉ) de la Montérégie Est qui comprennent en tout 108 municipalités. L'eau souterraine de cette région suscite de plus en plus d'intérêt, non seulement à cause de la nouvelle réglementation sur les prélèvements d'eau, mais aussi à cause de la mauvaise qualité de l'eau de surface. En 2000, près de 28 % de la population de la Montérégie Est, soit environ 165 000 personnes, s'approvisionnait à partir de l'eau souterraine alors que l'eau de surface alimentait environ 425 000 personnes.

Ce second rapport d'étape présente la méthodologie et les résultats de la seconde année du *Projet de connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est*, qui comportait une importante campagne de travaux de terrain. Ces travaux comprenaient notamment de l'échantillonnage de sol et d'eau, des sondages et des forages, des essais de perméabilité et des essais au perméamètre de Guelph, ainsi que des levés géophysiques (diagraphies, TDEM, sismique de surface et résistivité électrique). Par ailleurs, les travaux de collecte de données existantes et de développement de la base de données commune aux sept projets régionaux se sont également poursuivis et sont pratiquement terminés. L'interprétation des données de terrain nouvellement acquises a déjà débuté et elle se poursuivra durant la prochaine année. De plus, une étude spécifique sur la délimitation de la zone d'eau saumâtre qui couvre une grande partie du nord-ouest de la zone d'étude a été réalisée. Enfin, une enquête a été faite sur l'utilisation de l'eau à l'aide d'un questionnaire auprès des municipalités et des industries de la région d'étude.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) ainsi que tous les organismes partenaires du projet pour leurs contributions de même que leur collaboration au cours de la deuxième année du projet. Plus particulièrement, nous voulons souligner la contribution financière de la Conférence régionale des élus (CRÉ) de la Montérégie Est et les contributions en ressources humaines des organismes partenaires suivants:

- les Municipalités régionales de comté (MRC) suivantes: Acton, Brome-Missisquoi, Le Haut-Richelieu, La Haute-Yamaska, Marguerite-d'Youville, Les Maskoutains, Pierre-de-Saurel
- les organismes de bassins versants de la rivière Richelieu et de la baie Missisquoi
- le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec - Direction régionale de la Montérégie-Est

Les auteurs veulent également remercier les organismes suivants de leur appui au projet:

- la Fédération de l'Union des producteurs agricoles (UPA) de Saint-Hyacinthe
- le Conseil régional de l'environnement de la Montérégie (CREM)

La collaboration de plusieurs autres organismes, soit via le partage de données ou de connaissances, doit également être soulignée:

- le ministère des Transports du Québec (MTQ)
- le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF)
- le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) - Directions régionales de la Montérégie, de l'Estrie et du Centre-du-Québec
- le Centre d'expertise hydrique du Québec
- la Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire (CRRNT) de la Montérégie Est
- les Municipalités régionales de comté (MRC) suivantes: La Vallée-du-Richelieu, Rouville, Drummond, Longueuil, Memphrémagog, Nicolet-Yamaska, Rousillon, Les Jardins-de-Napierville et Le Val-Saint-François
- plusieurs municipalités de la région d'étude ayant fourni des rapports d'étude en lien avec le projet et des informations sur l'utilisation d'eau sur leur territoire
- le ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada
- la Commission géologique des États-Unis (United States Geological Survey) ainsi que les commissions géologiques des états de New York et du Vermont (New York State Geological Survey, Vermont State Geological Survey)
- l'Université Laval, l'École Polytechnique de Montréal et l'Université Stanford
- le Groupe de recherche interuniversitaire sur les eaux souterraines (GRIES)

Nos remerciements vont également aux multiples résidents de la Montérégie ainsi qu'aux municipalités qui ont accepté de collaborer au projet en nous donnant accès à leur propriété et/ou à leur puits, nous permettant de réaliser des travaux de terrain préliminaires. Finalement, nous remercions également les gestionnaires de la station de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à L'Acadie et ceux de la Réserve naturelle Gault au Mont-Saint-Hilaire pour nous avoir donné accès à leurs installations autant pour l'hébergement et l'entreposage de matériel que pour la réalisation de travaux de terrain.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	9
2. DESCRIPTION DU PROJET	11
2.1 Objectif du projet.....	11
2.2 Territoire visé	11
2.3 Équipe de réalisation et partenaires	12
2.4 Rencontre avec les partenaires	14
3. BASE DE DONNÉES À RÉFÉRENCE SPATIALE	14
3.1 Développement de la base de données à référence spatiale.....	14
3.2 Acquisition de données existantes	16
3.3 Intégration et validation des données existantes.....	16
4. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES	17
5. ACQUISITION DE NOUVELLES DONNÉES	18
5.1 Perméamètre de Guelph	19
5.2 Installation de lysimètres (fluxmètres à contrôle passif)	21
5.3 Sondages (CPT/RPSS)	23
5.4 Forages conventionnels.....	25
5.5 Forages rotosonic	27
5.6 Installation de capteurs de pression	28
5.7 Essais de perméabilité.....	29
5.8 Échantillonnage d'eau	31
5.9 Échantillonnage de sol et d'eau pour les nitrates	35
5.10 Scanographie et analyses XRF des échantillons de sol.....	37
5.11 Diagraphies dans les puits.....	39
5.12 Levés géophysiques	41
5.13 Évaluation de la recharge à l'aide du logiciel SWAT	45
5.14 Utilisation de l'eau pour des fins agricoles.....	47
5.15 Enquête sur la consommation d'eau municipale et industrielle	48
5.16 Estimation de la consommation d'eau souterraine	50
5.17 Développement d'un répertoire d'activités potentiellement polluantes	51
6. PROGRAMME DE CARACTÉRISATION DE LA PHASE 3	52
6.1 Planification des travaux proposés	52
6.2 Équipe de travail	53
7. CONCLUSION	54
BIBLIOGRAPHIE.....	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Superficie des bassins du projet régional en Montérégie Est	12
Tableau 2 : Essais de perméabilité réalisés à l'automne 2010	30
Tableau 3 : Sondes utilisées à l'automne 2010 pour réaliser les diagraphies de 20 puits	39
Tableau 4 : Levés géophysiques acquis en 2010	41

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Présentation de la région d'étude	9
Figure 2 : Localisation d'un objet.....	15
Figure 3: Observations effectuées liées à un objet	16
Figure 4 : Principe du perméamètre de Guelph	20
Figure 5 : Bulbe de sol saturé durant l'essai au perméamètre de Guelph	20
Figure 6 : Exemple de résultats et d'interprétation d'un essai au perméamètre de Guelph.....	21
Figure 7 : Fluxmètre à contrôle passif (lysimètre) de la compagnie Decagon	22
Figure 8 : Foreuse de l'INRS.....	24
Figure 9 : Schémas de construction des puits conventionnels au roc	25
Figure 10 : Exemple d'une opération d'installation d'un puits d'observation.....	26
Figure 11 : Extrait de la description d'un forage rotosonic (RS02).....	28
Figure 12 : Opération d'installation d'un capteur de pression dans un puits d'observation	29
Figure 13 : Instrumentation pour l'essai de perméabilité pneumatique sur le puits P13	30
Figure 14 : Exemple d'interprétation d'un essai de perméabilité.....	31
Figure 15 : Pompes utilisées pour la purge et l'échantillonnage des puits d'observation	33
Figure 16 : Illustration de diverses procédures d'échantillonnage	33
Figure 17 : Exemple de scan d'un échantillon de sol prélevé lors des forages rotosonic	38
Figure 18 : Exemple de diagraphie acquise par la sonde « acoustic televiewer »	40
Figure 19 : Exemple de résultat préliminaire d'un des levés sismiques.....	42
Figure 20 : Exemple de levé TDEM	43
Figure 21 : Exemple de levé de résistivité électrique au site L2D	45
Figure 22 : Page d'accueil du formulaire créé par l'OBV Yamaska pour l'enquête sur l'utilisation d'eau envoyée aux municipalités et aux entreprises.....	49
Figure 23 : Données considérées pour évaluer l'utilisation de l'eau souterraine	50

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Cartes thématiques préliminaires

- Carte 1 : Localisation des points d'échantillonnage pour les analyses géochimiques réalisés en 2010

- Carte 2 : Localisation des sondages CPT et RPSS réalisés en 2009 et 2010

- Carte 3 : Localisation des forages conventionnels et rotosonic réalisés en 2010

(La carte montre aussi les installations de capteurs de pression)

-Carte 4: Localisation des essais géophysiques - sismique réalisée en 2010

-Carte 5: Localisation des essais géophysiques - résistivité réalisée en 2010

-Carte 6: Localisation des essais géophysiques - TDEM réalisé en 2010

-Carte 7: Localisation des diagraphies réalisées en 2010

-Carte 8: Localisation des essais hydrauliques, des lysimètres et de l'échantillonnage de sols réalisés en 2010

-Carte 9: Localisation des informations stratigraphiques provenant des rapports existants

Annexe 2 : Campagne d'échantillonnage de l'eau souterraine

Tableau A2-1 Spécifications et instructions pour le prélèvement d'un échantillon

Figure A2-1 Exemple de formulaire du cahier des observations de terrain

Annexe 3 : Caractéristiques des sondages et des forages

Tableau A3-1 Caractéristiques des sondages CPT réalisés en 2009 et 2010

Tableau A3-2 Caractéristiques des sondages RPSS réalisés en 2010

Tableau A3-3 Caractéristiques des puits conventionnels et rotosonic réalisés en 2010

Annexe 4 : Descriptions des sondages, forages et diagraphies

- Descriptions des forages conventionnels : Figures 1 à 20
- Descriptions des forages rotosonic : Figures 80 à 83
- Descriptions des sondages CPT : Figures 21 à 65
- Descriptions des sondages RPSS : Figures 84 à 103
- Descriptions des diagraphies : Figures 66 à 79

Annexe 5 : Descriptions des mesures XRF

1. INTRODUCTION

Ce rapport d'étape présente l'avancement du projet de connaissance sur les eaux souterraines de la Montérégie Est durant l'année 2010-2011. Ce projet, débuté en avril 2009, est réalisé en collaboration avec plusieurs partenaires scientifiques (fédéraux, provinciaux et universitaires) et régionaux. La région d'étude couvre une superficie de 9 036 km² et comprend les neuf municipalités régionales de comté (MRC) constituant la Conférence régionale des élus de la Montérégie Est (CRÉ ME) ainsi que les bassins versants des rivières Richelieu et Yamaska ainsi que de la baie Missisquoi. La figure 1 montre l'étendue des trois bassins versants de la région à l'étude ainsi que les limites des MRC et les localisations des principales municipalités.

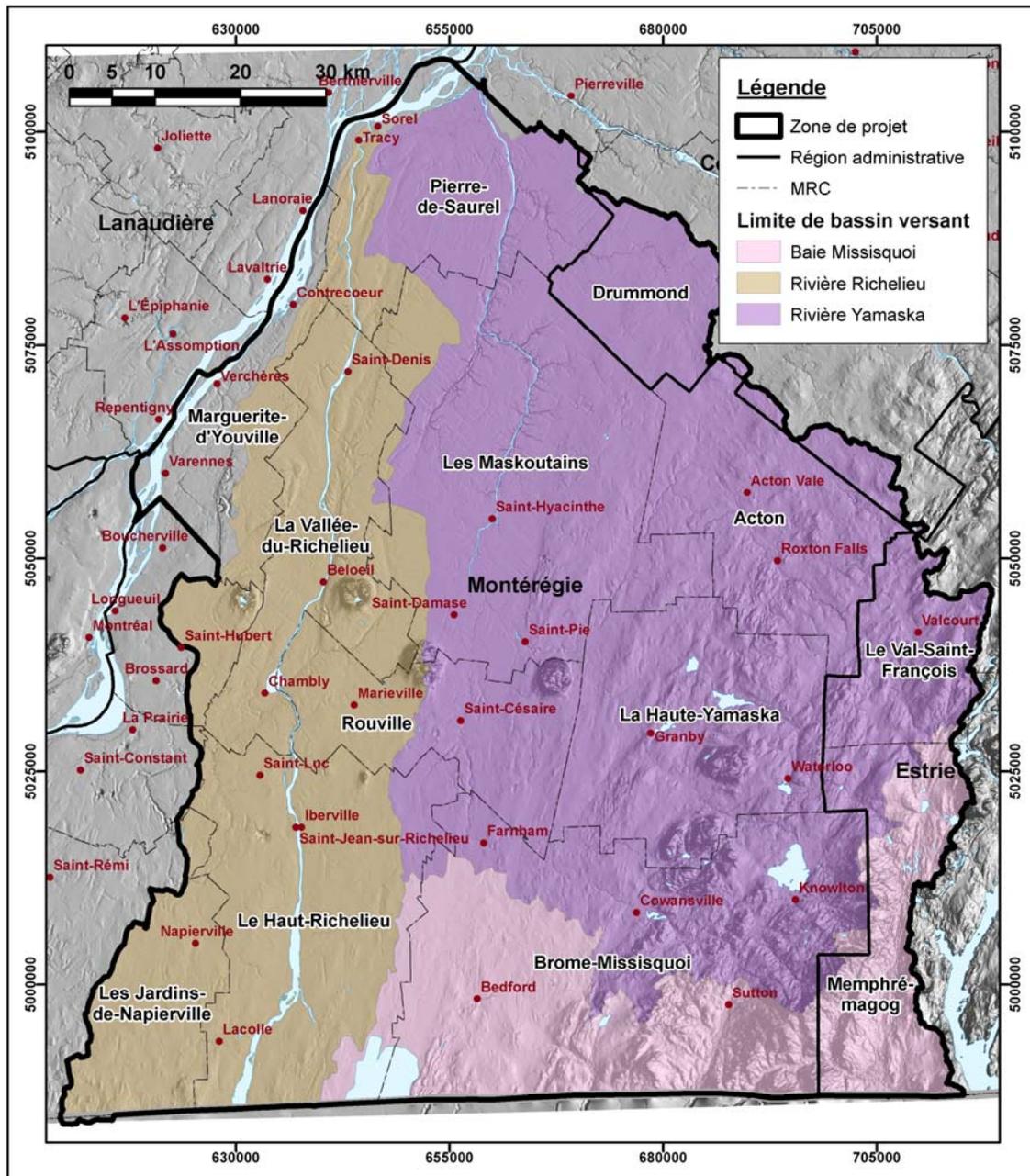


Figure 1 : Présentation de la région d'étude

Ce projet est réalisé dans le cadre du « Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec » (PACES) sous la responsabilité du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Ce programme vise à dresser un portrait de la ressource en eau souterraine du Québec municipalisé, dans le but ultime de la protéger et d'en assurer la pérennité. Sept régions ont été ciblées suite à un premier appel de propositions : Montérégie Est, Saguenay-Lac St-Jean, Abitibi, Bécancour, Trois-Rivières, Outaouais et la ville de Québec.

La présente étude permettra d'améliorer la compréhension de la dynamique des aquifères, de connaître la qualité de l'eau souterraine et de définir les propriétés hydrauliques des aquifères grâce à l'intégration des données existantes mais aussi à l'acquisition et à l'analyse de nouvelles données. Cette nouvelle compréhension permettra d'identifier les zones de recharge et d'émergence de l'eau souterraine, de quantifier les différentes composantes du bilan hydrique, d'évaluer les propriétés hydrauliques des aquifères et de dresser un portrait de la qualité des eaux souterraines qui y circulent. Ce projet s'étale sur quatre ans ; il a débuté en avril 2009 et se terminera en mars 2013.

Ce rapport documente principalement les travaux réalisés durant la seconde année de ce projet PACES. Toutefois, à ce jour, les travaux suivants ont été entamés ou complétés :

- Collecte et compilation de données issues de rapports, cartes et autres documents pertinents (à compléter).
- Collecte, validation et compilation des données numériques (à compléter).
- Développement d'une base de données commune aux projets régionaux PACES et intégration des données acquises (à compléter).
- Développement de protocoles de réalisation des livrables PACES (à compléter).
- Réalisation de travaux de terrain liés principalement à la stratigraphie (géologie), à la géochimie de l'eau souterraine et aux propriétés hydrogéologiques des unités géologiques (à compléter).
- Interprétation des données de terrain acquises (à compléter).
- Réalisation de coupes et cartes préliminaires des dépôts meubles (à compléter).
- Préparation d'une carte préliminaire de la géologie du Quaternaire (assemblage de cartes existantes).
- Réalisation d'une étude définissant l'étendue d'une large zone au nord-ouest de la région d'étude où les aquifères contiennent de l'eau saumâtre (complétée).
- Réalisation d'une étude sur l'utilisation de l'eau souterraine dans la région (à compléter).
- Production d'un document visant l'intégration du bassin Richelieu dans le projet de l'ONU sur les aquifères transfrontaliers. Depuis, le bassin Richelieu/lac Champlain a été accepté et le U.S. Geological Survey est devenu un partenaire officiel de la Commission géologique du Canada (CGC) pour la réalisation de ce projet.

La section 4 du rapport résume les différentes cartes développées depuis le début du projet. Ce rapport met cependant l'emphase sur la synthèse des travaux effectués durant la dernière année fiscale (section 5).

2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1 Objectif du projet

Ce projet vise à dresser le portrait de la ressource en eau souterraine en Montérégie Est. La compréhension de la dynamique du système aquifère sera obtenue en intégrant et en interprétant toutes les données (existantes et générées par ce projet) ainsi qu'en développant des modèles hydrogéologiques à différentes échelles. L'objectif de ce projet est de fournir les informations nécessaires à la gestion durable de la ressource, incluant l'établissement des actions prioritaires pour en assurer la protection et l'exploitation durable.

Les principales étapes pour atteindre l'objectif incluent :

- Compilation et intégration des informations dans une base de données commune aux projets régionaux PACES.
- Définition des contextes géologiques et hydrogéologiques.
- Estimation du bilan hydrique, incluant l'utilisation de l'eau et la recharge.
- Évaluation de la qualité de l'eau.
- Évaluation de la vulnérabilité des aquifères et du potentiel polluant des diverses activités.
- Estimation des débits "durables" d'exploitation pour assurer la pérennité de la ressource.
- Production d'une liste de priorités pour la gestion et la protection des ressources régionales en eau souterraine.

Le projet devrait ainsi avoir les retombées suivantes :

- Améliorer les connaissances sur les ressources en eau souterraine dans la région d'étude, notamment en comblant le manque d'information pour certaines zones présentant des particularités ou pour une thématique donnée.
- Produire une synthèse des connaissances appuyée par des cartes hydrogéologiques et une base de données, tel que spécifié par le PACES.
- Léguer des infrastructures de surveillance (puits) dans la région qui vont permettre de suivre l'évolution de la qualité et de la quantité des ressources en eau souterraine.
- De concert avec les autres projets régionaux du PACES, établir des protocoles pour la réalisation des travaux qui serviront de guides techniques pour la caractérisation hydrogéologique régionale et des formats de présentation des cartes adaptés à des contextes hydrogéologiques diversifiés.
- Former du personnel hautement qualifié par l'implication de professionnels dans la réalisation du projet ainsi que par des projets de recherche d'étudiants de 2^e et 3^e cycles.
- Établir une approche de gestion et de protection de la ressource basée sur les connaissances acquises durant le projet. Cette approche doit tenir compte des conditions du système aquifère et intégrer les besoins des différents organismes locaux et régionaux intéressés par les ressources en eau souterraine.

2.2 Territoire visé

Ce projet couvre les neuf municipalités régionales de comté (MRC) constituant la Conférence régionale des élus de la Montérégie Est (CRÉ ME) ainsi que les bassins versants de la rivière Richelieu, de la rivière Yamaska et de la baie Missisquoi, pour une superficie totale de 9 036 km². La région s'étend du fleuve St-Laurent, au nord, jusqu'aux États-Unis, au sud (vis-à-vis des états de New York et du Vermont). L'ensemble de la CRÉ Montérégie Est est compris

dans la zone à l'étude. Toutefois, les bassins versants débordent légèrement des limites de la CRÉ et des petites portions des CRÉ Vallée-du-Haut-Saint-Laurent (région de Napierville et Hemmingford), de Longueuil (région de St-Bruno-de-Montarville), de l'Estrie (régions d'Eastman et Valcourt) et du Centre du Québec (région de Saint-Guillaume) sont également incluses dans la région d'étude. Le tableau 1 présente les superficies des principaux bassins versants de la région d'étude, calculées à partir des limites de bassins versants à l'échelle 1 / 20 000 obtenues du Centre d'Expertise hydrique du Québec (CEHQ). Les bassins de la rivière Richelieu et de la baie Missisquoi sont transfrontaliers avec les États-Unis.

Tableau 1 : Superficie des bassins du projet régional en Montérégie Est

Territoire couvert au Québec	Surface (km²)
Bassin de la rivière Richelieu	2549
Bassin de la rivière Yamaska	4788
Bassin de la Baie Missisquoi	1355
Superficie totale	8 692

La CRÉ Montérégie Est couvre une superficie de 7 377 km² et comprend neuf MRC: Pierre-de-Saurel, Marguerite-d'Youville, La Vallée-du-Richelieu, Les Maskoutains, Acton, Rouville, La Haute-Yamaska, Le Haut-Richelieu et Brome-Missisquoi. Ces MRC comptent 108 municipalités et une population totale de 576 863 habitants (Statistiques Canada, 2006), ce qui représente la troisième population en importance après celles de l'Île de Montréal et de la Capitale nationale. La MRC de Marguerite-d'Youville et une partie des MRC de La Vallée-du-Richelieu et de Rouville font partie de la Communauté métropolitaine de Montréal. Du sud au nord, les villes de Saint-Jean-sur-Richelieu, Granby, Saint-Hyacinthe et Sorel-Tracy forment une couronne de quatre (4) villes satellites de Montréal. Ces villes desservent de vastes superficies agricoles et jouent un rôle économique régional majeur. Enfin, les MRC d'Acton, de Rouville et de Brome-Missisquoi sont principalement rurales.

Près de la moitié du territoire de la région à l'étude correspond à des zones agricoles. De ces terres agricoles, ce sont les cultures de maïs et de soya qui dominent, suivies du foin et des céréales. En termes de superficie globale, il y a peu de zones classées « industrielles » dans la région. Celles-ci sont surtout concentrées dans les centres urbains de la moitié ouest de la région d'étude.

2.3 Équipe de réalisation et partenaires

Le projet est sous la responsabilité contractuelle de l'INRS avec le MDDEP. Les activités du projet sont regroupées sous quatre volets dont la responsabilité est partagée avec les partenaires de réalisation du projet : 1) Hydrologie et territoire (IRDA), 2) Quaternaire et hydrostratigraphie (CGC et INRS), 3) Caractérisation et synthèse hydrogéologique (INRS et CGC) et 4) Utilisation et gestion de la ressource (OBV Yamaska). La réalisation du projet est aussi assurée par la collaboration des partenaires régionaux et des collaborateurs de recherche. Les principaux collaborateurs et organismes impliqués sont résumés ci-dessous.

Universités :

- Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement (INRS-ETE) : René Lefebvre, Erwan Gloaguen, Richard Martel, Claudio Paniconi, Marc-André Carrier, Harold Vigneault, Jean-Marc Ballard, Pierrick Chasseriau, Châtelaine Beaudry, Jean-Sébastien Gosselin, Marc Laurencelle, Rachelle Thériault, Xavier Malet ainsi que plusieurs stagiaires.

Ministères fédéraux :

- Commission géologique du Canada (Ressources naturelles Canada) : Christine Rivard, Michel Parent, Nicolas Benoît, Martine Savard.
- Agriculture Canada : Nicolas Tremblay, Lucie Grenon.

Organismes de recherche provinciaux :

- Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) : Aubert Michaud, Isabelle Beaudin, Ivana St-Laurent.
- Centre d'Expertise hydrique du Québec (CEHQ) : implication via le MDDEP.
- Géologie Québec - ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) : Hugo Dubé-Loubert.

Partenaires régionaux :

- Conférence régionale des élus (CRÉ) de la Montérégie Est et ses MRC constituantes : Patrick Sabourin et Nathalie Ward à la CRÉ ainsi que du personnel des MRC qui supporte l'assemblage des informations et l'identification des priorités de gestion.
- Agence géomatique montérégienne (GéoMont) : Julien Belvisi.
- Direction régionale Montérégie Est du MAPAQ: Ghislain Poisson, Isabelle Couture.
- Fédération de l'UPA de Saint-Hyacinthe.
- Environnement et développement durable Montérégie – Conseil régional de l'environnement de la Montérégie.

Organismes de bassin :

- Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBV Yamaska) : Catherine Laurence-Ouellet, Joshua Bleser.
- Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu (COVABAR) : Marcel Comiré.
- Corporation bassin versant Baie Missisquoi (CBVBM) : Chantal d'Auteuil.

Organismes de recherche américains :

- United States Geological Survey (USGS) : la CGC s'est entendue avec l'USGS pour collaborer à la connaissance du système aquifère transfrontalier (bassin Richelieu / Lake Champlain). Les participants du USGS sont John Williams et Richard Reynolds (bureau de Troy, New York) et Thomas Mack (bureau de Pembroke, New Hampshire). De plus, le Dr Roger Morin du bureau de Denver de l'USGS a réalisé plusieurs diagraphies dans les forages ou puits de la région d'étude et a réalisé un séjour dans les bureaux de la CGC-Québec à l'été et l'automne 2010.

2.4 Rencontre avec les partenaires

Une rencontre avec les partenaires régionaux, organisée par l'OBV Yamaska, a eu lieu le 8 juillet 2010 à McMasterville, en Montérégie. Il y a eu une quarantaine de participants, incluant, outre notre équipe de recherche, des urbanistes de plusieurs municipalités, du personnel du MAPAQ et des directeurs ou représentants d'organismes de bassins versants. La rencontre a aussi été couverte par deux journalistes de média régionaux.

3. BASE DE DONNÉES À RÉFÉRENCE SPATIALE

3.1 Développement de la base de données à référence spatiale

L'année fiscale 2010-2011 a été consacrée surtout à l'intégration des données dans la base de données développée durant la phase I du projet ainsi qu'au développement des formulaires pour la saisie des données de terrain. Les formulaires de terrain ont été développés en fonction des besoins spécifiques des projets PACES à partir des versions antérieures créées par la CGC dans les dernières années. La base de données « terrain » et l'infrastructure de la geodatabase sont gérées à partir de PostgreSQL, qui permet de garder un lien dynamique entre les données et l'utilisateur. Cette fonctionnalité est particulièrement intéressante pour les applications cartographiques ARC GIS pour lesquelles le lien avec la base de données se fait avec ARC SDE. La gestion des données par PostgreSQL permet aussi à de multiples usagers d'avoir accès simultanément aux formulaires de la base de données « terrain » à distance par internet.

La structure de la base de données commune aux projets régionaux PACES et ses caractéristiques sont fournies dans le rapport de phase I. Le protocole, en partie développé durant la phase I et poursuivi durant cette année, documente le développement de cette base de données commune aux projets PACES.

La figure 2 présente le formulaire utilisé pour entrer la localisation d'un objet (ex. : puits, forage, sondage, affleurement, trou, point de départ d'une ligne sismique), tandis que la figure 3 illustre le formulaire des observations (ex : échantillonnage d'eau ou de sol, niveau d'eau, stratigraphie, mesures *in situ* géochimiques, données d'essais de pompage) liées à cet objet.

L'annexe 2 donne un exemple du formulaire du cahier des observations de terrain dont les données peuvent être transférées dans la base de données. Les paramètres qui peuvent être saisis dans le cahier des observations et la base de données doivent faire partie d'une liste prédéfinie.

Monteregie

paces.ete.inrs.ca/monteregie/update_locPage.php

Cyberpresse les grands titres de R... Le Monde.fr : A la Une Météo Course au Large Other bookmarks

Localisation pour laquelle vous entrez ou éditez des données

loc_id	x	y	Description
loc_mont2000	674349	5058540	La localisation provient du SIH et elle est en UTM nad 83

Données de localisation correspondant à l'identifiant entré
---VOUS TRAVAILLEZ AVEC LA BD MONTEREGIE---

*# Localisation	loc_mont2000	
Municipalité	Saint-Liboire	
Carte ITS		
Coordonnées XY	Projection	UTM NAD 83
	*Zone UTM⁽ⁱ⁾	18
	*X^(d)	674349
	*Y^(d)	5058540
	Source Loc.	Base de données
Note 500 c. max.	La localisation provient du SIH et elle est en UTM nad 83	
Altitude	Altitude^(d)	81.3419494628906 <input type="text"/> Unités
	Source Alt.	Non-applicable <input type="text"/> N/A
	Note 500 c. max.	
Note sur la localisation 500 c. max.	cle provenant de la fusion des colonnes cle_puits no_projets cle_puits1 du sih 197810017805	

(i) Champs nombre entier
(d) Champs nombre décimale
* Champs obligatoire

Retour Page d'accueil

Figure 2 : Localisation d'un objet

Figure 3: Observations effectuées liées à un objet

3.2 Acquisition de données existantes

La cueillette des informations existantes a été décrite dans le rapport de la phase I. Cette collecte s'est poursuivie en avril et mai 2010 seulement, puisque les travaux de terrain ont ensuite monopolisé les ressources de l'équipe. Des rapports nous sont encore envoyés, principalement par l'OBV Yamaska. Il reste une trentaine de documents dont il faut extraire les données sur un total de 460, soit moins de 10% des rapports répertoriés. La carte 9 de l'annexe 1 présente la localisation des informations stratigraphiques extraites des rapports existants.

3.3 Intégration et validation des données existantes

Les données de terrain et celles extraites des rapports ont été mises préalablement dans un fichier Excel avant leur intégration à la base de données commune PACES qui est en cours. Bien qu'une certaine validation ait été effectuée lors de la collecte des données, l'exercice principal de validation des données sera réalisé au terme de la collecte et de l'intégration des données à la base de données PACES. Le protocole vérification de la fiabilité et de validation des forages rédigé par l'UQAC est actuellement utilisé pour développer les fonctions qui seront utilisées dans le moteur de base de données PostgreSQL. ArcGIS sera également utilisé pour valider la localisation géographique des données. Les fonctions de validation des données

permettront notamment d'évaluer la fiabilité et la précision des données compilées et d'identifier les doublons et données aberrantes parmi les différentes informations collectées. Il sera ensuite nécessaire de procéder à une deuxième phase de validation des données en fonction d'applications spécifiques, telles que le développement de cartes d'épaisseur des dépôts meubles ou de cartes piézométriques.

4. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES

La synthèse des données existantes a été présentée dans le rapport Phase I (Carrier et al., 2010). Cette section décrivait le type de données ou leurs classes, leur provenance, et les principaux faits saillants qui en ressortaient. Les 22 cartes préliminaires développées (à l'échelle 1/100 000) étaient les suivantes :

- 1) Routes, limites municipales et toponymie
- 2) Topographie
- 3) Modèle numérique de terrain (à partir de courbes de niveau 1 / 20 000 de la BDTQ)
- 4) Hydrographie et régions physiographiques (incluant la localisation des stations météorologiques)
- 5) Hydrographie et limites de bassins versants (incluant la localisation des stations hydrométriques)
- 6) Occupation du sol (incluant les classes suivantes : forêt, terre agricole, zones industrielles, aires de villégiature)
- 7) Couverture végétale
- 8) Milieux humides
- 9) Affectation du territoire (en complément de la carte de l'occupation du sol)
- 10) Pédologie
- 11) Géologie du Quaternaire – (compilation de cartes existantes)
- 12) Géologie du roc – (obtenue du MRNF)
- 13) Carte piézométrique
- 14) Propriétés hydrauliques (carte de transmissivité T en m²/s)
- 15) Géochimie de l'eau souterraine - dureté totale
- 16) Géochimie de l'eau souterraine - solides dissous totaux
- 17) Géochimie de l'eau souterraine - fer dissous
- 18) Géochimie de l'eau souterraine - chlorures
- 19) Géochimie de l'eau souterraine - nitrates

20) Qualité de l'eau de surface

21) Prélèvements d'eau souterraine (présentant leur emplacement et le type d'approvisionnement des réseaux municipaux soit mixte, eau de surface ou souterraine et incluant la localisation de 4 puits de surveillance provinciaux antérieurs à ce projet)

22) Activités anthropiques pouvant altérer la qualité de l'eau souterraine

Le rapport de la Phase I fournissait aussi les caractéristiques des 16 stations météorologiques actives ayant plus de 30 ans de données (dont les valeurs annuelles de précipitations totales, de température moyenne et d'évapotranspiration) et celles de 22 stations hydrométriques réparties sur le territoire à l'étude, pour lesquelles les bassins de drainage varient entre 6 km² et 3 300 km². Les données de ces stations serviront à estimer les débits de base au cours de la prochaine année. Ces données ont également servi au CEHQ, qui nous a transmis les résultats de leur estimation du débit de base réalisée avec le filtre numérique récursif à deux paramètres d'Ekhardt (2005). Nos travaux sur les hydrogrammes vont viser à définir les approches de séparation qui donnent des résultats représentatifs.

5. ACQUISITION DE NOUVELLES DONNÉES

Une importante campagne de terrain permettant de compléter les données existantes a été réalisée de juin à novembre 2010. Les travaux ont compris les activités suivantes :

- Des mesures à la surface du sol visant à préciser les conditions de recharge : 100 essais au perméamètre de Guelph à 30 sites pour définir la conductivité hydraulique des sédiments de surface et l'installation de lysimètres pour mesurer l'infiltration,
- Des sondages au piézocône (44) (Cone Penetration Test, CPT) et par rotoperçusion (19) (RotoPersussion Sounding System, RPSS) avec la foreuse de l'INRS pour définir en détail la séquence de sédiments et caler l'interprétation des levés géophysiques. Certains puits d'observation peu profonds ont aussi été installés par enfoncement dans le piémont appalachien avec la même foreuse,
- Des forages conventionnels (20) pour faire l'installation de puits d'observation au roc, de façon à constituer un réseau de suivi des niveaux d'eau et offrir la possibilité de vérifier l'évolution dans le temps de la qualité de l'eau souterraine,
- Des forages rotonsonic (4) pour faire un échantillonnage complet de la séquence de sédiments et aussi faire l'installation de puits d'observation,
- La mise en place de capteurs de pression dans les puits d'observation pour suivre les fluctuations du niveau d'eau,
- Des essais de perméabilité dans les puits accessibles,
- L'échantillonnage de l'eau souterraine à environ 200 endroits à partir de puits résidentiels et des puits installés dans le cadre du projet. Ces échantillons ont été analysés pour définir la composition chimique de l'eau souterraine. Des analyses isotopiques ont aussi été faites sur certains des échantillons (¹⁴C, tritium, ²H, ¹⁸O),
- L'échantillonnage de sol et d'eau dans le temps, dans le cadre d'une étude plus locale visant à comprendre le cycle des nitrates leur apport à la nappe,
- Les sédiments prélevés par carottage continu avec les forages rotonsonic ont été analysés en laboratoire par scannographie et spectrométrie (XRF),

- Des diagraphies ont été faites dans les nouveaux puits et certains puits existants pour mieux comprendre la fracturation et l'hydraulique des aquifères rocheux,
- Plus de 250 km de levés géophysiques ont été réalisés avec quatre méthodes :
 - Sismique réflexion à haute résolution réalisée par la CGC (Ottawa),
 - Méthode électromagnétique dans le domaine du temps TDEM,
 - Résistivité électrique,
 - Géoradar (testé en 2010 mais levés à réaliser en 2011).
- L'OBV Yamaska a réalisé une enquête sur la consommation d'eau municipale et industrielle,
- L'IRDA a poursuivi le développement d'un modèle hydrologique pour faire l'évaluation de la recharge distribuée spatialement,
- Des travaux ont débuté pour estimer la consommation d'eau dans la région,
- L'OBV Yamaska a développé un répertoire des activités potentiellement polluantes.

L'ensemble de ces travaux est décrit plus en détails dans les sections suivantes. Chaque sous-section couvre l'objectif de ces travaux et la méthodologie employée, pour faire ensuite la synthèse des travaux réalisés et donner dans plusieurs cas un exemple de traitement ou de résultats.

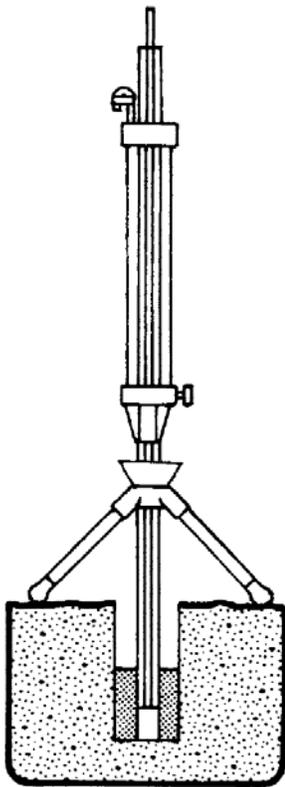
5.1 Perméamètre de Guelph

Objectif

Plusieurs mesures de conductivité hydraulique (K) ont été réalisées à l'aide d'un perméamètre de Guelph pour caractériser les différents types de dépôts meubles dans la région d'étude. La conductivité hydraulique permet de quantifier la perméabilité des sols. Elle est indispensable à la caractérisation des aquifères puisque le taux de recharge et la vulnérabilité de ces derniers dépendent des propriétés de cette couverture géologique. Toutefois, très peu de valeurs étaient disponibles dans la zone d'étude.

Méthodologie

Les sites pour ces essais ont été sélectionnés en fonction de la carte préliminaire de la géologie du Quaternaire afin d'obtenir des valeurs représentatives des différentes unités géologiques retrouvées en Montérégie Est. Le bassin versant de la rivière aux Brochets (600 km²) a été ciblé pour plusieurs raisons. Premièrement, ce dernier englobe trois des quatre contextes hydrogéologiques de la Montérégie Est, soit les Basses-Terres, le piémont et les Appalaches. Deuxièmement, ce bassin fera l'objet d'une modélisation couplée (surface/souterrain) dans le cadre du doctorat de Jean-Sébastien Gosselin. Enfin, nous avons plusieurs contacts dans cette région, ce qui a facilité l'obtention des permissions pour la prise de mesures.



Le perméamètre de Guelph utilisé est celui fabriqué par Soilmoisture Equipment Corp [*Guelph Permeameter Operating Instructions, 2010*]. Cet instrument fournit une mesure ponctuelle de la conductivité hydraulique *in situ* des sols à des profondeurs allant de 15 à 75 cm sous la surface.

La méthode consiste à mesurer un débit d'infiltration de l'eau dans un sol non saturé à partir d'un trou vertical cylindrique au fond duquel un niveau d'eau constant (charge constante) est maintenu par le principe du vase de Mariotte (figure 4).

L'infiltration de l'eau dans le sol forme graduellement un volume de sol saturé autour du trou dont la dimension atteint après un certain temps un état quasi statique qui est associé à un débit d'infiltration constant (figure 5).

La valeur de ce débit permet de calculer, pour un diamètre du trou et une charge donnée, la conductivité hydraulique saturée du sol environnant.

Figure 4 : Principe du perméamètre de Guelph

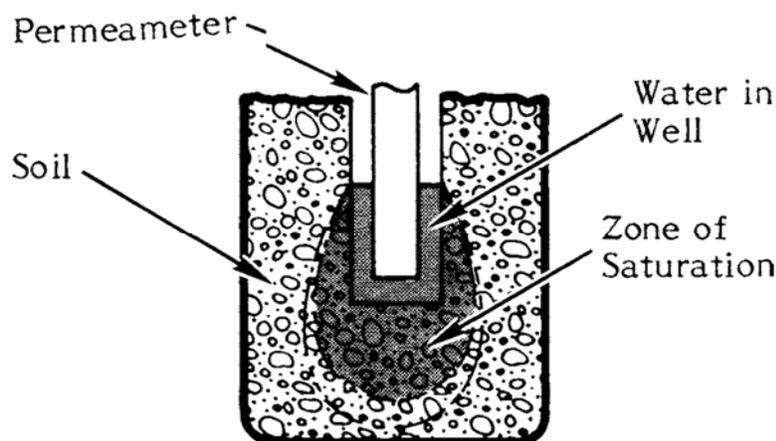


Figure 5 : Bulbe de sol saturé durant l'essai au perméamètre de Guelph

De plus, une description de la stratigraphie (0 - 1 m environ) a été faite à chacun des sites à partir de critères visuels et des échantillons de sol ont été récoltés pour lesquels des analyses granulométriques sont prévues.

Synthèse des travaux

Des essais au perméamètre de Guelph ont été effectués à une trentaine de sites dont les unités géologiques sont représentatives de la Montérégie Est. En moyenne, 3 essais ont été réalisés à chaque site afin d'assurer la représentativité des mesures et d'éliminer les valeurs extrêmes

pouvant découler de la présence ponctuelle d'hétérogénéités macroscopiques. La carte 8 de l'annexe 1 présente la localisation de ces 30 sites.

Exemple de résultat

La figure 6 présente un exemple de mesures prises lors d'un essai dans une argile marine du sud de la Montérégie Est. Le graphique présente le volume cumulé d'eau infiltrée dans le sol en fonction du temps. La pente de la partie linéaire du graphique donne directement le débit d'infiltration de l'eau dans le sol en régime permanent. Pour une forme de trou et une charge hydraulique données, une valeur de conductivité hydraulique saturée peut être calculée à partir de l'équation fournie dans le manuel d'utilisation du perméamètre de Guelph.

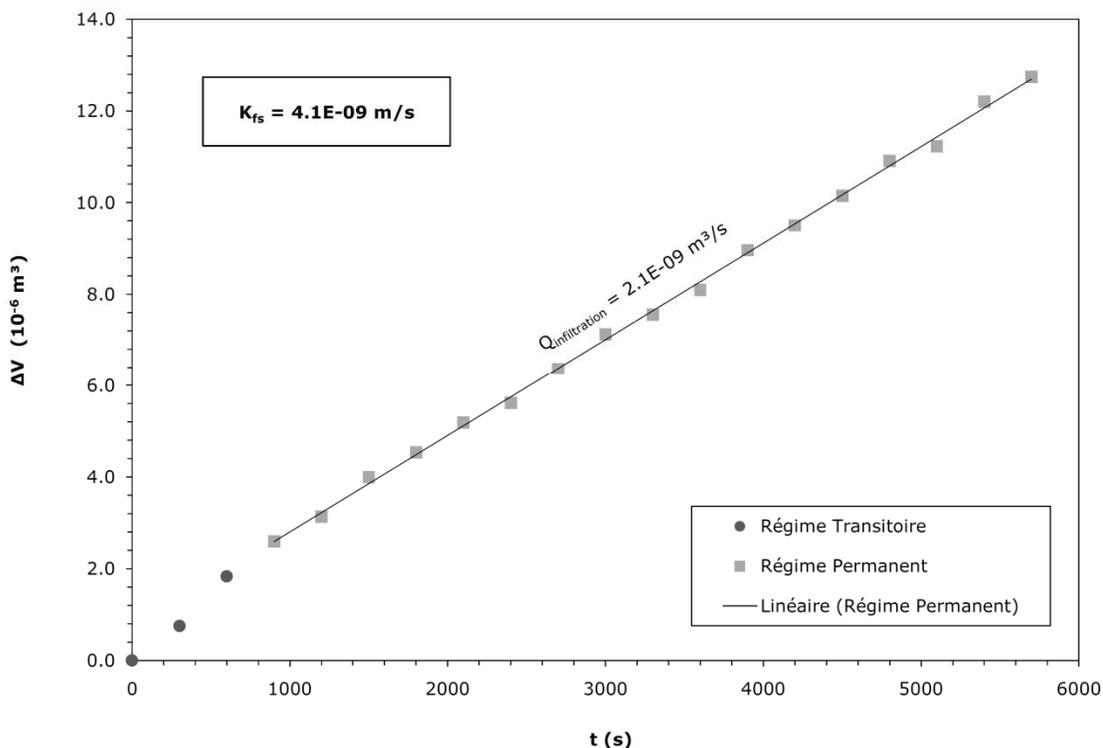


Figure 6 : Exemple de résultats et d'interprétation d'un essai au perméamètre de Guelph
Couche d'argile (silt argileux?) à la ferme l'Acadie à l'ouest de St-Jean-sur-Richelieu

5.2 Installation de lysimètres (fluxmètres à contrôle passif)

Objectif

Nous avons prévu l'installation de cinq fluxmètres à contrôle passif (lysimètres) dans différentes unités géologiques représentatives de la zone d'étude. Ces appareils permettent d'obtenir une mesure *in situ* précise et continue dans le temps de la recharge, à l'échelle locale. Un fluxmètre supplémentaire a déjà été installé à la base militaire de Farnham, dont les données pourront s'ajouter à celles des 5 autres. Ce type d'appareil constitue une façon abordable et robuste de récolter et de mesurer l'eau drainée à travers les dépôts meubles de la zone non saturée.

Méthodologie

Des lysimètres passifs de la compagnie Decagon, combinés à un enregistreur de données (*datalogger*) de la même compagnie, ont été sélectionnés pour ce type de mesures étant donné leur fiabilité et leur coût raisonnable. L'instrument doit être enfoui sous la surface à une profondeur d'environ 1 m et recouvert d'une colonne intacte de sédiments (c'est-à-dire non remaniés autant que possible) pour obtenir des valeurs d'infiltration les plus représentatives possibles du milieu naturel. L'eau drainée à travers les sédiments est captée et acheminée par capillarité à un réservoir, à l'intérieur duquel un capteur permet de mesurer le volume d'eau recueilli (voir Figure 7). Ce type de fluxmètre est dit à contrôle passif, car la pression (négative par rapport à la pression atmosphérique) qui est reproduite par cet appareil pour récolter l'eau de drainage a une valeur constante qui dépend du design même de celui-ci. Ainsi, la capacité de ce type d'instrument à recueillir des valeurs représentatives de flux de drainage dépend de la correspondance entre la pression reproduite par l'appareil et les conditions retrouvées dans le sol environnant lors des épisodes de recharge [Gee et al., 2009; Mertens et al., 2007].

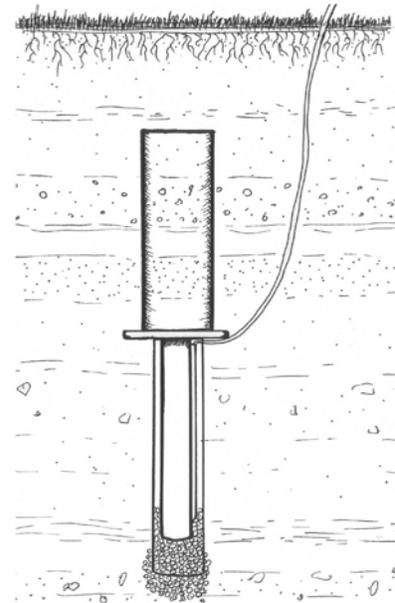


Figure 7 : Fluxmètre à contrôle passif (lysimètre) de la compagnie Decagon

Afin de limiter l'erreur induite sur la mesure par un écart entre la pression de l'appareil et celle du milieu environnant, une colonne de sol contenue dans un cylindre est déposée au-dessus de l'appareil [Gee et al., 2002]. L'utilisation des fluxmètres pour l'estimation de la recharge n'est pas triviale et nécessite une planification rigoureuse afin de s'assurer que les conditions hydrogéologiques et climatiques des sites instrumentés soient appropriées pour les limites imposées par le design de l'appareil. De plus, l'installation même de ces derniers, tout en assurant une perturbation minimale des conditions naturelles retrouvées sur le site, représente un défi majeur.

Une partie de ces lysimètres devait être installée à l'été 2010. Les appareils ont été reçus relativement tard durant l'été (mi-août), ce qui a grandement retardé leur installation. De plus, la personne ayant de l'expérience dans ce genre d'installation n'était pas disponible durant les mois d'août et septembre. Un fluxmètre (que nous avons en réserve) a toutefois été installé au printemps à la ferme l'Acadie (site opéré par Agriculture Canada) dans un till fin compact. Cet essai nous a permis de constater que les méthodes décrites dans le manuel de la compagnie et les articles scientifiques ne sont pas appropriées à tous les types de sols. Le till fin (argileux) de la ferme l'Acadie ne se prêtait pas bien à l'utilisation d'une rétro-caveuse qui remanie trop le sol, biaisant ainsi les mesures (comparativement aux conditions normales de drainage). Au cours de l'été, ce fluxmètre a été retiré du sol et une seconde tentative d'installation a été réalisée à l'aide d'une tarière manuelle à gros diamètre, ce qui aurait permis de conserver le sol autour de l'appareil intact. L'installation n'a cependant pas pu être complétée, car durant cette période de l'année, ce type de sol est trop sec et trop dur pour permettre de creuser un trou manuellement à une profondeur d'environ 2 mètres.

Nous avons donc réfléchi à une autre façon de procéder et avons développé une nouvelle méthodologie plus appropriée aux sols fins et compacts. En octobre 2010, une troisième

tentative avec une tarière à moteur a été menée. Il a été constaté cette fois que le contenu en eau de la couche de sol en surface était trop élevé en cette période de l'année pour permettre l'installation des appareils dans des sols dont le drainage n'est pas très élevé. À la suite de ces essais, il a été conclu que pour les sols compacts de la Montérégie Est, la période la plus appropriée pour l'installation de ces appareils est au début de l'été (mai-juin) alors que le sol n'est ni trop sec, ni trop humide. Durant l'hiver, la revue de littérature sur ce type d'appareil a été poursuivie, ce qui a permis d'optimiser la planification de l'installation des instruments. Ces techniques seront mises à l'essai en 2011.

5.3 Sondages (CPT/RPSS)

Objectif

Le but des travaux de sondage CPTu (*cone penetration test*) et RPSS (*rotopercussion sounding system*) était de servir de points de contrôle de la stratigraphie des dépôts quaternaires et surtout de fournir la profondeur au roc. L'utilisation des résultats des sondages permet de valider l'interprétation des données existantes (forages) ou de celles acquises durant le projet (géophysique et autres types de forage). La réalisation de certains sondages devait en particulier permettre de combler des besoins spécifiques où l'information était insuffisante, par exemple dans le secteur de la zone de saline au nord-ouest. De plus, plusieurs sondages RPSS ont été installés en piézomètres afin de pouvoir échantillonner l'eau et faire un suivi de la variation du niveau de la nappe.

Méthodologie

Les sondages ont été effectués à l'aide de la foreuse géotechnique multifonctionnelle de l'INRS (Geotech 605D) (figure 8). Cet équipement permet de travailler avec deux méthodes de forage (en poussé seulement pour l'utilisation du CPT et en rotation et percussion pour le RPSS), selon les conditions géologiques rencontrées. Pour les deux types d'opération, la foreuse est équipée d'un système d'acquisition de données qui enregistre en temps réel les différents paramètres de forage et qui permettent après interprétation de fournir un profil stratigraphique continu.

La première méthode de sondage se fait par enfoncement statique et est donc principalement utilisée dans les sols meubles, des argiles aux sables. Ce type d'opération permet entre autres de réaliser des essais de pénétration au cône CPTu (*cone penetration test*) qui donnent des mesures fiables et reproductibles des paramètres physiques des sols (friction, résistance en pointe, pression d'eau, inclinaison, résistivité, teneur en eau dans la zone non saturée). Ces résultats peuvent être interprétés en classes de sols sur la base de chartes existantes (Lunne et al., 1997; , Fellinius et Eslami, 2000). La profondeur d'investigation maximale est d'environ 50 m selon les conditions de terrain.

La deuxième méthode de sondage se fait par rotopercussion (RPSS) avec un marteau hydraulique et avec de l'air comprimé pour éjecter les déblais de forage. Le système peut aussi être utilisé pour faire des installations de puits d'observation par enfoncement du tubage (tubage en acier de 3.25 po et 2.25 po) par percussion jusqu'à une profondeur maximale d'environ 30 m. Le système RPSS procure aussi un profil en continu des différents paramètres de forage durant l'enfoncement (pression à l'enfoncement, vitesse et pression de rotation de la tête, pression et vitesse de la percussion du marteau, pression et débit de l'air comprimé, etc.). Les paramètres mesurés en RPSS permettent de déterminer l'énergie requise en fonction de la vitesse de pénétration et d'identifier sommairement les formations géologiques rencontrées. Ce mode de sondage est surtout appliqué à la caractérisation des massifs rocheux, mais peut s'utiliser pour la reconnaissance des unités dans les dépôts meubles, particulièrement les formations difficiles à forer (graviers avec blocs, tills).



Figure 8 : Foreuse de l'INRS

La localisation des sondages sur le territoire d'étude s'est faite de façon à bien représenter les différents contextes hydrostratigraphiques, en identifiant de zones d'intérêts sur la base des informations existantes (puits, cartes géologiques du roc et du quaternaire) ainsi que sur les informations provenant des travaux préliminaires (campagne de terrain 2009, dont les levés sismiques). Chaque emplacement a dû être localisé et confirmé sur le terrain en fonction des contraintes des lieux et en accord avec les propriétaires.

Synthèse des travaux

Soixante-trois sondages CPT (44) ou RPSS (19) ont été réalisés à l'été 2009 et en 2010, pour une longueur totale sondée de 1133 m et des profondeurs variant entre 5 et 45 m. De ce total, 18 sondages ont été installés en puits d'observation dont 2 en double-niveaux. Les localisations et les profondeurs des sondages sont résumées aux tableaux A3-1 et A3-2 de l'annexe 3. La carte 3 de l'annexe 1 montre aussi les localisations des sondages.

Exemple de résultat

Un gabarit et des fonctions macros ont été développés dans le logiciel Strater® pour pouvoir réaliser la visualisation des données acquises lors des sondages à partir des données brutes de la foreuse en « groupe » et ainsi, effectuer leur interprétation. Les résultats provenant des différents travaux des sondages vont servir, entre autres, à l'interprétation des données existantes ou encore au calage de données provenant des autres méthodes d'investigation, en particulier la géophysique (ex. : levés sismiques, TDEM et géoradar).

Les descriptions de sondages sont présentées en Annexe 4, figures 21 à 65 pour les CPT et figures 84 à 103 pour les RPSS.

5.4 Forages conventionnels

Objectif

Le but des forages au roc (conventionnels) était d'installer des puits d'observation de façon à mettre en place un réseau de surveillance permettant de suivre à long terme les variations du niveau de la nappe ainsi que la qualité de l'eau souterraine. L'installation des puits au roc permet également d'effectuer des essais de pompage ou de perméabilité, de réaliser des diagraphies pour caractériser les fractures et distinguer les différentes unités géologiques rocheuses. Les opérations de forage ont aussi fourni de l'information sur la stratigraphie, dont la profondeur au roc. Tout comme pour les sondages CPT et RPSS, les forages conventionnels devaient permettre de combler des besoins spécifiques aux endroits où l'information était manquante, par exemple dans le secteur de la zone saline (nord-ouest du territoire d'étude).

Méthodologie

La localisation des puits a été choisie en se basant sur les informations existantes, dont les cartes géologiques, les levés géophysiques et les coupes géochimiques. En particulier, la zone au nord-ouest du territoire d'étude représentant la pleine argileuse a été privilégiée puisqu'on y retrouve peu de puits installés en raison de la mauvaise qualité de l'eau. Comme pour les sondages CPT et RPSS, chaque emplacement a dû être localisé et confirmé sur le terrain en fonction des contraintes des lieux et en accord avec les propriétaires. Des ententes ont été signées avec les propriétaires pour autoriser l'installation d'un puits au roc, mais pour permettre l'accès au site pour les suivis durant les 20 prochaines années (à la fin du projet PACES, les puits seront légués au MDDEP). Un appel d'offres sur invitation a été affiché par l'INRS et cinq compagnies de forages ont soumissionné. La compagnie Puitsbec, localisée à Drummondville a obtenu le contrat. Tous les puits ont un diamètre de 150 mm (6 po) et ils ont été forés au minimum à 15 m dans le roc pour permettre d'évaluer les caractéristiques hydrauliques et la qualité de l'eau souterraine de la partie supérieure de l'aquifère (au roc). La figure 9 présente les schémas de construction des puits selon le contexte géologique, selon les spécifications indiquées dans l'appel d'offres.

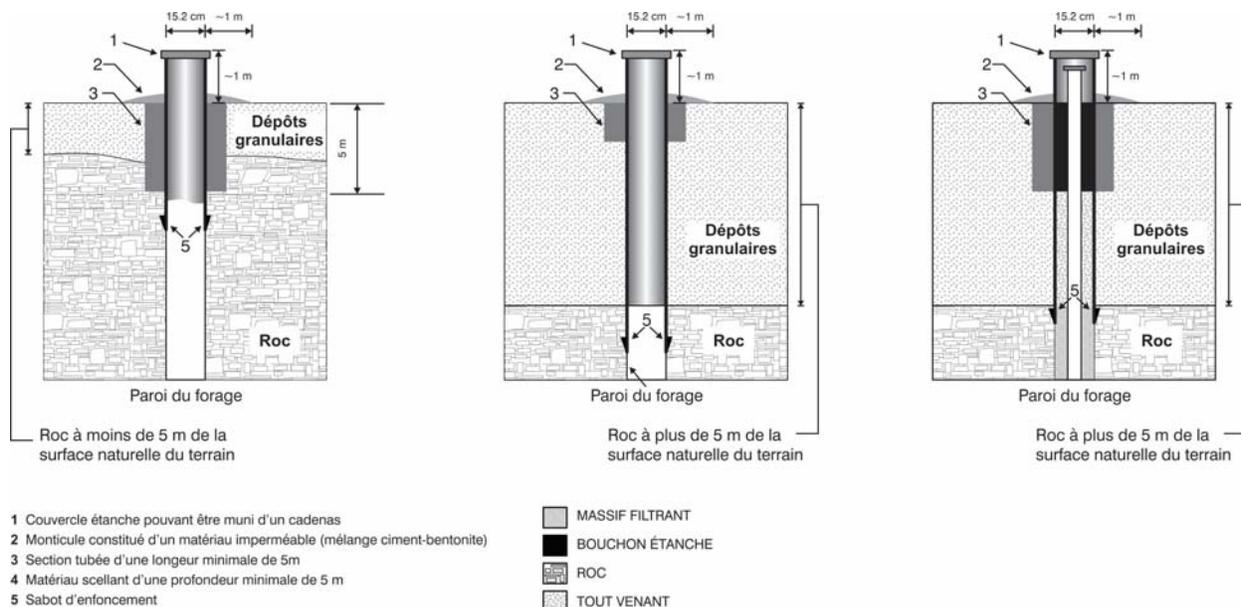


Figure 9 : Schémas de construction des puits conventionnels au roc

Synthèse des travaux

La compagnie Puitsbec de Drummundville a réalisé les travaux de forage conventionnels avec une machine de type rotopercussion à double rotation (Foremost DR-12) (figure 10). Vingt forages conventionnels au roc ont été effectués durant les mois de septembre et octobre 2010 pour un total foré de 724 m.

Chacun des puits a été muni d'un capteur de pression (*logger*) pour suivre les variations du niveau de la nappe sur une base journalière (chaque 6 h). L'installation en puits permet de faire un suivi de la qualité de l'eau souterraine, d'effectuer différents essais hydrauliques (essais de pompage, slug test) et de prendre des mesures en diagraphies (caractérisation des fractures des différentes unités géologiques rocheuses). Durant le forage, des échantillons (remaniés et lavés) provenant des débris de forage ont été récupérés à intervalles réguliers pour permettre d'identifier la nature minéralogique et granulométrique des sols et du roc. Le forage conventionnel permet de bien estimer la profondeur au roc (précision de l'ordre du mètre) par l'identification des débris, mais aussi en tenant compte des informations fournies par le foreur sur l'effort à l'avancement du forage. Le tableau A3-3 à l'annexe 3 fournit la localisation et la profondeur des puits réalisés. Leur localisation est également présentée sur la carte 3 de l'annexe 1.

Exemple de résultat

Les descriptions de forages présentant les informations sur la construction des puits sont présentées à l'Annexe 3 (figures 1 à 20).



Figure 10 : Exemple d'une opération d'installation d'un puits d'observation

5.5 Forages rotonomic

Objectif

Le but des forages rotonomic était principalement de réaliser un échantillonnage en continu de la séquence stratigraphique des sols pour aider à comprendre la mise en place des dépôts quaternaires dans la région d'étude, particulièrement autour des collines Montérégiennes ainsi que la partie nord-ouest de la région. Ce type de forage permet aussi de confirmer la profondeur au roc. Les forages rotonomic devaient aussi permettre d'installer des puits d'observation dans les dépôts meubles pour l'échantillonnage et le suivi des variations de la nappe. Les puits installés sont aussi utilisés pour la réalisation d'essai de perméabilité pour l'estimation des caractéristiques hydrauliques de l'aquifère.

Méthodologie

La localisation des forages rotonomic a été faite sur la base des résultats préliminaires des levés de sismique de surface et des CPT (2009) et de façon à combler le peu de connaissance de la stratigraphie du quaternaire provenant des données existantes. De la même façon que pour les forages au roc conventionnels, chaque site choisi a dû être localisé sur le terrain et des ententes ont été convenues et signées avec les propriétaires prêts à accepter la présence des puits pour une période de 20 ans. Une seule entente a dû être modifiée (RS02) pour la rapporter sur un an seulement. Pour choisir la compagnie de forage, un appel d'offres sur invitation a été affiché par l'INRS et une seule la compagnie Boart Longyear Canada a soumissionné (ce sont les seuls à avoir l'équipement pour ce type de forage). Boart Longyear a mis au point une nouvelle méthode de forage appelée 'rotonomic' qui permet d'échantillonner tous les types de sols et de roc en continu (même quand il y a présence de cailloux ou de blocs). Les échantillons recueillis ont un diamètre de 4 pouces et sont peu remaniés, ce qui permet de réaliser plusieurs types d'essais dont entre autres la scannographie (pour étudier la structure interne et minéralogique basée sur les contrastes de densité) et le balayage en rayon X à Fluorescence (XRF, mesure les éléments minéraux et métaux du tableau périodique allant du phosphore au bismuth). Tous les échantillons ont été décrits pour fournir des descriptions stratigraphiques détaillées et un sous échantillonnage ciblé a aussi été effectué pour permettre de réaliser plusieurs autres types de tests (granulométrie, analyse des macro-restes et de microfossiles, extraction d'eau interstitielle pour analyse géochimique et analyses chimiques sur des sous-échantillons de sols). Tous les forages rotonomic ont atteint le roc (environ à 2 m dans le roc) et ils ont été installés en puits d'observation, dont certains en double niveau (un dans la séquence quaternaire et un dans la partie supérieure du roc), pour détecter des éventuelles différences de niveau piézométrique et de qualité d'eau. Les puits ont aussi servi à réaliser des essais de perméabilité (*slug test*) pour mesurer la conductivité hydraulique.

Synthèse des travaux

Quatre forages de type « rotonomic » ont été effectués par la compagnie Boart Longyear durant les mois d'octobre et de novembre 2010, pour un total foré de 140 m. Les 4 forages ont été forés jusqu'au roc (environ 2 m dans le roc) et installés en puits d'observation (5 cm ou 2 pouces de diamètre), dont deux des quatre puits sont en double niveau. Le tableau A3-3, annexe 3, fournit le détail de ces forages, dont la localisation et la profondeur des puits réalisés. Leur localisation est aussi présentée sur la carte 3 de l'annexe 1. Les analyses XRF et de scannographies ont déjà été effectuées et sont décrites à la section 2.10. Les figures 80 à 83 de l'Annexe 4 présentent les descriptions des forages.

Exemple de résultat

En résumé, le puits RS01 visait à traverser la couche d'argile marine de la Mer de Champlain et les sables de couverture, le RS02 à identifier la présence d'un esker, le RS04 avait comme objectif de traverser des sédiments sableux sous la couche d'argile et le RS05, d'identifier les sédiments grossiers sur la bordure sud des Montérégiennes.

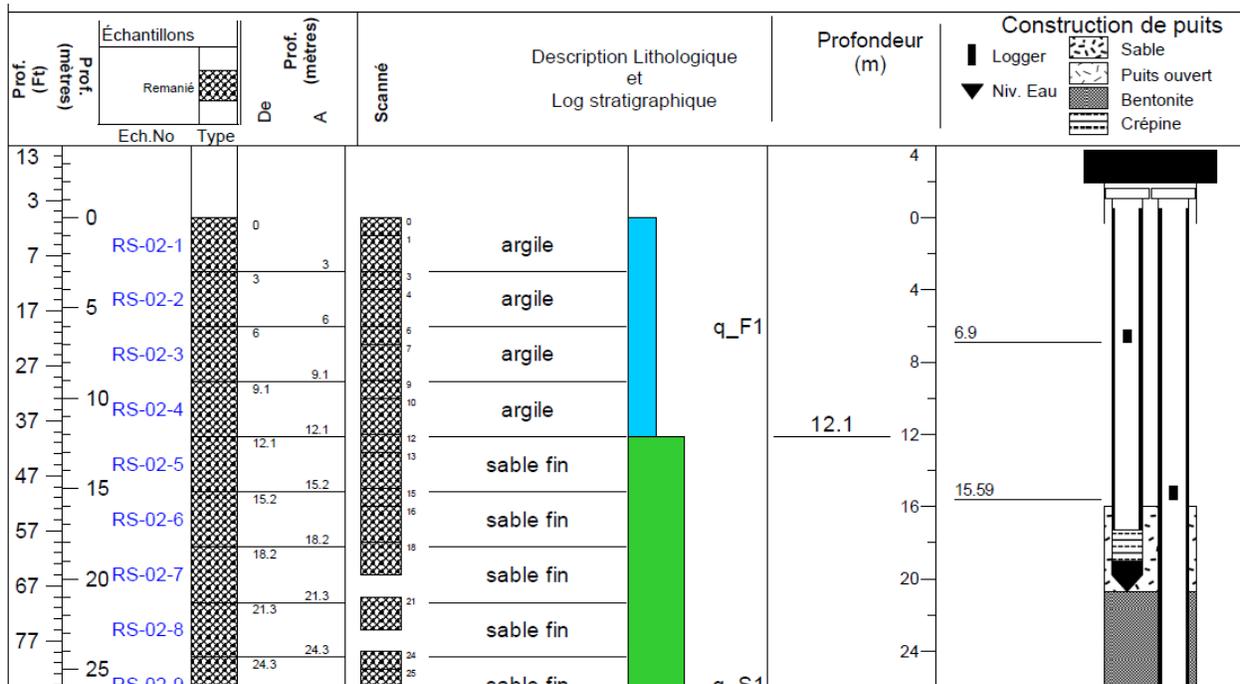


Figure 11 : Extrait de la description d'un forage rotosonic (RS02)

5.6 Installation de capteurs de pression

Objectif

L'objectif est d'enregistrer les fluctuations de la nappe de façon régulière et continue, de manière à pouvoir, à court terme, utiliser ces données pour estimer la recharge et à long terme, suivre le niveau d'eau afin d'être en mesure de détecter un changement systématique. Les données, après plus de 10 ans d'enregistrement, pourront commencer à servir pour estimer l'impact des changements climatiques ou d'activités anthropogéniques sur les taux de recharge.

Méthodologie

Un capteur de pression, dont la pression maximale est adaptée à la profondeur de la nappe, a été installé dans le puits à une profondeur assez grande pour qu'il ne soit pas dénoyé en été (en fonction du battement annuel approximatif de la nappe) dans tous les forages et sondages réalisés. Des enregistrements aux 6 h ont été programmés, pour bien capter les fluctuations quotidiennes de la nappe dues aux changements de pression (dans le cas d'une nappe captive) ou à l'infiltration des précipitations (pour une nappe libre).

Synthèse des travaux

Des capteurs de pression de 0.75 po de diamètre de la compagnie Solinst® ont été installés à l'été 2010 dans tous les puits conventionnels et rotosonic. Des capteurs de pression de 0.5 po

de diamètre de la marque Schlumberger ont été installés dans les piézomètres. La figure 12 présente le matériel servant à l'installation (sonde à niveau d'eau, capteur, câble, ordinateur).



Figure 12 : Opération d'installation d'un capteur de pression dans un puits d'observation

Exemple de résultat

Une tournée de prélèvement des enregistrements de niveaux d'eau a été effectuée en mars 2010 pour s'assurer que tous les capteurs étaient fonctionnels avant la recharge du printemps. Les données recueillies n'ont pas encore été compilées.

5.7 Essais de perméabilité

Objectif

La connaissance des propriétés hydrauliques des formations géologiques est essentielle dans le cadre d'une étude de caractérisation hydrogéologique. Les essais de perméabilité (souvent appelé « *slug tests* », leur nom anglais), sont nettement moins longs et moins fastidieux que les essais de pompage conventionnels de 72 h et permettent tout de même d'obtenir une bonne estimation de la conductivité hydraulique. Ces valeurs sont toutefois beaucoup plus locales que celles obtenues avec les essais de pompage du fait de l'impact limité de la zone affectée par le volume d'eau déplacé. Les valeurs sont donc dites « ponctuelles ».

Méthodologie

Ces essais hydrauliques de courte durée ont été effectués dans près d'une vingtaine de puits. Tous les puits installés durant le projet seront testés. Nous avons également cherché à faire des essais dans quelques puits municipaux pour obtenir des valeurs maximales de K pour une unité rocheuse donnée. En effet, les puits municipaux sont généralement profonds, bien développés et ont une conductivité élevée. Toutefois, comme les critères pour tester ces puits sont assez contraignants (puits ayant au moins 15 m dans le roc et un débit de plus de 2 gpm, dans lequel il n'y a pas de pompe et qui n'est pas situé à proximité d'un autre puits en pompage), seulement quatre puits municipaux ont pu être testés.

Deux types d'essais de perméabilité ont été effectués pour obtenir des estimations de la conductivité hydraulique locale du roc : l'un, pneumatique, et l'autre, en utilisant une sonde géophysique (essais appelés *logging-probe slugtest*). La première méthode, dite pneumatique,

consiste à augmenter la pression d'air au-dessus de la colonne d'eau du puits pour en rabaisser le niveau (scellé pendant l'essai) et ensuite la relâcher, en révélant un rabattement conséquent du niveau d'eau dans le puits (voir Figure 12). La seconde, nommée *logging-probe slugtest*, consiste à immerger ou à retirer rapidement de l'eau une sonde diagraphique pour modifier le niveau d'eau. Ces résultats seront mis en relation avec la fracturation observée sur les parois de ces puits lors des diagraphies lorsque possible.



Figure 13 : Instrumentation pour l'essai de perméabilité pneumatique sur le puits P13

Synthèse des travaux

Le tableau 2 fait la synthèse des acquisitions. La carte 8 de l'annexe 1 illustre les puits où des essais ont été effectués. Le reste des essais sera réalisé l'été prochain. Les valeurs obtenues permettront de comparer les résultats de ces deux méthodes, et aussi avec celles disponibles dans les rapports et bases de données issus d'essais de pompage court (fournissant la capacité spécifique) ou long (ex. : essais 72 h). Éventuellement, leurs résultats seront intégrés à la base de données du projet.

Tableau 2 : Essais de perméabilité réalisés à l'automne 2010

Méthode utilisée	Nombre de puits*	Plage de conductivités hydrauliques K (m/s)
<i>logging-probe</i>	12 / 20	2.6×10^{-8} – 3.4×10^{-5}
pneumatique	3 / 20	5.8×10^{-8} – 1.4×10^{-4}

* Note : Nombre de puits dans lesquels les mesures ont été effectuées

Exemple de résultat

L'ensemble des données acquises durant l'automne 2010 a déjà été interprété. La figure 14 présente un exemple d'interprétation et de résultat obtenus pour le puits P03 à St-Marcel-sur-Richelieu. L'ajustement de la droite semi-log de Bouwer & Rice (1976, 1989) sur les données traitées de cet essai fournit une valeur de K de 4.0×10^{-6} m/s.

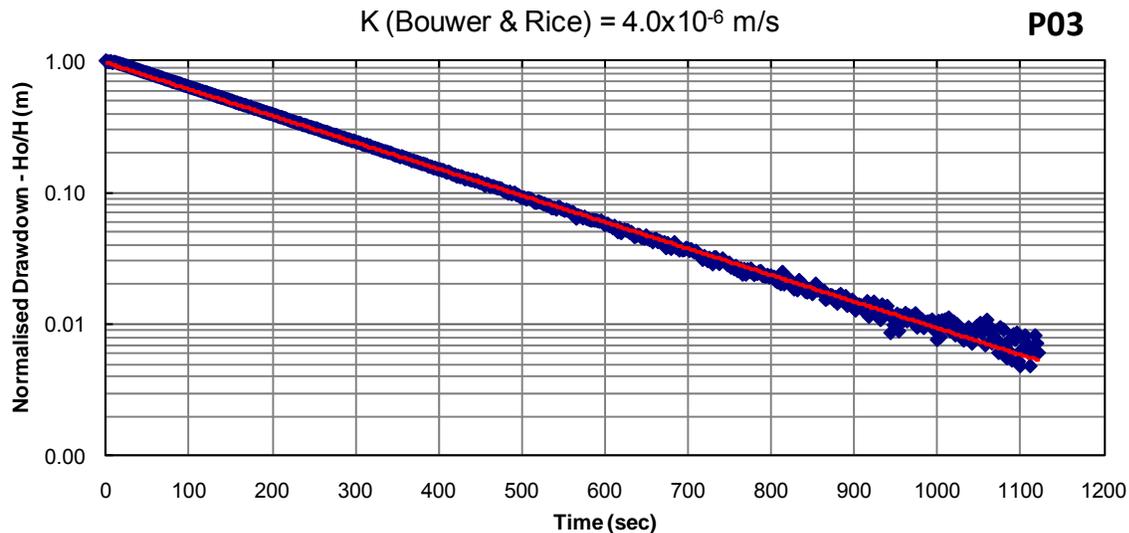


Figure 14 : Exemple d'interprétation d'un essai de perméabilité
Puits P03, essai interprété avec la méthode de Bouwer et Rice (1989)

5.8 Échantillonnage d'eau

Objectif

L'objectif de la campagne d'échantillonnage d'eau souterraine dans des puits (au roc ou dans les dépôts granulaires) était d'établir un portrait hydrogéochimique de l'eau souterraine dans la région d'étude.

Méthodologie

Afin de déterminer les sites d'échantillonnage, les différents contextes géologiques ont été pris en considération, en plus de la couverture spatiale du territoire. Chaque échantillon a été prélevé conformément à un protocole, élaboré spécifiquement pour le PACES par l'UQAT. Le nombre d'échantillons à prélever a été déterminé pour assurer une bonne couverture du territoire en tenant compte aussi des limites budgétaires. Un maximum de 250 échantillons a été fixé pour l'analyse des paramètres chimiques de base, incluant les duplicata et les échantillons de contrôle (« blancs »).

Afin d'atteindre les objectifs fixés, la planification des travaux d'échantillonnage a été réalisée au printemps 2010 en trois étapes :

1. Le territoire à l'étude a été divisé en 202 cellules carrées selon un maillage régulier de 7 km. Au moins un échantillon devait être prélevé dans chacune des cellules, dans la mesure où la présence de puits le permettait.

2. Six (6) secteurs d'intérêt ont été ciblés pour la réalisation des « transects » géochimiques. Ces transects sont des axes linéaires généralement parallèles à l'écoulement régional et où une plus grande densité d'échantillons a été prélevée. Cette stratégie d'échantillonnage géochimique va permettre de mieux définir l'évolution géochimique de l'eau souterraine dans le sens de l'écoulement. Les endroits où il y a plus de puits de contrôle ou des levés géophysiques ont été privilégiés pour bien définir les conditions hydrogéologiques.
3. Les 36 puits d'observation aménagés à l'été et l'automne 2010 ont permis le prélèvement d'échantillons supplémentaires aux endroits présentant des intérêts hydrogéologiques particuliers ou encore aux endroits où des points d'échantillonnage étaient requis à cause de l'absence de puits privés.

La campagne d'échantillonnage a été réalisée à l'été 2010. Deux équipes de deux personnes ont travaillé à plein temps de la mi-juin à la fin-août afin de prélever des échantillons dans des puits privés en milieu résidentiel et agricole principalement. Une seule équipe a par la suite complété les travaux en octobre, novembre et décembre 2010 pour l'échantillonnage des nouveaux puits d'observation.

Pour choisir les puits à échantillonner, la liste des puits répertoriés dans le SIH (Système d'information hydrogéologique du MDDEP) possédant une adresse postale a été dressée pour chacune des 202 cellules (du maillage de 7 km par 7 km). Chaque équipe d'échantillonnage s'est vu attribuer un certain nombre de cellules pour lesquelles elle devait trouver un des puits de la liste, obtenir l'autorisation du propriétaire et prélever un échantillon. Les équipes se présentaient directement chez le propriétaire, sans rendez-vous préalable. Lorsqu'aucune autorisation de propriétaire n'était pas obtenue parmi toutes les adresses répertoriées pour une cellule donnée (absence des propriétaires ou refus) ou lorsque le contexte était défavorable (présence d'un système de traitement d'eau, aucun robinet extérieur accessible), un échantillon était alors prélevé chez un voisin ou dans tout autre puits d'alimentation au roc présent dans cette cellule, si possible voisin d'un des puits de la liste. Le choix d'un puits alternatif impliquait cependant l'obtention de certaines informations de base par le propriétaire telles que le type de puits, sa profondeur et la date de forage (soit des informations normalement fournies par le SIH). L'opération a été réalisée à un rythme moyen de 3 à 4 cellules par jour par équipe.

Lors de la rencontre avec le propriétaire, un dépliant expliquant les objectifs généraux du projet PACES était remis. Une fois l'autorisation verbale du propriétaire obtenue, le protocole d'échantillonnage lui était brièvement présenté et une entrevue était réalisée afin de permettre à l'équipe de remplir le cahier des observations (cahier bleu). Des informations telles que les coordonnées du propriétaire, perception de la qualité de l'eau, le type d'utilisation, le débit approximatif du puits, la profondeur et l'année de construction étaient notées dans le cahier. Le formulaire du cahier des observations est présenté à l'annexe 2. En guise de remerciement, il était proposé au propriétaire de lui transmettre les résultats analytiques lorsque celles-ci seraient disponibles. La transmission des résultats aux différents propriétaires est en cours de réalisation.

Chacun des échantillons a été prélevé conformément au protocole de prélèvement d'échantillons d'eau souterraine élaboré par l'UQAT dans le cadre du PACES. L'eau des puits d'alimentation privés a été prélevée directement au robinet extérieur des résidences, tout en s'assurant qu'aucun système de traitement n'était présent. Les puits d'observation ont quant à eux été prélevés à l'aide de pompes appropriées. Les puits conventionnels ayant un diamètre de 150 mm ont été purgés et échantillonnés avec une pompe électrique de type Redi-flow 2, tandis que les puits construits avec des tuyaux de PVC de 25 mm ou 50 mm de diamètre ont été

purgés et échantillonnés à l'aide d'une pompe manuelle, soit une tubulure avec un embout avec une valve à bille, de type Waterra. Des exemples sont présentés à la figure 15.



Figure 15 : Pompes utilisées pour la purge et l'échantillonnage des puits d'observation
À gauche : utilisation d'une pompe Redi-flow 2 dans un puits d'observation conventionnel.
À droite : utilisation d'une pompe de type Waterra pour l'échantillonnage d'un puits aménagé par l'équipe de forage de l'INRS.



Figure 16 : Illustration de diverses procédures d'échantillonnage
À gauche : remplissage de la bouteille de 1L pour l'analyse des isotopes du carbone.
Au centre : filtration de la bouteille pour l'analyse des nutriments (seringue avec filtre 0,45 µm).
À droite : mesure de différents paramètres *in situ* à l'aide d'une sonde multi-paramètres YSI.

La purge des puits visait à obtenir une eau représentative de la formation géologique et, l'évolution des propriétés physico-chimiques de l'eau purgée a été mesurée *in situ* à l'aide d'une sonde multi-paramètres de marque YSI. Les paramètres mesurés étaient les suivants : pH, température (°C), oxygène dissous (% et mg/L), solides totaux dissous (mg/L) et conductivité spécifique (mS/cm). L'échantillon était prélevé uniquement lorsque la sonde confirmait une stabilité pour chacun des paramètres pendant au moins 5 minutes. La calibration de l'appareil était effectuée chaque matin.

Chaque échantillon est composé de plusieurs bouteilles ayant été remplies et identifiées une à une (voir la figure 16). Le tableau A2-1 de l'annexe 2 documente les différentes bouteilles prélevées en fonction des paramètres à analyser, les instructions de remplissage relatives à

chacune d'elles, de même que le nom du laboratoire ayant effectué les analyses. La figure 16 illustre deux des procédures d'échantillonnage qui ont été utilisées et la sonde YSI qui était employée pour le suivi des paramètres physicochimiques avant l'échantillonnage.

Les analyses pour les anions, les nutriments, les métaux et les sulfures ont été effectuées par le laboratoire Maxxam Analytique à chaque semaine, tout au long de la campagne d'échantillonnage. Les échantillons étaient placés dans des glacières et acheminés tous les mardis par un transporteur spécialisé en moins de 12 h vers le laboratoire de ville Saint-Laurent, près de Montréal. Ces bouteilles ont été remplies systématiquement à chacun des puits échantillonnés. Il en a été de même pour les paramètres CID, COD et azote total, analysés au laboratoire de l'INRS. Les bouteilles étaient acheminées au laboratoire de l'INRS tous les vendredis.

Les bouteilles prévues pour les isotopes stables de l'eau ($\delta^2\text{H} - \delta^{18}\text{O}$) et l'isotope nitrate ($\delta^{15}\text{N}$) sont actuellement conservées respectivement au réfrigérateur et au congélateur en attendant leur analyse, qui sera réalisée au cours de l'année 2011 au Delta Lab de la CGC. Les deux bouteilles requises pour l'analyse des isotopes stables de l'eau ($\delta^2\text{H} - \delta^{18}\text{O}$) ont été prélevées systématiquement à chacun des puits, tandis que les trois bouteilles pour l'isotope nitrate ($\delta^{15}\text{N}$) ont été prélevées sélectivement, principalement à proximité des zones agricoles. Finalement, les analyses relatives à la datation de l'eau (^3He , ^3H , ^{14}C , ^{13}C) sont en cours dans les laboratoires EIL Waterloo (Ontario) et Beta Analytic (Miami, USA). Les bouteilles associées aux analyses de datation ont été prélevées sélectivement, soit principalement dans la zone de recharge présumée pour le tritium et dans les secteurs susceptibles de contenir des eaux plus anciennes pour les isotopes du carbone.

La nomenclature des échantillons a été réalisée de façon séquentielle. Les échantillons provenant de puits d'alimentation privés portent les identifiants « INRS101 » à « INRS301 », ainsi que la date de prélèvement, tandis que les échantillons provenant des puits d'observation portent simplement le nom du puits suivi de la date de prélèvement. Par exemple, les puits d'observation aménagés par la foreuse conventionnelle ont été nommés P01 à P24 tandis que les puits d'observation aménagés par une foreuse rotosonic portent les identifiants RS01 à RS05.

Il est à noter que les précipitations sont également échantillonnées mensuellement depuis juillet 2010 à deux endroits pour analyser les isotopes stables ($\delta^2\text{H} - \delta^{18}\text{O}$). Ces échantillons serviront à tracer une droite météorique de façon à pouvoir mieux interpréter la signature de l'eau souterraine et celle de l'eau de surface.

Synthèse des travaux

Les travaux d'échantillonnage de l'eau souterraine ont été réalisés de juin à décembre 2010 sur tout le territoire de la Montérégie Est. Un total de 226 échantillons a été prélevé. En date de rédaction du présent rapport, la campagne d'échantillonnage est complétée à plus de 95% et les paramètres analytiques conventionnels ont été compilés de façon sommaire. Les résultats des analyses isotopiques associées à l'oxygène et à l'hydrogène et à la datation devraient être disponibles d'ici l'été 2011. Les analyses des isotopes de nitrate seront réalisées à l'automne 2011. Finalement, environ 4 puits d'observation supplémentaires seront aménagés à l'été 2011; ceux-ci seront donc échantillonnés à l'été 2011.

Voici quelques statistiques pour ces 226 échantillons d'eau souterraine :

- 189 puits privés (aux fins de consommation ou non)
- 36 puits d'observation installés pour les besoins de ce projet
 - 10 puits dans les sédiments aménagés à l'aide de la foreuse de l'INRS
 - 20 puits au roc installés par une foreuse conventionnelle
 - 4 puits dans les sédiments installés par une foreuse de type rotosonic
 - 2 puits complétés dans le roc installés par une foreuse de type rotosonic
- 2 sources

Parmi les échantillons prélevés, 204 proviennent d'aquifères rocheux fracturés et 22 proviennent d'aquifères granulaires.

Exemple de résultat

Les résultats de tous les paramètres mesurés et analysés ont été compilés sommairement, mais n'ont pas encore été validés, ni interprétés. La carte 1 de l'annexe 1 montre la localisation des 226 échantillons. Les résultats issus de cette campagne et leur interprétation permettront d'identifier les différents types d'eau sur le territoire à l'étude ainsi que les processus géochimiques dominants. De plus, ceux-ci permettront de définir l'influence des contextes géologiques et hydrogéologiques sur l'hydrogéochimie de l'eau souterraine. La géochimie de l'eau souterraine va aussi fournir des indications sur la dynamique d'écoulement, les zones de recharge et les temps de résidence de l'eau souterraine. La géochimie va aussi être utilisée pour contraindre la modélisation numérique de l'écoulement régional. Enfin, l'effet des activités anthropiques sur la qualité d'eau, particulièrement la présence de nitrates, sera aussi évalué.

5.9 Échantillonnage de sol et d'eau pour les nitrates

Objectif

L'objectif visé par l'échantillonnage de sol provenant du premier mètre sous la surface, de l'eau de surface et de certains puits et piézomètres dans deux petits sous-bassins versants du bassin de la rivière aux Brochets est de mieux comprendre le cheminement des nitrates en zone agricole, de l'épandage jusqu'à la nappe.

Méthodologie

L'échantillonnage de sols a été effectué à trois reprises en 2010 : en avril 2010, avant l'épandage printanier, en août 2010, alors que les plantes sont au maximum de leur croissance, et en décembre 2010, lorsque les plantes sont mortes. L'échantillonnage a été fait avec une tarière manuelle à 30, 60 et 90 cm de profondeur, soit dans la zone non saturée (sous la zone racinaire), à neuf sites répartis dans les bassins des ruisseaux Walbridge et Ewing, situés au nord-est de la Baie Missisquoi. La majorité des endroits sélectionnés pour l'étude était dédiée à la culture du maïs.

Les échantillons étaient mis dans des sacs de types « Ziploc » sur un lit de glace dans une glacière, sans fermer ni la glacière ni les sacs pour éviter que le manque d'oxygène ne change les rapports isotopiques. Pour récupérer le contenu en eau des échantillons de sol en laboratoire, les étapes suivantes ont été suivies :

- 1) Vider le contenu des sacs de sols dans des bols en acier inox,

- 2) Ajouter une certaine quantité d'eau distillée (de 100 à 200 ml) afin d'obtenir assez d'eau pour remplir 2 bouteilles de 50 ml, remuer le bol pour mélanger et laisser reposer,
- 3) Vider la partie liquide dans des éprouvettes et les passer à la centrifugeuse,
- 4) Filtrer l'eau récupérée des éprouvettes à l'aide d'un filtre à pompe électrique de 1 μm , puis 0,08 μm et terminer avec des filtres de 0,045 μm .

Cette eau sera analysée pour les concentrations en nitrates, mais aussi pour les isotopes des nitrates. D'autres étapes pour mesurer le contenu en eau de l'échantillon sont aussi prévues dans le protocole (en développement).

Des échantillons d'eau souterraine ont également été prélevés cet été dans les piézomètres installés suite à la réalisation des sondages CPT à l'aide d'une pompe Waterra et dans quelques puits résidentiels (dont certains sont aussi associés à l'étude de géochimie générale). De plus, l'eau de trois ruisseaux a été prélevée. Seuls les anions majeurs, dont les nitrates, ont été analysés (sauf dans le cas des puits faisant partie de l'étude sur la géochimie générale, pour lesquels tous les paramètres mentionnés à la section 5.8 ont été analysés). Les analyses isotopiques seront effectuées durant l'année 2011-2012 ($\delta^{2}\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ pour l'eau souterraine et de surface, et $\delta^{15}\text{N}$ pour tous les échantillons).

Tel que mentionné dans la section 5.8, les analyses $\delta^{2}\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ seront effectuées par le Delta Lab de la CGC, mais les analyses des isotopes de nitrates ($\delta^{15}\text{N}$) seront réalisées par les deux étudiantes de maîtrise Rachel Thériault et Châtelaine Beaudry. La formation par l'équipe du Delta Lab pour ces dernières analyses est prévue à l'automne 2011. Il est à noter que toutes les analyses (incluant les opérations 1 à 4 pour les sols) doivent être effectuées dans un délai de 24 h après décongélation (c'est-à-dire la sortie du congélateur) pour éviter que les rapports isotopiques ne soient modifiés. Les analyses de concentrations des anions ont été faites au laboratoire de l'INRS.

Synthèse des travaux

La filtration des échantillons s'est avérée être beaucoup plus ardue que prévu initialement, la majorité des sols contenant beaucoup de particules fines. Même après centrifugation, il fallait utiliser une trop grande quantité de filtres manuels 0,07 μm et 0,045 μm pour que le procédé puisse être utilisé de façon pratique (des centaines de filtres pour chaque échantillon).

Suite au premier échantillonnage de sol au printemps 2010, nous avons réalisé que la centrifugeuse était nécessaire dans tous les cas et que les sols très cohésifs (ex. : argile raide) ne pouvaient pas être utilisés pour ce genre d'analyse, l'eau ajoutée ne pouvant pas se mélanger facilement à l'eau contenue dans les sols. De plus, les filtres qu'on peut ajuster aux seringues se bouchaient tellement vite qu'il était impensable de pouvoir remplir 2 bouteilles de 60 ml. La première campagne d'échantillonnage a donc servi à déterminer la concentration en nitrate et a permis de montrer que plusieurs échantillons d'eau avaient des seuils qui dépassaient celui requis pour l'analyse des isotopes de nitrate (soit 0,3 mg/l). Une nouvelle étape a donc été ajoutée au protocole : la filtration à l'aide d'un filtre à pompe.

En août 2010, la seconde campagne a été réalisée. Toutefois, même avec un filtre à pompe, la filtration est fastidieuse et demande beaucoup de temps. Il a alors été décidé de laisser congeler tous les échantillons et de faire toutes les analyses en même temps (incluant les échantillons d'eau souterraine et de surface) et de ne décongeler que quelques échantillons de sols à la fois pour avoir le temps de les traiter dans le délai de 24 h. Une troisième campagne d'échantillonnage de sol et d'eau de rivière a eu lieu au tout début décembre. Tout a été congelé. Une dernière campagne sera effectuée en avril 2011.

Exemple de résultat

Seuls les résultats des concentrations en nitrates ont été obtenus pour la campagne d'échantillonnage de sol d'avril 2011. Les concentrations de l'eau diluée variaient de 0,02 à 9,7 mg/L pour les 17 échantillons traités.

5.10 Scanographie et analyses XRF des échantillons de sol

Objectif

La scanographie et les analyses XRF ont été faites sur l'ensemble des sédiments prélevés lors des forages rotosonic. Ces analyses sont pertinentes pour la description des lithologies et la distinction des unités stratigraphiques, la localisation d'objets pouvant être utilisée pour de la datation (coquillages, bouts de bois et matière organique), l'identification des environnements de déposition des sédiments, la distinction de la provenance des sédiments, ainsi que la géochimie des sols (leur contenu en divers éléments, dont les métaux, ex. : Zn, Cu, As).

Méthodologie

Les scannographies à rayon X ont été réalisées à l'INRS au laboratoire du professeur Bernard Long. Tous les échantillons de sols (carottes) en bon état ont été « scannés ». Pour ce faire, il a fallu d'abord classer, identifier et transporter délicatement les sacs de carottes à analyser sur la table de scannographie de façon à ce que le haut de la carotte soit balayé en premier. Il est important de minimiser la perturbation de l'échantillon lors de la manipulation. Les carottes peuvent rester dans les sacs de plastique dans lesquels ils ont été placés après extraction du tube d'échantillonnage de la foreuse rotosonic. Pendant le scan, il faut regarder les résultats en direct avec le technicien en radiographie afin d'identifier les éléments d'intérêt présents dans l'échantillon (cailloux, stratification, coquillages, traces fossiles, morceaux de bois ou matière organique, pièces de foreuse ou débris). Une ou deux personnes de notre équipe ont participé en tout temps à la réalisation de ces travaux.

Les analyses XRF (Fluorescence à rayon X) mesurent l'ensemble des éléments du tableau périodique compris entre le potassium (K) et le bismuth (Bi). Ces analyses ont été effectuées sur l'ensemble des échantillons de sols prélevés par la foreuse rotosonic. Les analyses sont faites sur des échantillons d'un centimètre de diamètre et deux micromètres d'épaisseur au laboratoire de l'INRS à l'aide d'un appareil prêté par l'université Laval. Les analyses ont été réalisées à tous les 50 cm, en faisant une incision dans les sacs de 15 cm et en enlevant la partie superficielle remaniée de la carotte de sol (environ 3 cm). Il est à noter qu'il faut protéger, à l'aide d'un morceau de film plastique, le bout de l'appareil afin de le garder propre lors de la mesure.

Par la suite, la description stratigraphique des carottes a été effectuée par un géologue, en consultant les logs de forage ainsi que les résultats de la scanographie pour cibler les endroits à investiguer. Ainsi, les intervalles à échantillonner pour les analyses à venir ont pu être identifiés (granulométrique, minéralogique, géochimique de sol, eau interstitielle des argiles, micro-restes et macrofaune).

Synthèse des travaux

Environ 140 m de carottes ont été scannés, analysés par XRF et décrits par un géologue. Nous avons en main les résultats, mais leur interprétation sera effectuée durant la prochaine année fiscale (Phase III).

Au printemps et à l'été 2011, des échantillons d'argile marine seront prélevés de ces carottes pour les soumettre à une presse pour extraire l'eau interstitielle. Celle-ci sera analysée afin de connaître ses caractéristiques et ainsi conclure sur le mélange ou la dilution de cette eau issue, du moins en partie, de la mer de Champlain. Les analyses granulométriques seront également effectuées durant l'année fiscale 2011-2012.

Étant donné que le « matériel » (les carottes de sol) est limité et que certaines analyses sont destructives, il est primordial de commencer par l'analyse la moins destructive et de terminer par la plus destructrice. Un protocole est en cours de développement pour le prélèvement de tous les échantillons requis et pour leur préparation pour les analyses prévues.

Exemple de résultats

Les résultats des analyses XRF sont fournis à l'Annexe 5. La figure 17 montre un exemple de scan d'une section d'échantillon de sol prélevé par la foreuse rotonsonic.



Figure 17 : Exemple de scan d'un échantillon de sol prélevé lors des forages rotonsonic

5.11 Diagraphies dans les puits

Objectif

Les diagraphies servent à acquérir des données physiques ou hydrauliques sur les caractéristiques des puits, les unités rocheuses présentes dans ces puits et leurs fractures, ainsi que sur l'eau souterraine contenue dans les puits.

Méthodologie

Les diagraphies ont été réalisées dans des puits ouverts au roc par le Dr Roger Morin du US Geological Survey (Denver), un des partenaires scientifiques du projet. Les sondes utilisées à l'automne 2010 ont permis de mesurer le diamètre du puits (*caliper*), la radioactivité naturelle (*natural gamma*), la résistivité normale et la propagation des ondes acoustiques (*full waveform sonic*), la température et la résistivité du fluide dans le puits, la fracturation visible sur les parois des forages (visualisée par *acoustic televiewer*) et les débits des fractures perméables lorsque les puits étaient en pompage (par débitmètre ou *flowmeter*).

Les profils verticaux obtenus permettent ainsi de distinguer les lithologies locales tout en estimant certaines de leurs propriétés (ex. : porosité, paramètres élastiques, densité et patrons de fracturation) et serviront également dans la construction et l'ajustement vertical du modèle géologique de la région. Les renseignements obtenus sur la fracturation du roc pourraient se révéler d'une grande importance pour la compréhension de l'écoulement à l'échelle régionale.

Le tableau 3 détaille les sondes qui ont été utilisées à l'automne 2010. Une fois les diagraphies traitées sur ordinateur avec une préparation adéquate, elles seront interprétées, tout d'abord pour identifier les formations rocheuses traversées par ces forages et, ensuite, pour évaluer quantitativement certaines de leurs propriétés. Le tableau 3 présente aussi quelques exemples de propriétés recherchées.

Tableau 3 : Sondes utilisées à l'automne 2010 pour réaliser les diagraphies de 20 puits

Sonde (nom <i>anglais</i>)	Nombre de puits*	Exemple de caractéristiques déduites
<i>Caliper</i>	20 / 20	localisation de fractures
<i>Multifunction</i>	20 / 20	lithologie/minéralogie
<i>Acoustic televiewer</i>	19 / 20	localisation et géométrie des fractures
<i>Full waveform sonic</i>	17 / 20	lithologie/minéralogie, porosité
<i>Flowmeter</i>	10 / 20	transmissivité des fractures

* Note : Nombre de puits dans lesquels les mesures ont été effectuées

Synthèse des travaux

Lors des travaux sur le terrain à l'automne 2010, il y a eu réalisation de diagraphies dans la majorité des puits nouvellement forés dans le cadre du projet, ainsi que dans quelques puits municipaux (les mêmes que pour ceux des essais de perméabilité). Plusieurs sondes géophysiques ont été utilisées. Les diagraphies obtenues comprennent des mesures en continu des variations verticales des paramètres suivants :

- ◆ diamètre du forage;
- ◆ résistivité de la roche autour du puits;
- ◆ radioactivité naturelle des minéraux;
- ◆ température et résistivité du fluide dans le puits;
- ◆ relief des parois, par imagerie acoustique, révélant les fractures (voir Figure 18);
- ◆ propagation des ondes acoustiques dans le milieu;
- ◆ déviation du forage par rapport à la verticale.

Exemple de résultat

La figure 18 présente un exemple des images obtenues à l'aide de la sonde *televiwer* dans le puits P03, près de la municipalité de St-Marcel-sur-Richelieu. La sonde mesure les temps pris par les ondes acoustiques émises par la sonde pour faire l'aller-retour, de la sonde jusqu'à la surface de réflexion. Dans l'image de la figure 18, ce sont les amplitudes des ondes réfléchies mesurées qui sont représentées en tons de gris. La paroi du puits est ici projetée en plan 2D. Puisque l'objet à représenter est cylindrique, l'abscisse est en degrés, 0° étant le Nord. Ainsi, on repère facilement les fractures, car ces cavités augmentent le temps d'aller-retour des ondes qui y pénètrent et diminuent l'amplitude retournée. De plus, la projection 2D de ces plans inclinés coupant le puits cylindrique correspond à des sinusôïdes dont l'amplitude et le minimum donnent respectivement le pendage et la direction de chacune des fractures.

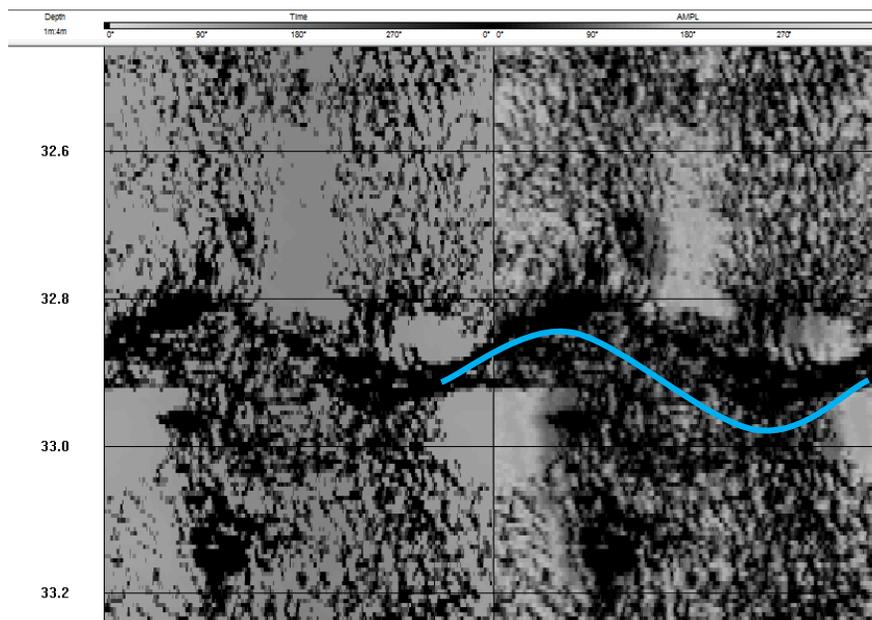


Figure 18 : Exemple de diagraphie acquise par la sonde « acoustic televiwer ». Extrait de l'imagerie de la paroi du puits P03. La sinusôïde bleue souligne la présence d'une fracture de très faible pendage et dirigée vers l'ouest, à une profondeur de 32.9 m.

La localisation des diagraphies réalisées en 2010 est présentée sur la carte 7 de l'annexe 1. Les graphiques des mesures faites par les diagraphies sont présents à l'Annexe 3, figures 66 à 79.

5.12 Levés géophysiques

Les mesures géophysiques acquises lors de cette seconde phase auront une place centrale dans la conceptualisation et la construction des modèles géologiques et hydrogéologiques. Ces mesures indirectes acquises de manière continue et à relativement faibles coûts par rapport aux données conventionnelles (forages) seront transformées en paramètres hydrogéologiques grâce à l'information croisée obtenue sur les sondages CPT et les forages conventionnels. Comme une seule mesure physique ne permet pas de caractériser tous les matériaux à plusieurs échelles et à des coûts raisonnables, plusieurs méthodes géophysiques ont été déployées afin de répondre à l'ensemble des besoins. Toutes ces méthodes seront intégrées dans un logiciel de SIG 3D afin de définir l'hydrostratigraphie et d'augmenter notre compréhension de la région. Le tableau 4 résume les levés géophysiques acquis en 2010-2011.

Tableau 4 : Levés géophysiques acquis en 2010

Méthode	Longueur totale des levés acquis (km)
Sismique*	100 km
TDEM	200 km
Résistivité électrique	6 km

* : Les levés sismiques ont été acquis en 2009 et 2010.

Sismique de surface

Objectif

Les levés de sismique réflexion permettent de faire l'imagerie des structures internes des dépôts meubles ainsi que de caractériser l'interface entre ces dépôts et le roc fracturé ou le till sous-jacent. Par ailleurs, le traitement avancé des données sismiques réflexion permet de définir des images de vitesses sismiques des ondes P, Sv et Sh, paramètres permettant notamment de différencier les argiles des sables.

Méthodologie

Le principe d'un levé sismique réflexion consiste à émettre une onde acoustique et à enregistrer les signaux réfléchis, transmis ou réfractés à l'aide de capteurs (géophones) déposés sur le sol. Les levés et le traitement des données sismiques ont été réalisés par une équipe de la CGC (sous la direction du Dr. André Pugin) sur des routes secondaires de la région à l'étude en deux phases : en septembre et octobre 2009 (3 semaines) et en septembre et octobre 2010 (trois semaines). L'équipement utilisé comprend une source multidirectionnelle installée sur un véhicule lourd (« Minivib II») et une flûte sismique terrestre de 48 luges sur lesquelles sont fixées des unités de géophones à trois composantes, deux horizontales et une verticale.

Synthèse des travaux

L'acquisition de mesures sismiques multi-composantes à haute résolution a permis de récolter des données sur treize tracés (ou lignes) totalisant environ 100 km. Le contexte géologique des Basses-Terres, comprenant une épaisse couche d'argile et silt de la Mer de Champlain, est particulièrement propice à l'utilisation de méthodes sismiques. Ces travaux ont d'ailleurs fourni des profils extrêmement intéressants, montrant clairement des stratifications et des changements de matériaux, indiquant des remontées potentielles de fluide (gaz ou eau) dans certaines couches et fournissant la profondeur du roc ou du till basal. Ces profils ont également servi à déterminer la localisation des autres levés géophysiques et des sites de sondages.

Exemple de résultat

Un exemple de résultats préliminaires est présenté à la figure 19. Dans le cadre de ce projet, les données de sismique de surface vont servir de référence aux autres données géophysiques, particulièrement dans les secteurs où la couverture argileuse est épaisse. La carte 4 à l'annexe 1 présente la localisation des levés sismiques réalisés en 2009 et 2010.

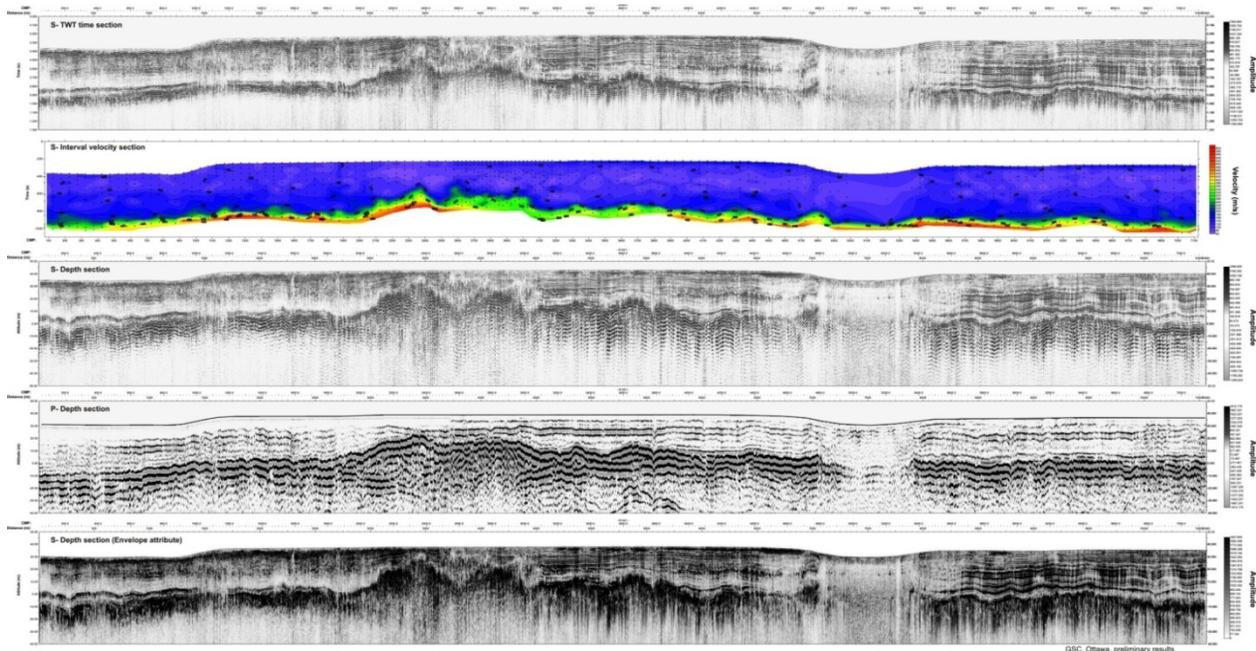


Figure 19 : Exemple de résultat préliminaire d'un des levés sismiques.
Ce levé a été réalisé par la CGC (Ottawa) à l'automne 2009 le long de la Ligne 2, située à l'ouest de Saint-Hyacinthe (figure fournie par A. Pugin, CGC).

Levés électromagnétiques dans le domaine du temps (TDEM)

Objectif

La résistivité électrique est une propriété très caractéristique des matériaux en Montérégie Est, comme le montrent les profils électriques obtenus par les sondages CPT. Les levés TDEM permettent de mesurer des profils verticaux de résistivité électrique qui vont permettre d'identifier sommairement les matériaux (épaisseur d'argile et profondeur au roc).

Méthodologie

Ce système consiste en deux boucles, une émettrice et une réceptrice, et mesure le champ magnétique secondaire vertical en fonction du temps. Le champ magnétique mesuré permet, après analyse, d'obtenir des sondages verticaux de la résistivité électrique à partir de la surface. Lorsque le système est tracté, il permet d'obtenir des profils quasi continus de plusieurs kilomètres par jour. L'acquisition de données rapprochées le long de profils permet d'obtenir des images bidimensionnelles de la résistivité à une résolution métrique avec une profondeur d'investigation de plusieurs dizaines de mètres et de les relier à l'hydrostratigraphie. En revanche, la précision est plus faible que celle de la tomographie électrique et possède une sensibilité plus faible dans les premiers mètres.

Synthèse des travaux et exemples de résultats

En tout, 200 emplacements (stations) ont été sondés le long de 16 lignes. L'espacement moyen entre chaque station est de 1 km. Le traitement des résultats est en cours. Les graphiques de la figure 20 montrent un exemple de sondage TDEM (ligne T03) et de son inversion qui permet d'obtenir un profil de résistivité. À ce site, la couche supérieure de 26 m d'épaisseur a une résistivité correspondant à celle des argiles. Sous cette couche d'argile conductrice, on observe une couche plus résistive qui correspond au roc. La localisation des 200 km de levés TDEM est présentée à la carte 6 de l'annexe 1.

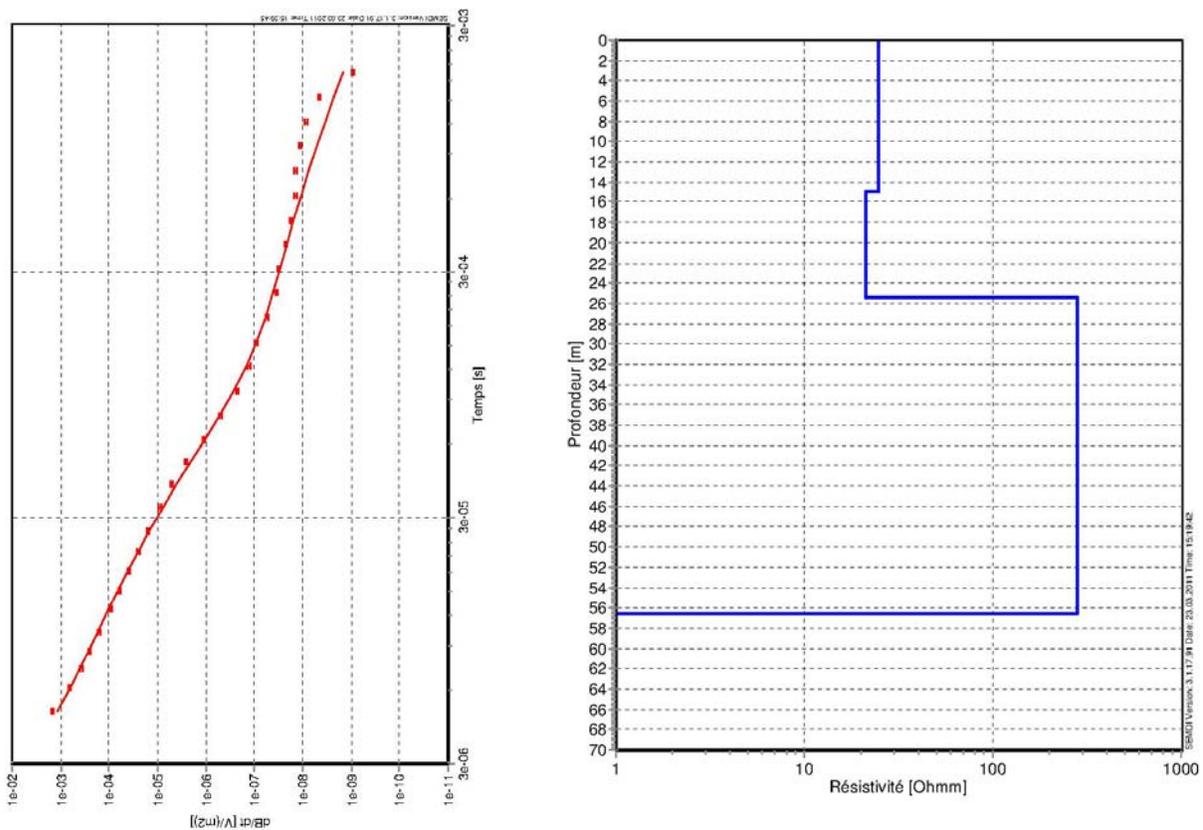


Figure 20 : Exemple de levé TDEM

À gauche, les points rouges sur le graphique représentent les mesures et la courbe continue correspond au meilleur modèle géoélectrique provenant de l'interprétation des données avec le profil de résistivité montré sur le graphique de droite.

Levés géoradar

Objectif

Le géoradar permet de faire une imagerie haute résolution de la stratigraphie des sables et graviers. Ces résultats serviront à mieux comprendre le mode de déposition des matériaux dans les zones sableuses et donc, de mieux comprendre le mode de mise en place.

Méthodologie

Le géoradar est une méthode géophysique qui permet de cartographier les structures souterraines présentant un contraste de permittivité diélectrique. Dans un milieu poreux comme des sables, la variation de la teneur en eau est le facteur principal déterminant ce contraste. Une impulsion électromagnétique de haute fréquence est émise par une antenne. Cette onde électromagnétique (EM) se propage dans le sol à l'instar de l'écho sonar. Lorsque cette onde parvient à une interface entre des milieux présentant un contraste de propriétés diélectriques, une partie de l'énergie de l'onde est réfléchi ou réfractée. L'énergie réfléchi et réfractée est enregistrée à une antenne réceptrice. La mesure de l'amplitude de l'onde en fonction du temps permet de construire une image bidimensionnelle des interfaces lithologiques du sous-sol de façon quasi continue.

Synthèse des travaux

Plusieurs centaines de mètres linéaires de mesures ont été acquis à l'automne 2009 lors de levés préliminaires réalisés à l'aide du système Mala de l'INRS. Des données complémentaires seront acquises au printemps 2011.

Levés électriques avec imagerie bidimensionnelle

Objectif

Les levés d'imagerie électrique permettent de caractériser avec une très haute résolution des zones présentant des anomalies de faible dimension ou présentant des structures fortement 3D définies par les autres méthodes géophysique, notamment, l'extension latérale des eskers, non détectables par TDEM et non accessible par la sismique, peut être caractérisée par cette méthode.

Méthodologie

Les sols et les roches sont des matériaux qui, selon leur nature, conduisent plus ou moins bien les courants électriques. En injectant dans le sol un courant d'intensité connue et en mesurant la différence de potentiel, on peut mesurer sa résistivité électrique. Des électrodes (tiges de métal) sont enfoncées dans le sol. De façon séquentielle, un courant est appliqué dans deux d'entre elles et le reste des électrodes mesure les différences de potentiel électrique. Ces mesures de potentiel électrique sont ensuite transformées grâce à un logiciel spécialisé en profils bidimensionnels de résistivité électrique. Ces mesures sont très précises, mais l'acquisition est relativement longue (1h30 pour un profil de 500 m et une profondeur d'investigation de 70 m).

Synthèse et exemple de résultats

À l'automne 2009 et l'été 2010, 6 km de levés électriques ont été effectués dans la région d'étude. Les mesures ont été faites avec le système SYSCAL Pro (IRIS instrument) de l'INRS comprenant 96 électrodes espacées de 5 m. Un exemple d'imagerie de résistivité électrique

pour le levé réalisé au site L2D est présenté à la figure 16. On peut y voir clairement l'interface irrégulière (entre 21 et 35 m de profondeur) entre les argiles et le till basal ou le roc (interface illustrée par une ligne pointillée). L'ensemble des levés électrique est localisé à la carte 5 de l'annexe 1.

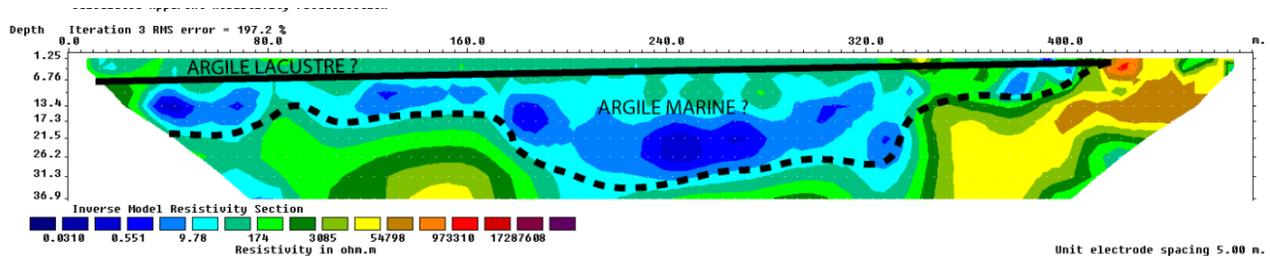


Figure 21 : Exemple de levé de résistivité électrique au site L2D

5.13 Évaluation de la recharge à l'aide du logiciel SWAT

Objectif

L'IRDA a, entre autres, comme rôle principal d'estimer la recharge de la nappe souterraine sur le territoire visé par modélisation hydrologique à l'aide du logiciel SWAT. Les résultats de cette méthode pourront être comparés à ceux des autres approches qui seront utilisées dans le cadre du projet (et en particulier le doctorat de Jean-Sébastien Gosselin).

Méthodologie

La majeure partie de cette phase a été consacrée au peaufinage du paramétrage de SWAT. En effet, la modélisation hydrologique à l'aide du modèle SWAT repose sur une représentation du territoire à l'aide de données à référence spatiale. Ces données doivent être de résolution spatiale suffisante pour bien identifier les particularités territoriales locales, mais assez générales afin de créer un nombre d'unités de calcul (HRU, *hydrologic response units*) qui soit aisément « gérable », par le modèle et le système informatique. Ainsi, si la résolution minimale et la précision maximale des données entrantes (*inputs*) sont gardées, celui-ci génère plus de 25 000 HRU, point auquel l'ordinateur atteint sa limite. Pour cette raison, plusieurs données ont été modifiées afin de les simplifier. Les modifications apportées sont les suivantes :

Modèle numérique de terrain

Le modèle numérique de terrain (MNT), d'une résolution de 30 m, issus de trois MNT de 10 m provenant de la BDTQ et du USGS, était trop volumineux pour effectuer la modélisation. Ce dernier a donc été ré-échantillonné à une résolution de 60 m. Le ré-échantillonnage a été effectué en utilisant la procédure *Resample* de ArcMap avec la méthode de ré-échantillonnage *Bilinear*. Cette dernière utilise la valeur des quatre pixels les plus près pour calculer une moyenne pondérée par la distance.

Comme le ré-échantillonnage modifie les valeurs, il a par la suite été nécessaire de modifier manuellement certaines valeurs, à des endroits bien précis du MNT, pour assurer un écoulement de l'eau dans le réseau hydrographique créé par SWAT qui respecte la localisation des rivières présentes sur le territoire.

En mars 2010, une première version de la carte de l'utilisation du sol a été remise. Cependant, cette carte ne distinguait pas les zones humides des étendues d'eau. À la demande de l'INRS, et à partir de la carte de l'utilisation du sol de résolution de 5 m, une nouvelle carte a donc été remise en juin 2010. Celle-ci reprend les classes qui avaient été identifiées initialement (carte 7 du rapport de la phase I), mais reclasse les milieux humides de la carte écoforestière. De plus, l'identification des milieux humides par Géomont et Canards Illimités (2008) a été ajoutée, ainsi que la carte de l'utilisation du sol américaine (USGS, 2003). Cette carte a ensuite été ré-échantillonnée à 30 m et un filtre (*Majority Filter*) a été appliqué afin d'éliminer les pixels aberrants.

Toutefois, compte tenu du nombre trop important de HRU créé par SWAT, cette carte a une fois de plus été modifiée. En regroupant certaines catégories d'utilisation du sol dont le comportement hydrologique peut être similaire, le nombre de HRU a été diminué. Ainsi, cette dernière version ne contient que 14 catégories, comparativement aux 38 catégories de la carte précédente. De plus, cette carte a été ramenée à une résolution de 60 m en utilisant la procédure « *Resample* » de ArcMap avec la méthode de ré-échantillonnage « *Majority* ».

La carte des sols préliminaire (carte 10 du rapport de la phase I) a elle aussi été retravaillée. En effet, celle-ci était en format vectoriel et provenait d'un amalgame d'études pédologiques dont les échelles spatiales étaient différentes. Pour chacun des polygones de cette carte, le modèle SWAT requiert une série d'informations pédologiques, telles que les profondeurs des horizons, les pourcentages de sable, limon et argile ou encore la conductivité hydraulique. Toutefois, pour plusieurs polygones (ex. : autoroute, ravin), ces informations n'existent pas. Un travail en profondeur a donc été effectué pour les éliminer ou les reclasser. Dans la plupart des cas, les polygones ont été édités manuellement afin de : 1) les fondre dans un polygone plus gros ou 2) les délimiter pour que les limites concordent avec les polygones autour (ex. : autoroute). Les polygones pour lesquels l'édition manuelle n'était pas possible se sont vus attribuer les caractéristiques pédologiques de sols semblables. Par exemple, les sols inondés ont été classés comme de l'eau et les affleurements rocheux se sont vus attribuer les valeurs retrouvées dans la base de données des sols américains. À cette carte ont aussi été ajoutés les sols américains. Au départ, les cartes SSURGO à une échelle de 1 : 24 000 ont été utilisées. Toutefois, l'utilisation de cette carte menait à un trop grand nombre de HRU dans SWAT. Comme le but premier est de modéliser la recharge de l'aquifère du côté canadien, même si l'échelle est moins précise, la carte générale des sols américains (STATSGO; 1 : 650 000) a finalement été utilisée.

Chaque polygone de la carte peut représenter une seule ou plusieurs séries de sols. Dans le cadre de la présente étude, lorsque plusieurs séries sont présentes dans un polygone, seul le sol dominant est considéré. Chaque série de sols possède un code unique, appelé *appellation cartographique*. Une appellation cartographique à l'intérieur d'une région (étude pédologique) possède une description de sol unique. Ces séries de sols sont cependant regroupées sous un code plus généralisé, appelé CODE SOL, issu du système SISCan (AAC, 2010). Prenons en exemple la série Sainte-Rosalie. Les appellations cartographiques du loam (RI), du loam argileux (Rcl) ou de l'argile sont toutes identifiées par le code sol SSL. Les données de la base de données de SWAT sont liées à la carte par le code sol. Ainsi, toutes les appellations cartographiques du sol Sainte-Rosalie auront les mêmes valeurs de paramètres pédologiques dans la base de données du modèle. Deux raisons justifient cette décision. D'abord, les rapports pédologiques disponibles ne peuvent fournir toutes les valeurs des paramètres à SWAT. Il a donc été décidé d'utiliser les données de l'Inventaire des problèmes de dégradation des sols (Tabi et al., 1990) et la base de données des sols d'AAC (Lamontagne, 2006), qui utilisent toutes deux le code sol pour faire le lien avec les cartes de sols. Malgré tout, les trois sources d'information mentionnées précédemment sont insuffisantes pour combler toutes les informations pédologiques nécessaires. Les valeurs de conductivité hydraulique, de densité

apparente et de réserve en eau utile de chacune des couches des sols sont des valeurs particulièrement difficiles à trouver. Des fonctions de pédo-transfert, utilisant le contenu en sable et en argile des horizons (Pedosphere.com, 2011), ont donc été utilisées pour pallier à cette lacune. La deuxième raison pour laquelle il a été décidé d'utiliser le code sol au lieu de l'appellation cartographique est qu'il permet de généraliser la carte et de diminuer le nombre de HRU lors du montage ou « setup » du modèle. De plus, afin de réduire davantage le nombre de HRU du modèle, la carte des sols a été ramenée à une résolution de 60 m en utilisant une méthode de ré-échantillonnage qui attribue au pixel la valeur des pixels dominants de la zone décrite (*RESAMPLE-MAJORITY* de ArcMap).

Une fois le « *setup* » du modèle bien en place et le nombre de HRU déterminé, les informations concernant le contenu en sable et en argile des dépôts meubles seront ajoutées aux données des sols de chacun des HRU où l'argile peut inhiber l'écoulement de l'eau vers les aquifères.

Au cours de 2010, les données météo complètes reçues de l'INRS ont été traitées afin de créer les fichiers météorologiques entrant dans SWAT. SWAT requiert d'une part des fichiers de localisation des données météo. Les précipitations et les températures maximale et minimale journalières ont chacun leur fichier de localisation. Ce fichier contient le nom et la localisation des stations météorologiques utilisées. Les données météo sont quant à elles contenues dans des fichiers indépendants pour chacune des stations. Le nom de ces fichiers correspond aux noms retrouvés dans le fichier de localisation.

Après une analyse sommaire, les données météorologiques reçues comportaient quelques anomalies. Entre autres, une station (Brome) n'avait aucune donnée de précipitation. Pour certaines stations et certains mois, la même valeur était inscrite pour tout le mois. Ou encore, à certaines dates, une valeur de 0 était inscrite à la place de valeur manquante (-999). Pour cette raison, ces fichiers ont été mis de côté en attendant une version corrigée. Les fichiers d'entrée de SWAT seront alors refaits.

Synthèse des travaux

Les cartes du modèle numérique de terrain, de l'utilisation du sol et de la pédologie ont été améliorées et/ou modifiées pour les rendre compatibles avec le logiciel SWAT et pour permettre des simulations représentatives qui ne soient pas trop « lourdes » en temps de calcul. Les premiers résultats devraient être disponibles au cours de l'année 2011-2012.

5.14 Utilisation de l'eau pour des fins agricoles

Objectif

Le rôle de l'IRDA pour l'année 2010-2011 consistait, entre autres, à évaluer l'utilisation de l'eau en milieu agricole de façon à pouvoir estimer les prélèvements en eau souterraine.

Méthodologie

L'évaluation de l'utilisation de l'eau par le milieu agricole n'est pas une tâche aussi simple que le thème puisse le laisser paraître. Certains obstacles rendent cette tâche plus fastidieuse, dont :

- Les informations nécessaires pour créer ce type de cartes sont disséminées dans plusieurs ministères ou n'existent simplement pas. De plus, même si elles existent, certaines données de base sont parfois difficiles à obtenir, car les informations sont nominalisées et ne peuvent généralement pas être distribuées.

- Les estimations de consommation d'eau en fonction du type d'animal ou de culture varient d'une étude à une autre et de région en région. Il importe donc de bien choisir ces facteurs de consommation.
- Aucune base de données unique n'existe concernant l'approvisionnement en eau, soit de surface ou souterraine, du milieu agricole. Pour contourner cette lacune, l'OBV Yamaska a entrepris de recenser les municipalités ayant numérisé leur réseau d'aqueduc et de colliger l'information dans un système d'information géographique (SIG).

Les données concernant le nombre d'unités animales et les hectares de superficies en culture ont d'abord été obtenues pour tout le territoire à l'étude. Ces informations, obtenues de l'INRS et fournies par le MAPAQ, sont issues de la Fiche d'enregistrement des entreprises agricoles. Les données ont été agrégées pour des superficies de 5 km par 5 km. Toutefois, le type d'information contenue dans les fichiers reçus et l'échelle spatiale était insuffisant pour pouvoir déterminer si les entreprises agricoles s'approvisionnaient en eau souterraine ou non. Une nouvelle demande a donc été effectuée auprès du MAPAQ afin d'obtenir les données ponctuelles dénominalisées. Celles-ci ont été partiellement reçues en mars 2011. En utilisant ces dernières et les réseaux d'aqueduc des municipalités, il sera alors possible d'effectuer des analyses spatiales et de déterminer si les entreprises sont desservies par le réseau municipal, et si ce dernier s'approvisionne à partir d'eau souterraine ou de surface.

Synthèse des travaux

Pour la production d'une carte de l'utilisation de l'eau en milieu agricole, les différentes études recensant des facteurs de consommation d'eau du milieu agricole ont été colligées. Les facteurs de consommation d'eau par activité ont été extraits et rassemblés dans un document. Ils seront plus tard utilisés pour évaluer la consommation d'eau régionale (par MRC) de ce secteur d'activité. La carte devrait être complétée d'ici la fin de l'été 2011.

5.15 Enquête sur la consommation d'eau municipale et industrielle

Objectif

Un des rôles de l'OBV Yamaska était d'évaluer l'utilisation de l'eau souterraine dans la zone d'étude à partir de sondages envoyés aux municipalités et aux entreprises, une donnée cruciale dans le cadre d'une caractérisation hydrogéologique.

Méthodologie

Cette activité s'est articulée principalement autour de deux sondages en ligne, l'un adressé aux 125 municipalités dans la zone d'étude et l'autre à 220 entreprises associées à des secteurs d'activités ayant une consommation d'eau élevée (carrières/sablières, industrie agroalimentaire, pisciculture, étangs de pêche, eau embouteillée, terrains de golf, campings).

Les questionnaires ont été rédigés par l'OBV Yamaska avec de la rétroaction provenant de l'INRS-ETE et de la CGC. La structure et le contenu sont inspirés de sondages semblables effectués dans le cadre d'autres études hydrogéologiques québécoises au cours des dernières années (p. ex. : le questionnaire de TechnoRem pour l'étude des MRC Brome-Missisquoi, Les Maskoutains et Rouville en 2008 et le questionnaire de la SCABRIC pour l'étude du bassin versant de la rivière Châteauguay en 2004). Deux stagiaires ont été engagés à l'été 2010 pour participer à l'envoi, la gestion et le suivi des sondages. Les objectifs des sondages étaient de :

- Définir les besoins en eau municipaux et industriels
- Évaluer l'utilisation d'eau (souterraine et de surface)
- Identifier les conflits d'usage présents ou potentiels

- Identifier des puits abandonnés, d'appoint et d'observation pouvant servir dans le cadre des travaux de terrain
- Recueillir les observations des gestionnaires des approvisionnements et discerner des tendances en matière d'utilisation de l'eau
- Valider certaines données issues du SGGE, du SIH et des bases de données du MDDEP.

Un modèle fonctionnel d'un de ces sondages est disponible au lien suivant : <http://www.zoomerang.com/Survey/WEB22ARYETNJPW>. La page d'accueil est illustrée à la figure 22.

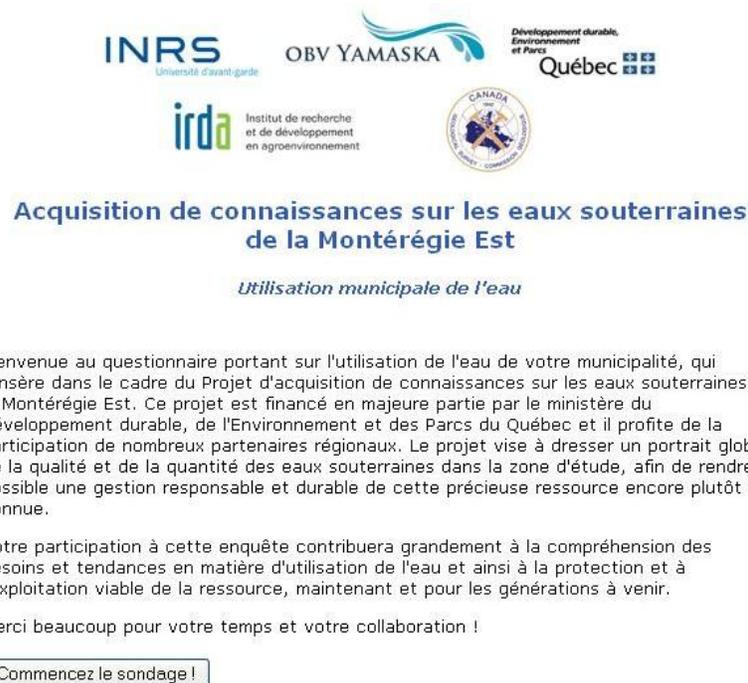


Figure 22 : Page d'accueil du formulaire créé par l'OBV Yamaska pour l'enquête sur l'utilisation d'eau envoyée aux municipalités et aux entreprises

Synthèse des travaux

En date du 17 mars 2011, les taux de réponse aux sondages municipal et industriel étaient de 76 % et 41 %, respectivement. Par contre, grâce à un suivi ciblé, un taux de réponse de 95 % a été obtenu au premier sondage parmi les municipalités desservies par un réseau d'aqueduc approvisionné en eau souterraine. Pour chacune de ces 20 municipalités, le volume total d'eau consommée a également été obtenu.

Avec l'aide de Hélène Montaz, stagiaire hydrogéologue française, l'OBV Yamaska a également procédé à la collecte et l'analyse de données agricoles, ainsi qu'à l'obtention et au géoréférencement de cartes de réseaux d'aqueduc, un exercice qui permettra d'identifier les exploitations agricoles non desservies par un réseau d'aqueduc pour aider à dresser un bilan approximatif de la consommation d'eau agricole.

Exemple de résultat

Les résultats de cette enquête seront compilés durant l'année financière 2010-2011.

5.16 Estimation de la consommation d'eau souterraine

Objectif

L'INRS et l'OBV Yamaska vont travailler à l'intégration de toutes les données sur la consommation d'eau à diverses fins dans la région d'étude dans le but d'estimer la consommation d'eau souterraine.

Méthodologie

Pour évaluer la consommation d'eau souterraine, il faut d'abord compiler les différentes formes d'utilisation totale d'eau dans la région (agricole, domestique, municipale, industrielle...). Il est ensuite nécessaire, chaque utilisateur, d'identifier la provenance de l'eau consommée, soit l'eau de surface ou l'eau souterraine .

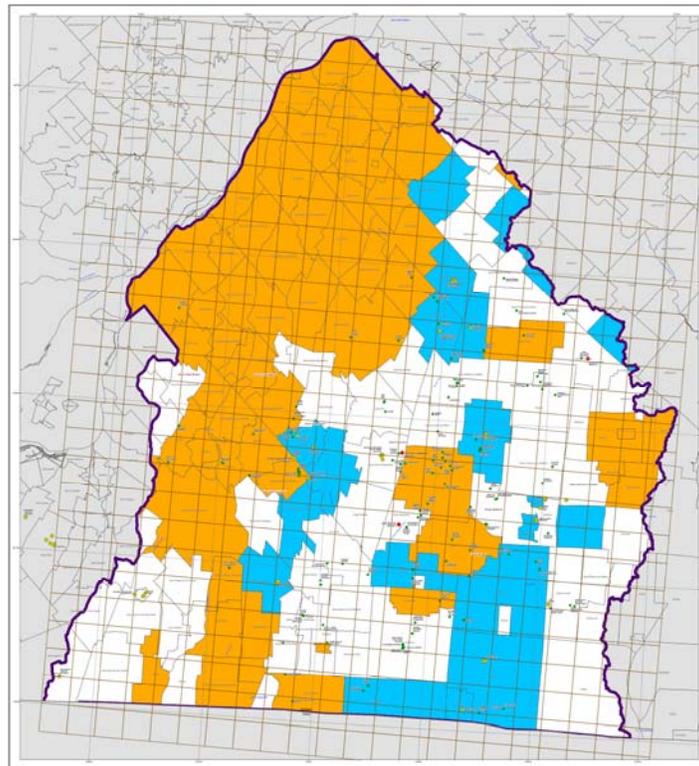


Figure 23 : Données considérées pour évaluer l'utilisation de l'eau souterraine
La carte montre le type d'approvisionnement en eau des municipalités : aqueduc approvisionné en eaux de surface (orangé), aqueduc approvisionné en eau souterraine (bleu) et sans aqueduc (blanc) où l'approvisionnement provient de puits privés alimentés par de l'eau souterraine. Le quadrillage du territoire a servi au MAPAQ à compiler les activités agricoles dont la consommation d'eau typique a pu être estimée.

À cette fin, la carte de la figure 23 montre la provenance de l'eau consommée par les municipalités : utilisation ou non d'un réseau aqueduc et approvisionnement du réseau par de l'eau de surface ou de l'eau souterraine. Lorsqu'il n'y a pas de réseau d'aqueduc, on peut présumer que l'approvisionnement en eau se fait à partir des eaux souterraines. Dans la région d'étude, du nord des Montérégiennes jusqu'au fleuve Saint-Laurent les aquifères rocheux contiennent de l'eau saumâtre qui est impropre à la consommation. Tout ce territoire est desservi par des grands réseaux d'aqueduc alimentés par de l'eau de surface. Ces réseaux alimentent même les zones rurales et les agriculteurs. Nous avons récemment complété une étude qui permet de préciser les limites de l'extension des eaux souterraines saumâtres. Nous sommes aussi en voie de compléter la compilation de l'étendu des réseaux d'aqueduc. Cette information permettra d'estimer la proportion des agriculteurs qui s'alimentent à partir de réseaux d'aqueduc par rapport à ceux qui utilisent des puits privés. Il faudra aussi estimer la consommation d'eau souterraine des municipalités dont les réseaux d'aqueduc sont alimentés par de l'eau souterraine. L'enquête de l'OBV Yamaska sera très utile à cette fin. Enfin, nous avons obtenu les informations du MAPAQ permettant d'estimer l'utilisation d'eau agricole par municipalité. Cela permet d'intégrer l'usage agricole de l'eau avec toutes les autres informations qui sont aussi compilées sur une base municipale.

5.17 Développement d'un répertoire d'activités potentiellement polluantes

Objectif

Une enquête a été réalisée par l'OBV Yamaska afin de répertorier de façon exhaustive les différentes activités anthropiques potentiellement polluantes, permettant d'identifier les zones plus à risque. Ces données pourront être couplées à l'étude de vulnérabilité de la contamination des nappes par la surface.

Méthodologie

Suite à des recherches dans le Système géomatique de la gouvernance de l'eau, le Répertoire des terrains contaminés du MDDEP et les répertoires industriels fournis par les CLD, MRC et municipalités locales, l'OBV Yamaska a préparé une base de données des activités faisant partie des secteurs d'activité industrielle et commerciale susceptibles de contaminer les sols et les eaux souterraines, selon les critères de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Ces données ont été validées par les responsables de l'aménagement des MRC. Afin d'étoffer cette base de données, une autre base de données, répertoriant tous les lots de la zone d'étude pour lesquels le Code d'utilisation du bien-fonds correspond à l'un des secteurs d'activité ci-dessus, est actuellement en préparation.

Synthèse des travaux

Ces travaux vont mener à la production d'un tableau et d'une carte qui seront complétés au cours de l'année financière 2010-2011.

6. PROGRAMME DE CARACTÉRISATION DE LA PHASE 3

6.1 Planification des travaux proposés

Pratiquement tous les objectifs et les travaux du programme de caractérisation prévu en Montérégie Est ont été réalisés. Cependant, il reste certains travaux de terrain complémentaires à effectuer durant l'été 2011 :

- Forages conventionnels (au minimum 4) et installations de puits d'observation (à doubles niveaux pour la plupart),
- Essais de perméabilité dans les puits accessibles où il n'y a pas eu d'essais et dans les nouveaux puits qui seront installés en 2011,
- Essais au perméamètre de Guelph pour compléter la couverture des unités géologiques,
- Sondages CPTu et RPSS (5 à 10 endroits) pour ajouter quelques points de contrôle,
- Installation des fluxmètres (5 localisations),
- Échantillonnage d'eau souterraine (dans les nouveaux puits d'observation installés et pour quelques reprises d'analyses de qualité marginale). Nous avons discuté du développement d'une collaboration avec le Pr. Luc Aquilina de l'université de Rennes qui impliquerait l'ajout d'analyses de gaz dissous pour les puits où des analyses isotopiques sont déjà disponibles. Si cela se concrétise, il faudra échantillonner à nouveau entre 30 et 50 puits pour réaliser ces analyses. Des fonds additionnels au projet seront utilisés pour réaliser l'échantillonnage et l'analyse des gaz dissous,
- Échantillonnage de sol pour les nitrates à réaliser sur un autre cycle annuel,
- Diagraphies à compléter dans les puits où elles n'avaient pas été faites en 2010 (environ 7 puits existants et les nouveaux puits d'observation qui seront ouverts au roc),
- Levés géophysiques complémentaires (surtout du géoradar et de la résistivité électrique). La possibilité de réaliser un levé aéroporté EM dans le domaine du temps est aussi étudiée. Ces levés pourraient aider à préciser l'hydrostratigraphie des dépôts meubles et ils ont aussi le potentiel de définir l'étendue ou la profondeur des eaux douces et des eaux saumâtres dans les aquifères rocheux. Ces levés seraient assumés par d'autres fonds que ceux du projet.

Les travaux d'analyse et d'interprétation des données existantes et acquises dans le cadre du projet se feront tout au long de l'année 2011-2012. La validation des données, préalable à cet exercice et entamée en 2010-2011, sera également complétée. Les principales activités d'interprétation des données prévues en 2011-2012 sont les suivantes :

- Travaux sur l'évaluation de la recharge : estimation avec des méthodes utilisant les hydrogrammes de puits et de rivières et modélisation avec HELP,
- Évaluation des propriétés hydrogéologiques des unités rocheuses et granulaires.
- Intégration des différentes données géologiques et hydrauliques pour mieux comprendre les conditions d'écoulement,

- Définition de la géochimie de l'eau souterraine et identification des processus et conditions qui contrôlent l'évolution de la géochimie de l'eau souterraine,
- Analyses géochimiques de l'eau et des sols pour l'étude sur les nitrates,
- Traitement des données des différents levés géophysiques et intégration des résultats des forages et sondages CPT pour contraindre le traitement et l'inversion des levés géophysiques (sismique, TDEM),
- Intégration des données disponibles pour préciser les conditions géologiques des dépôts meubles ainsi que leur mode de déposition, avec les implications sur l'histoire quaternaire de la région d'étude,
- En concertation avec les autres projets PACES, finalisation des protocoles pour la production des livrables du PACES. Production d'une nouvelle série de cartes présentant les livrables PACES.
- Poursuite du développement des modèles conceptuels sur les contextes hydrogéologiques de la Montérégie Est sur la base de l'ensemble des informations acquises dans le cadre du projet.
- Rencontre avec les partenaires régionaux pour échanger sur leurs besoins en lien avec la gestion de l'eau souterraine, identifications des formats de transmission des données qui seraient les plus adéquats, définition des priorités d'action régionales pour assurer l'exploitation durable et la protection des ressources en eau souterraine de la Montérégie Est.

6.2 Équipe de travail

La même équipe de travail que celle de 2010-2011 réalisera les différents travaux. Deux ou trois stagiaires viendront s'intégrer à l'équipe pendant l'été.

7. CONCLUSION

L'année 2010-2011 a été principalement dédiée à la réalisation de l'importante campagne de caractérisation hydrogéologique sur le territoire de la région d'étude. Ces travaux se sont déroulés sur le terrain sur sept mois, soit de juin à décembre 2010. En plus des travaux de terrain, des efforts importants ont été dédiés au développement des bases de données (commune aux projets PACES et de terrain), pour l'extraction et la compilation des données, pour la réalisation des analyses en laboratoire et pour connaître les bilans de consommation d'eau des grands utilisateurs. De plus, un rapport sur la salinité de l'eau souterraine présente dans les aquifères rocheux fracturés d'une large zone au nord-ouest de la région d'étude ($\approx 2150 \text{ km}^2$) est en voie d'être finalisé et il sera bientôt publié sous forme de dossier public de la CGC. La prochaine année permettra de compléter les données de terrain et d'interpréter celles acquises.

BIBLIOGRAPHIE

AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). 2010. Base nationale de données sur les sols (BNDS), Levés pédologiques détaillés. Site Internet consulté en 2011 : <http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/detailed/>

Beaudin, I., A. R. Michaud, I. St-Laurent, A. Drouin et J. Desjardins et. 2010. Rapport d'étape du Projet interrégional de connaissances sur les eaux souterraines du Québec - Projet de connaissances en Montérégie Est. Projet réalisé pour l'Institut national de recherche scientifique pour et financé par le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec, Canada.

Carrier, M.-A., Rivard, C., Beaudin, I., Beaudry, C., Benoît, N., Saint-Laurent, I., Vigneault, H., Gloaguen, E., Parent, M. , Michaud, A., Lefebvre, R., 2010, Projet de connaissance sur les eaux souterraines en Montérégie Est - Premier rapport d'étape, 47 p.

Canards Illimités et Géomont. 2008. Cartographie de base des milieux humides de la Montérégie. Rapport de synthèse. Saint-Hyacinthe, Québec, Canada. 28p.

Eckhardt (2005) How to construct recursive digital filters for baseflow separation, Hydrological Processes, 19, 507-515.

Fellenius, B.H., Eslami, A., 2000. Soil profile interpreted from CPTu data. In: Year 2000 Geotechnics. Geotechnical Engineering Conference, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, November 27–30, 18pp.

Gee, G.W., A.L. Ward, T.G. Caldwell and J.C. Ritter, 2002. A Vadose Zone Water Fluxmeter with Divergence Control. Water Resources Research, 38, 16 p.

Gee, G.W., B.D. Newman, S.R. Green, R. Meissner, H. Rupp, Z.F. Zhang, J.M. Keller, W.J. Waugh, M. van der Velde and J. Salazar, 2009. Passive Wick Fluxmeters: Design Considerations and Field Application. Water Resources Research, 45, 18 p.

Lunne, T., P.K. Robertson and J.J.M. Powell, 1997. Cone penetration testing in geotechnical practice. Spon Press, Taylor and Francis Group, New York, 312 p.

Mertens, J., J. Diels and J. Feyen, 2007. Numerical Analysis of Passive Capillary Wick Samplers prior to Field Installation. Soil Science Society of America, J., 71, 35-42.

Lamontagne, L. 2006. Communication personnelle, fichier dbase. Base de données des sols 1948-1998.

Pedosphere.com. 2011. Pedosphere.com. Soil Triangle Hydraulic Properties Calculator :: Canadian Texture Triangle. Site Internet consulté en ligne en 2011: <http://www.pedosphere.com/resources/texture/triangle.cfm>

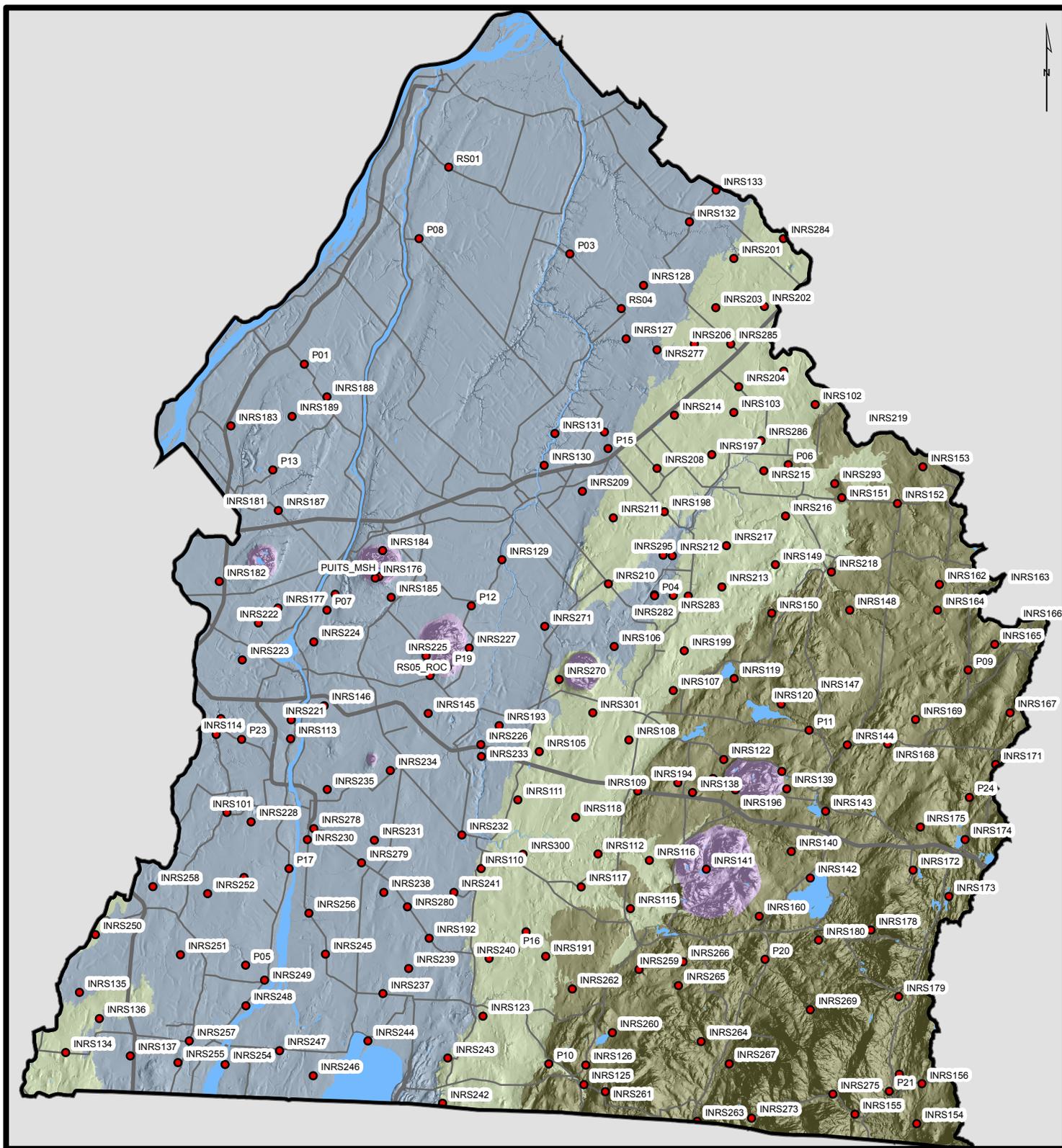
Tabi, M., Tardif, L., Carrier, D., Laflamme, G. et M. Rompré. 1990. Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec. Rapport synthèse. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec, Canada. 70 p.

USGS (US Geological Survey). 2003. National Land Cover Database 2001 (NLCD), edition 1.0. Sioux Falls, Dakota du sud, États-Unis. Site Internet consulté en ligne en 2010 : <http://www.mrlc.gov/>

Annexe 1 : Cartes thématiques préliminaires

- Carte 1 : Localisation des points d'échantillonnage pour les analyses géochimiques réalisés en 2010
- Carte 2 : Localisation des sondages CPT et RPSS réalisés en 2009 et 2010
- Carte 3 : Localisation des forages conventionnels et rotosonic réalisés en 2010
(La carte montre aussi les installations de capteurs de pression)
- Carte 4: Localisation des essais géophysiques - sismique réalisée en 2010
- Carte 5: Localisation des essais géophysiques - résistivité réalisée en 2010
- Carte 6: Localisation des essais géophysiques - TDEM réalisé en 2010
- Carte 7: Localisation des diagraphies réalisées en 2010
- Carte 8: Localisation des essais hydrauliques, des lysimètres et de l'échantillonnage de sols réalisés en 2010
- Carte 9: Localisation des informations stratigraphiques provenant des rapports existants

Carte 1: Localisation des points d'échantillonnage pour les analyses géochimiques réalisées en 2010



Légende

● Échantillons géochimiques 2010

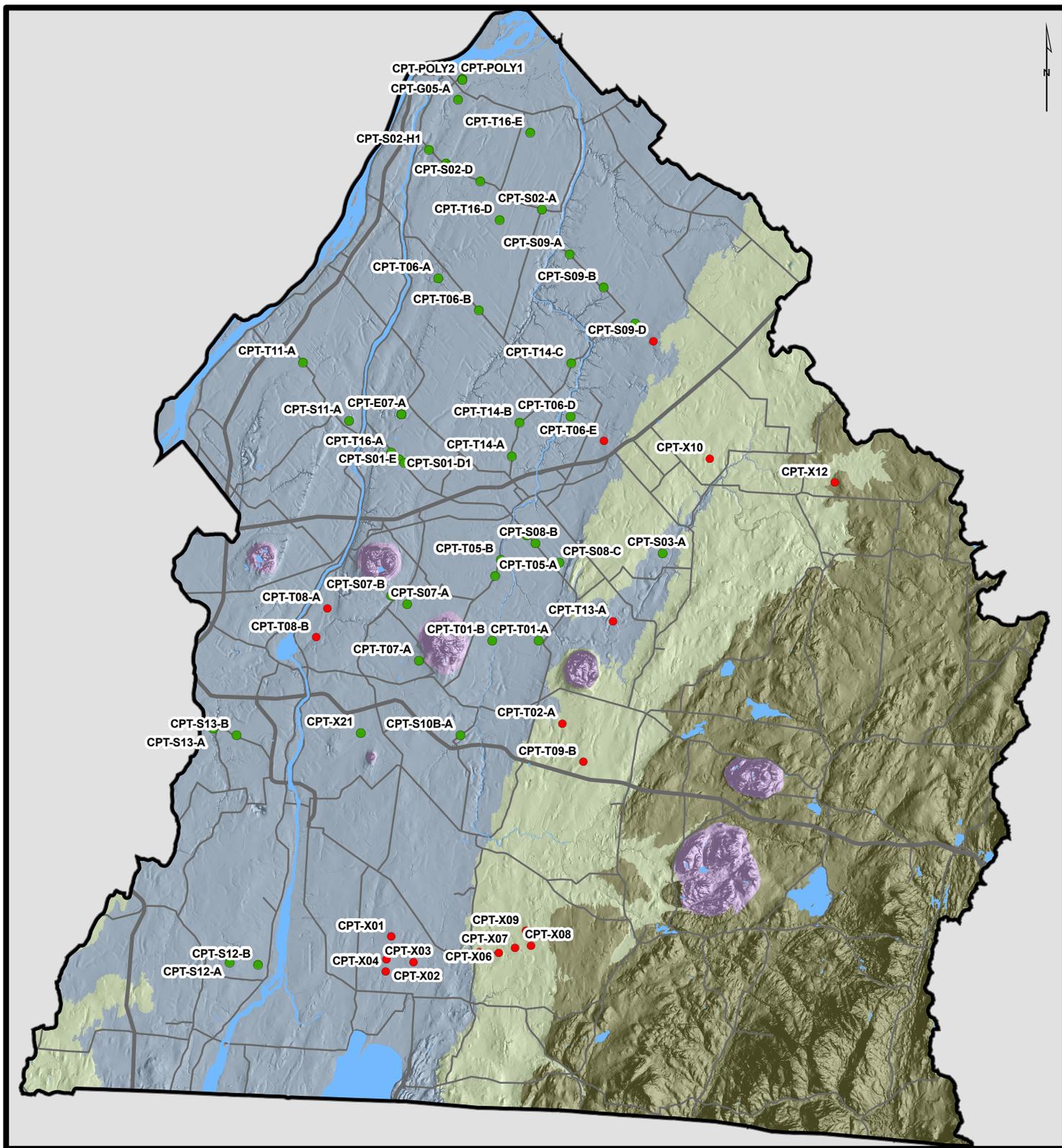
Fond de carte

Réseau Routier

- Autoroute
- Route
- Chemin

- Collines Montérégiennes
- Piedmont Appalichien
- Chaîne Appalaches
- Basses Terres Saint-Laurent

Carte 2: : Localisation des sondages CPT et RPSS réalisés en 2009 et 2010



0 5 10 20 30 40 Kilomètres
1:600,000

Légende

Forage de l'INRS

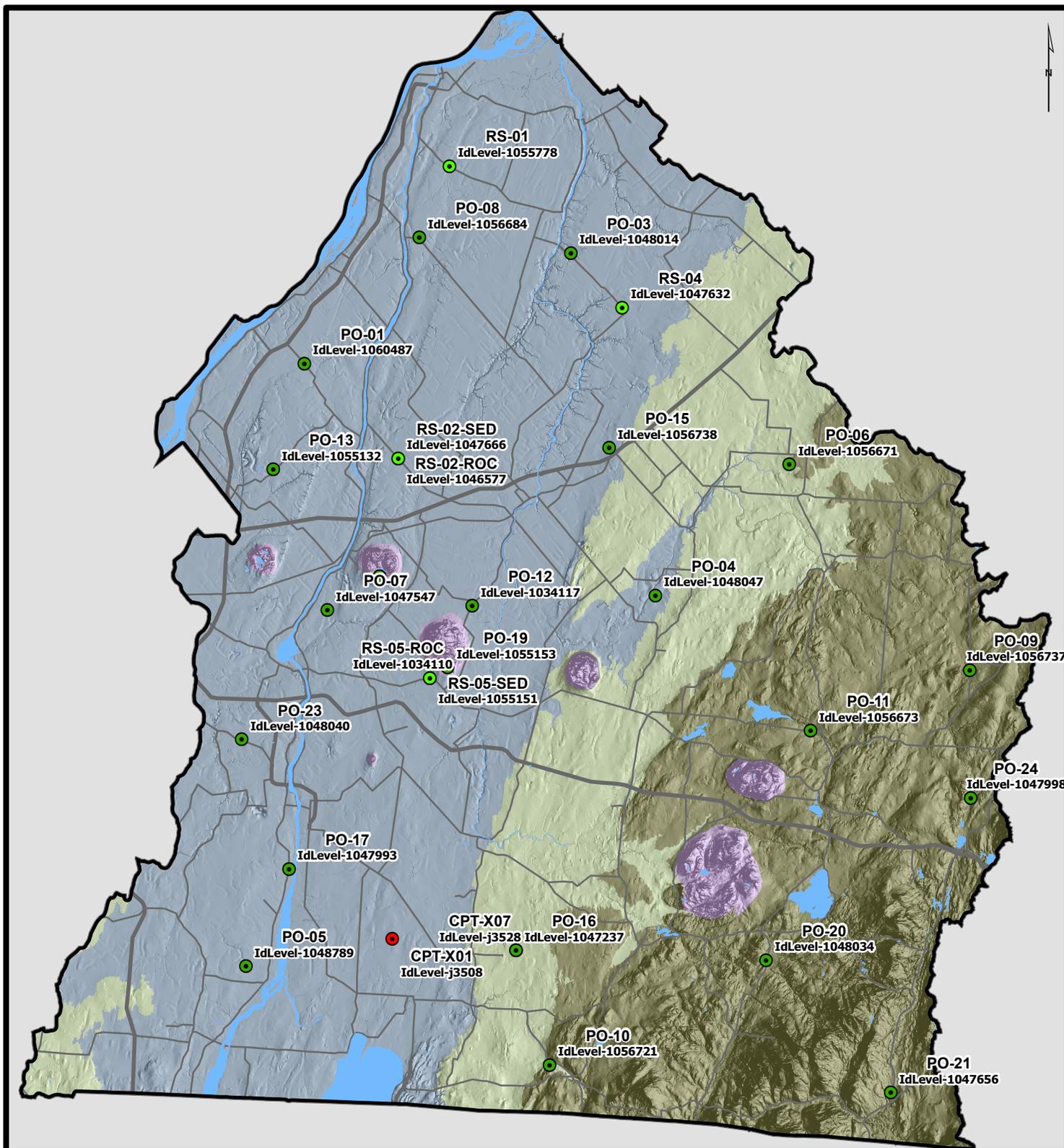
- RPSS
- CPT

Fond de carte

Réseau Routier

- Autoroute
- Route
- Chemin
- Collines Montereгиennes
- Piedmont Appalachiien
- Chaîne Appalaches
- Basses Terres Saint-Laurent

Carte 3 : Localisation des forages conventionnels et rotosonics réalisés en 2010
 -La carte montre aussi les installations de capteurs de pression



Légende

Puits instrumentés

- Rotosonics
- Conventionnels
- Puits INRS instrumenté

Fond de carte

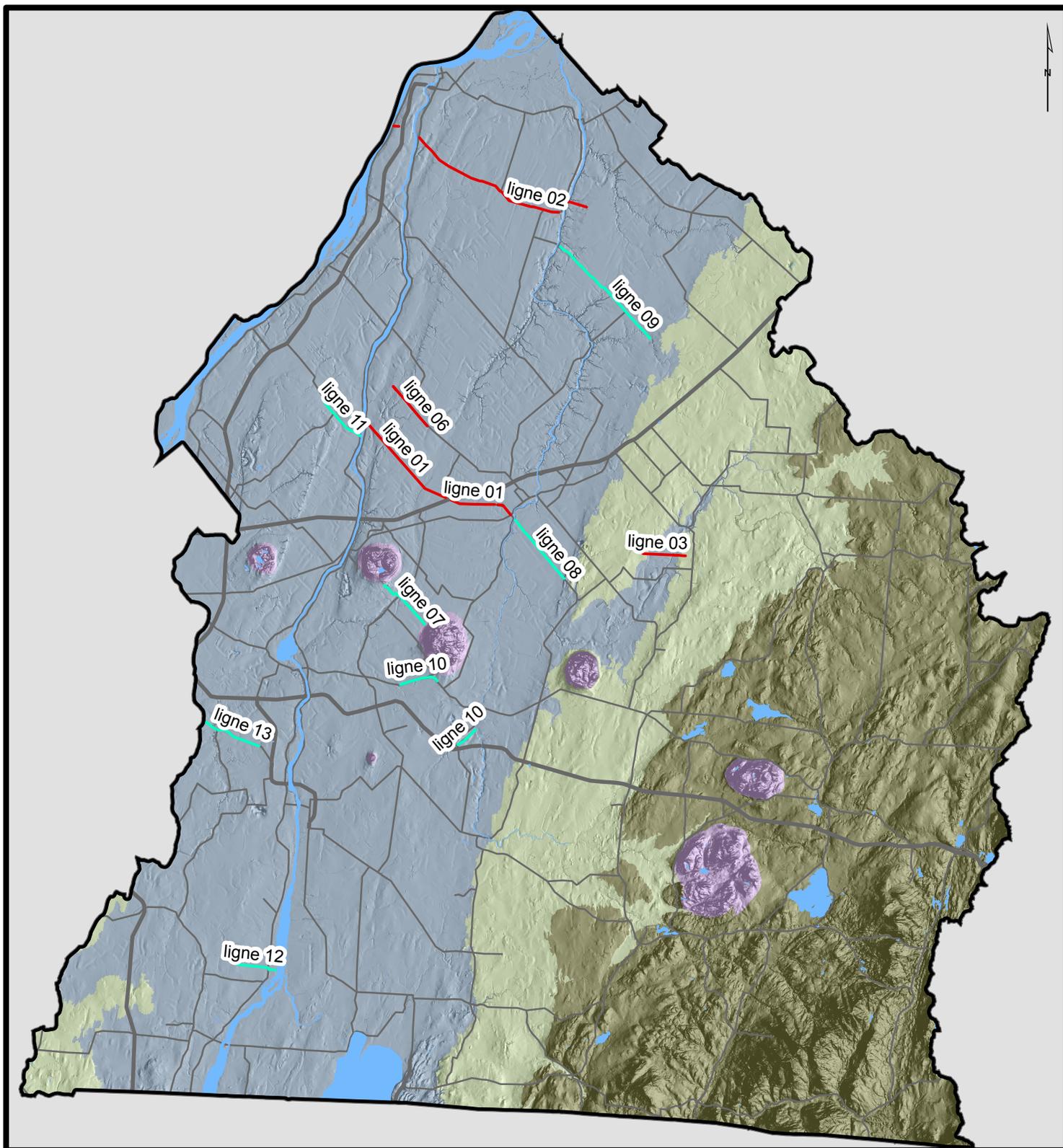
- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| ■ | Collines Montereгиennes |
| ■ | Piedmont Appalachen |
| ■ | Chaîne Appalaches |
| ■ | Basses Terres Saint-Laurent |

Réseau Routier

- Autoroute
- Route
- Chemin

0 5 10 20 30 40 Kilomètres
 1:600,000

Carte 4: Localisation des essais géophysiques-Sismique



0 5 10 20 30 40 Kilomètres
1:600,000

Légende

Géophysique-sismique

Ligne sismique

— fait en 2009

— fait en 2010

Fond de carte

Réseau Routier

— Autoroute

— Route

— Chemin

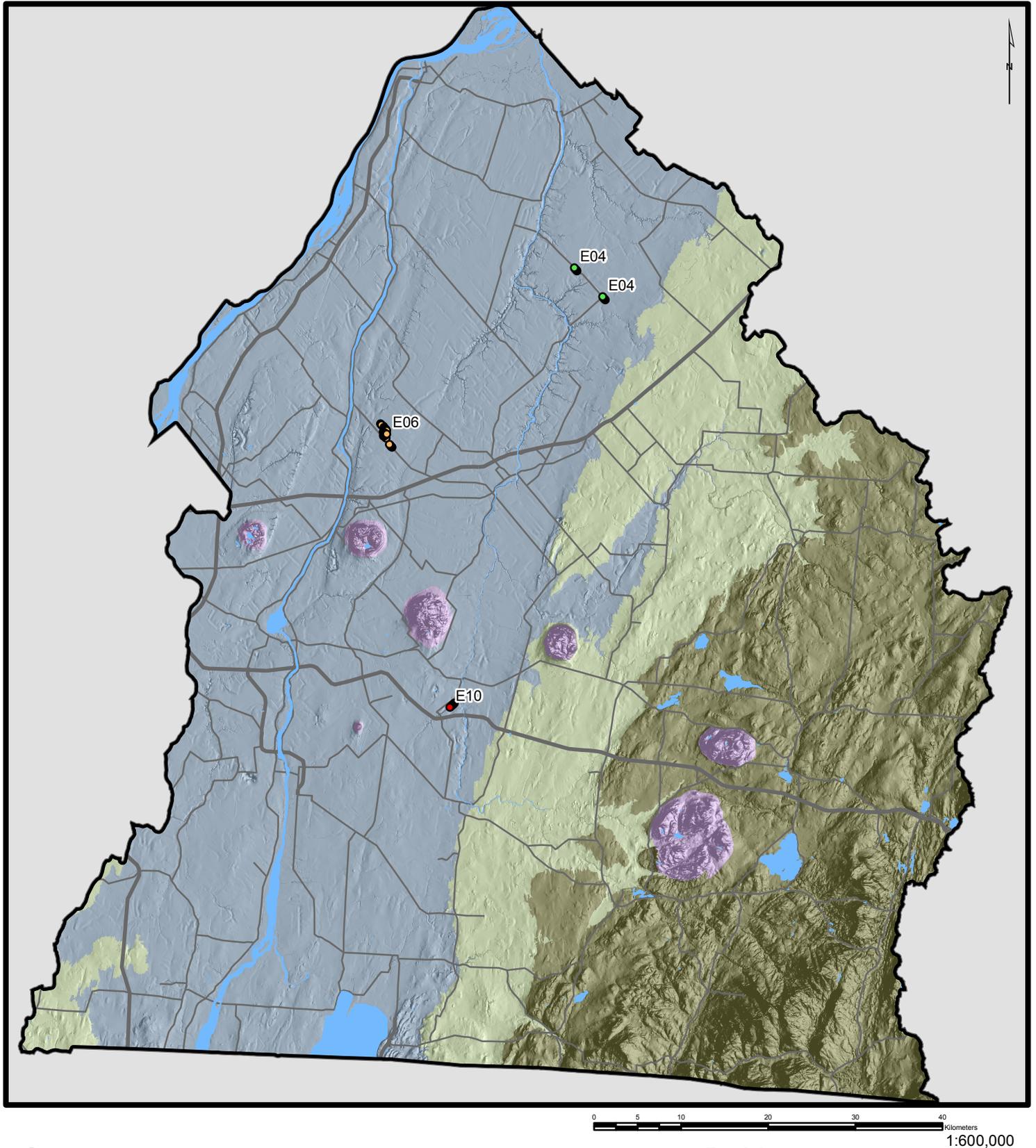
CollinesMonteregiennes

PiedmontAppalachien

ChaineAppalaches

BassesTerresSaintLaurent

Carte 5: Localisation des essais géophysiques-Résistivité



Légende

Géophysique-Résistivité

Ligne de résistivité

- E04
- E06
- E10

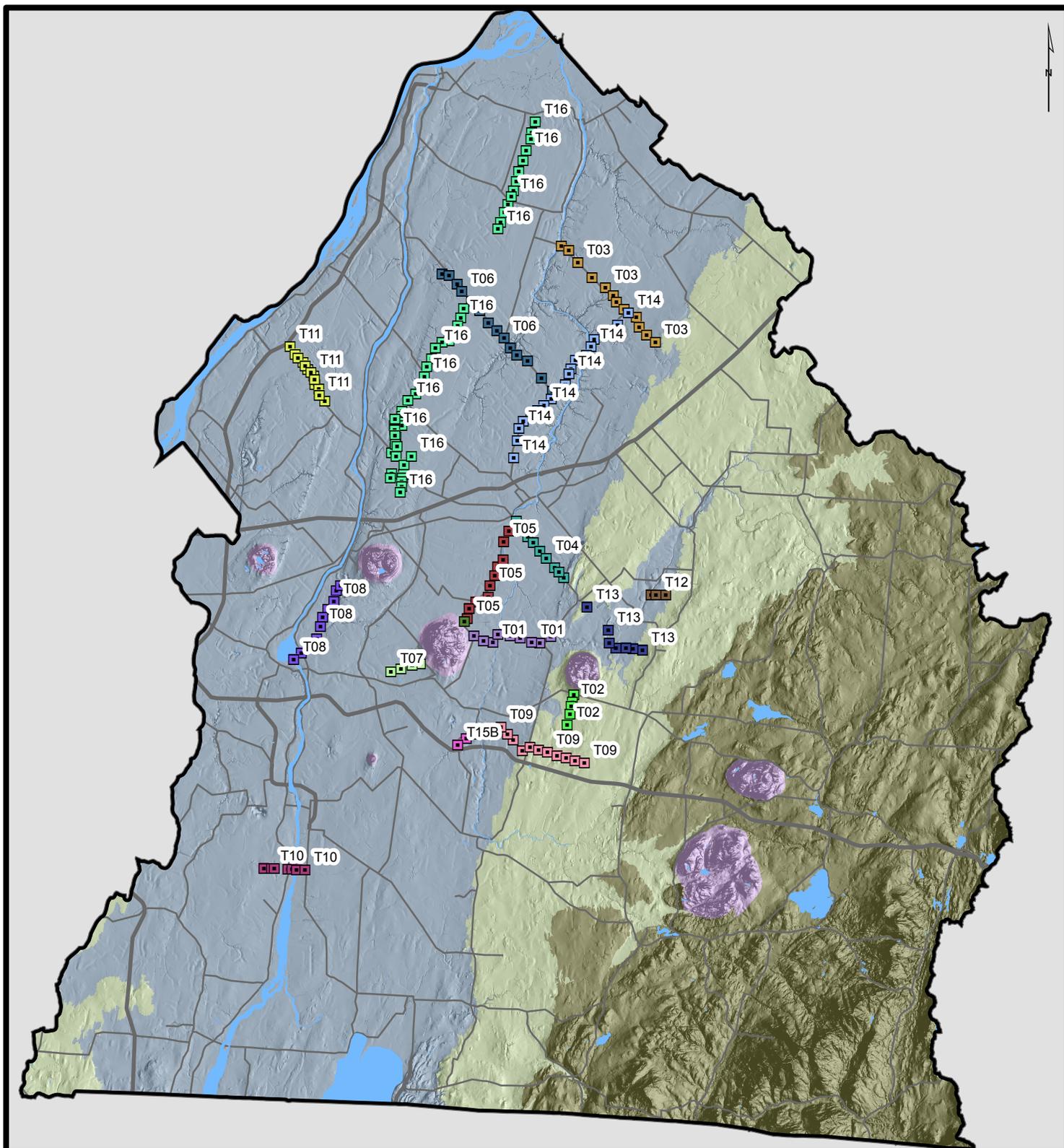
Fond de carte

Réseau Routier

- Autoroute
- Route
- Chemin

- CollinesMonteregiennes
- PiedmontAppalachien
- ChaineAppalaches
- BassesTerresSaintLaurent

Carte 6: Localisation des essais géophysiques-TDEM



0 5 10 20 30 40 Kilomètres
1:600,000

Légende

Géophysique-TDEM

Ligne

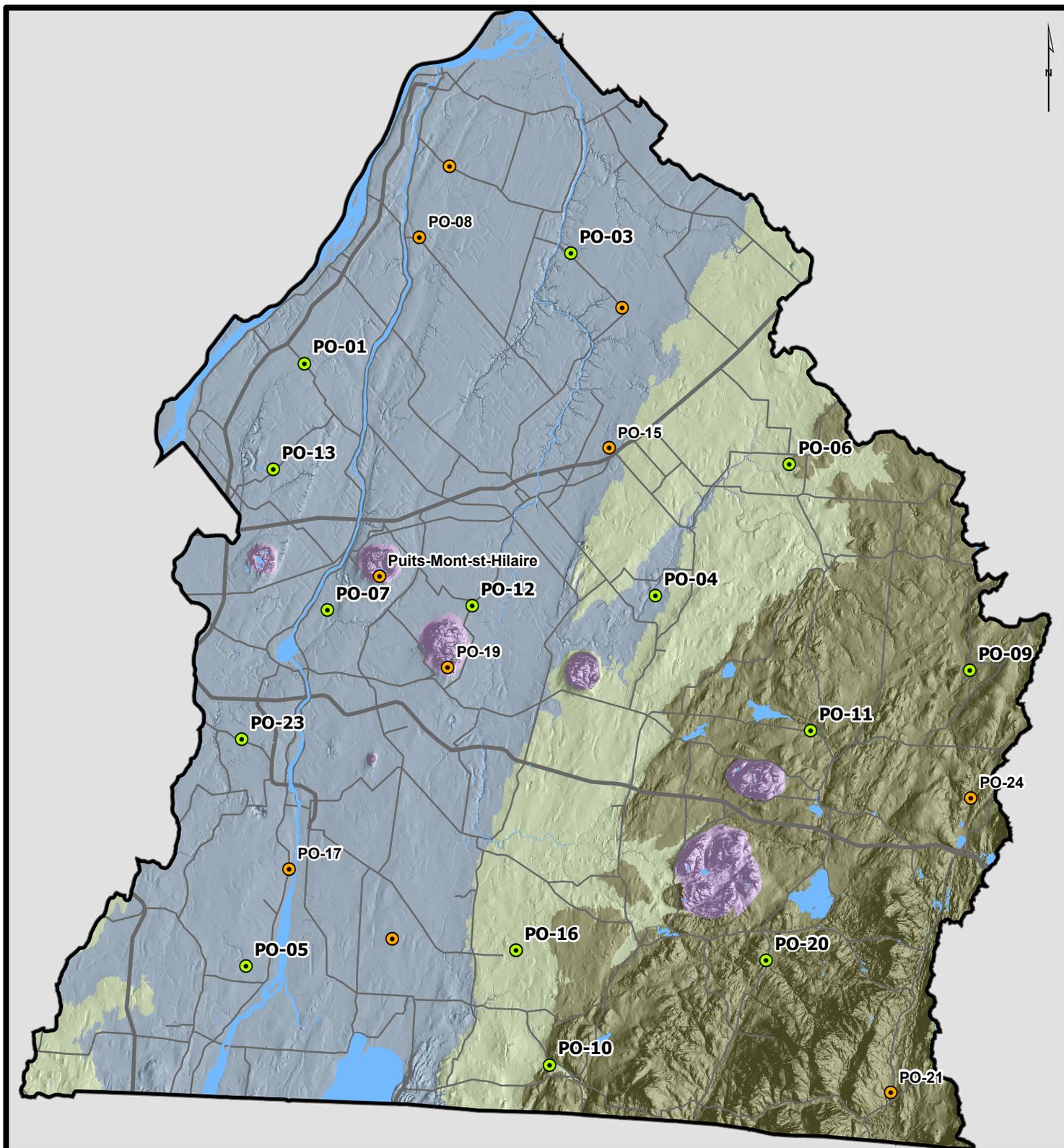
- | | | | |
|-----|------|-----|------|
| T01 | T04 | T08 | T13 |
| T02 | T05D | T09 | T14 |
| T03 | T06 | T10 | T15B |
| | T07 | T11 | T16 |
| | | T12 | |

Fond de carte

Réseau Routier

- | | |
|-----------|-----------------------------|
| Autoroute | Collines Montérégiennes |
| Route | Piedmont Appalachen |
| Chemin | Chaine Appalaches |
| | Basses Terres Saint Laurent |

Carte 7: Localisation des diagraphies réalisées en 2010



0 5 10 20 30 40 Kilomètres
1:600,000

Légende

Diagraphie

Identification des puits

- Puits non mesurés
- Puits mesurés

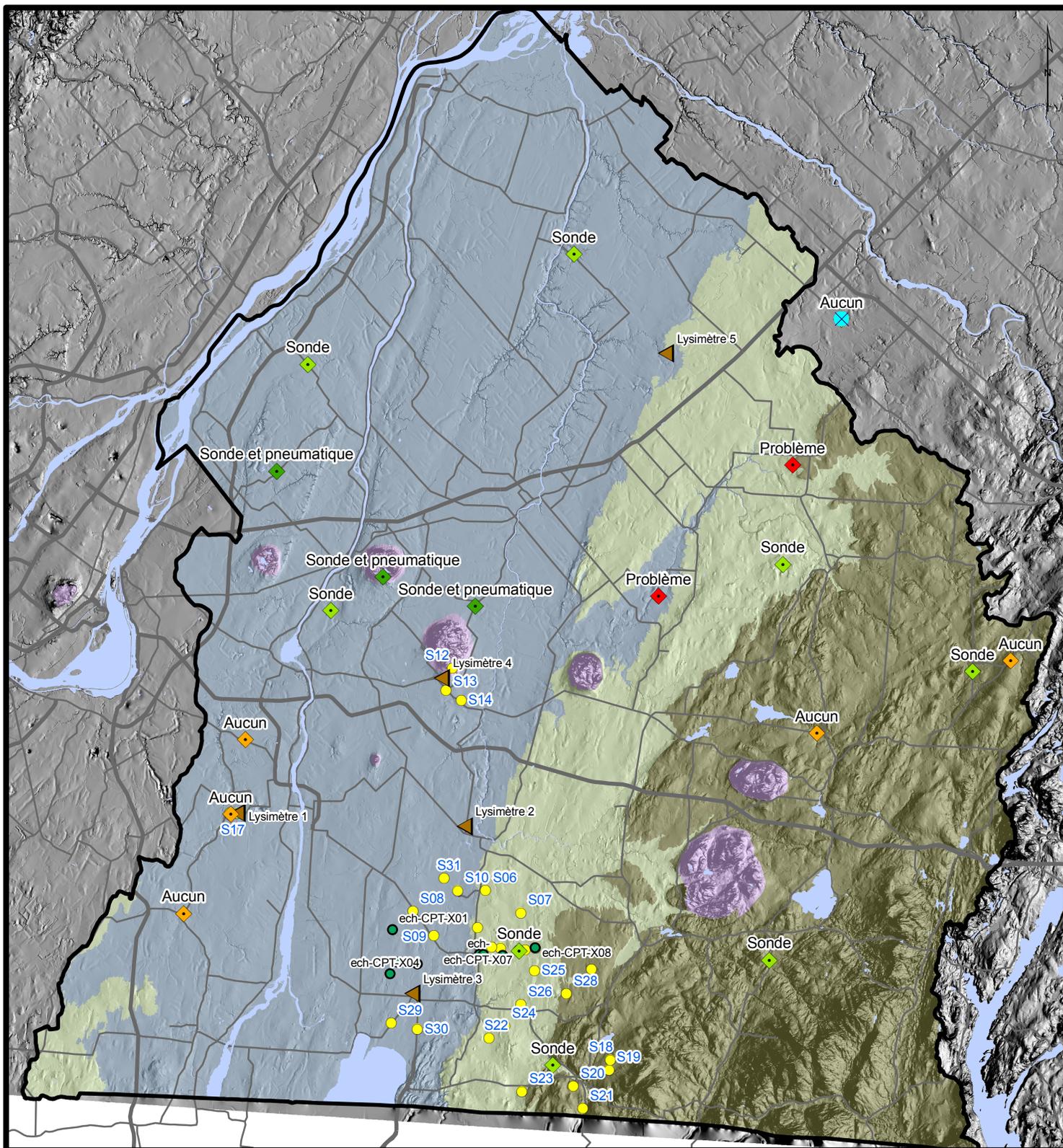
Fond de carte

Réseau Routier

- Autoroute
- Route
- Chemin

- Collines Montereгиennes
- Piedmont Appalachiien
- Chaîne Appalaches
- Basses Terres Saint-Laurent

Carte 8: Localisation des essais hydrauliques, lysimétriques et d'échantillonnages de sols réalisé en 2010



0 3.5 7 14 21 28 Kilometers

1:600,000

Légende

Essais hydraulique

- type**
- ◆ Sonde et pneumatique
 - ◇ Sonde
 - ◇ Aucun
 - ◆ Problème

Lysimètres

- ▲ Installation

Échantillons de sol

- Ech. Par forage

Essais Permeametre

- Perméamètre de Guelph

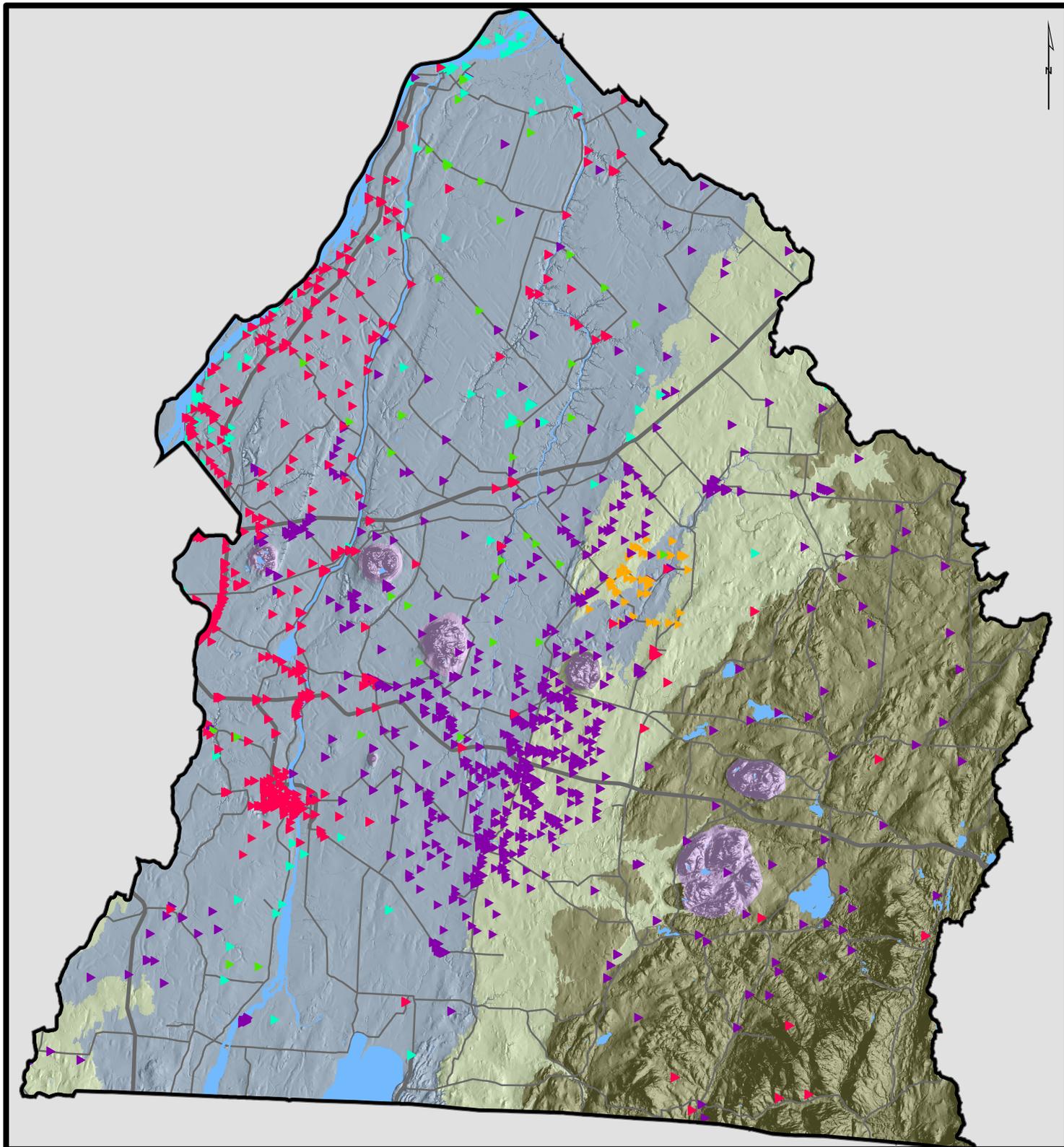
Fond de carte

Réseau Routier

- Autoroute
- Route
- Chemin

- CollinesMonteregiennes
- PiedmontAppalachien
- ChaineAppalaches
- BassesTerresSaintLaurent

Carte 9: Localisation des informations stratigraphiques provenant des rapports existants



0 5 10 20 30 40 Kilometers
1:600,000

Légende

Stratigraphie extraite provenance

▶	MTQ
▶	MRNF
▶	Terrain2010
▶	UQAM
▶	Consultant

Fond de carte

Réseau Routier

—	Autoroute	Collines Montereгиennes
—	Route	Piedmont Appalachiен
—	Chemin	Chaîne Appalaches
		Basses Terres Saint Laurent

Annexe 2 :

Campagne d'échantillonnage de l'eau souterraine

Tableau A2-1
Spécifications et instructions pour le prélèvement d'un échantillon

Description de la bouteille	Nb. de bouteilles	Paramètres détaillés	Instructions de remplissage	Conservation	Nb. total d'analyses (Fréquence de prélèvement)	Laboratoire analytique retenu
Anions Polyéthylène, 250 ml	1	Alcalinité totale, Br, Cl, F, Nitrites+Nitrates, Sulfates (SO ₄)	. Rincer la bouteille . Remplir sans air (méthode de la chaudière)	Noirceur 4°C 14 jours	250 (Prélevé pour tous les puits)	Maxxam Analytique
Isotopes de l'eau HDPE, 60 ml	2	$\delta^2\text{H} - \delta^{18}\text{O}$. Rincer la bouteille . Remplir sans air (méthode de la chaudière)	Noirceur 4°C	150 (Prélevé pour tous les puits)	Delta Lab
Datation - Tritium HDPE, 1L	1	Tritium ($\delta^3\text{H}$)	. Rincer la bouteille . Remplir sans air (méthode de la chaudière)	Noirceur 4°C	50 (Prélevé principalement en zone de recharge)	EIL Waterloo
CID /COD/ N_{tot} Verre ambré, 40 ml	1	Carbone inorganique dissout, carbone organique dissout, Azote total (N _{tot})	. Rincer . Filtrer (filtre en fibre de verre 0,45 μm) . Remplir sans air	Noirceur 4°C 1 semaine	250 (Prélevé pour tous les puits)	INRS
Isotope nitrate HDPE, 60 ml	3	$\delta^{15}\text{N}$. Rincer . Filtrer (0,45 μm) . Remplir à l'épaule (prévoir expansion de l'eau: congélation)	Noirceur Congeler	20 (Prélevé surtout en milieu agricole)	Delta Lab
Nutriments Polyéthylène, 250 ml	1	Azote ammoniacal (NH ₄) P total inorganique (P)	. Filtrer (0,45 μm) . Remplir à l'épaule	Noirceur 4°C 28 jours	250 (Prélevé pour tous les puits)	Maxxam Analytique
Métaux Polyéthylène, 250 ml	1	Al, Li, Sb, Mg, Ag, Mn, As, Mo, Ba, Ni, Be, K, Bi, Pb, B, Se, Ca, Si, Cd, Na, Cr, Sr, Co, Ti, Cu, U, Sn, V, Fe, Zn	. Filtrer (0,45 μm) . Remplir à l'épaule	Noirceur 4°C 6 mois	250 (Prélevé pour tous les puits)	Maxxam Analytique
Sulfures Polyéthylène, 250 ml	1	Sulfures totaux (S)	. Remplir à l'épaule	Noirceur 4°C 28 jours	250 (Prélevé pour tous les puits)	Maxxam Analytique
Datation - Isotopes du carbone HDPE, 1L	1	Carbone 13 ($\delta^{13}\text{C}$) Carbone 14 ($\delta^{14}\text{C}$)	. Remplir sans air (ne pas faire déborder)	Noirceur 4°C	50 (Prélevé principalement)	Beta Analytic

Figure A2-1 Exemple de formulaire du cahier des observations de terrain

CGCQ / LCNP 2010: FICHE HYDROGÉOLOGIQUE

LOCALISATION # LOCALISATION de référence ALIAS PHOTO AÉRIENNE VILLE/PROVINCE CARTE NTS ZONE UTM 50 000 AT77 20 000 NAD27 GPS NAD83 AUTRES ALTITUDE 50 000 20 000 m Niveau p. NOTES :		OBSERVATION # OBSERVATION INTÉRÊT(S) DATE ENVIRONNEMENT a a m m j j METEO PRÉCIPITATION <input type="checkbox"/> PLUIE <input type="checkbox"/> NEIGE AU SOL <input type="checkbox"/> NEIGE NOUVELLE NOTES :	
OBJET OBSERVÉ TYPE DESCRIPTION :		IDENTIFICATION DU CAPTAGE # PUIS # DOSSIER # PROJET FORAGE STATU MODE ACCESS. AFFILI. CAPTAGE FORAGE	
PROPRIÉTAIRE NOM PRÉNOM # TÉLÉPHONE NOM DE L'ORGANISME / INDUSTRIE / MUNICIPALITÉ CODE POSTAL ADRESSE VILLE/PROVINCE adresse du puits		DOCUMENT ESSAI POMPAGE <input type="checkbox"/> O DISPONIBLE <input type="checkbox"/> N RAPPORT <input type="checkbox"/> O DISPONIBLE <input type="checkbox"/> N	
INFO CAPTAGE <input type="checkbox"/> PRIVÉ UTILISATION ÉLEVAGE TÊTE <input type="checkbox"/> MUNICIPAL <input type="checkbox"/> PROVINCIAL POPULATION DESSERVIES AQUIFÈRE TRAITEMENT TYPE DE TRAITEMENT RELIÉ A UN AQUEDUC RÉSERVOIR capacité unité été hiver annuel potentiel unité DÉBIT MOYEN NOTES :		INFRASTRUCTURE DU CAPTAGE OU DU FORAGE MÉTHODE MASSIF DATE CONSTRUCTION UNITÉS MESURES mètre pied FILTRANT NOM PUISATIER PROFONDEUR POMPE type CRÉPINE longueur profondeur type VENUE détail PROF TOTALE FORAGE DIAM LONG AU-DESSUS SOL CASING DIAM LONG TOTALE TUBAGE LONG AU-DESSUS SOL LONG DANS ROC DIAM	

Dictionnaire Champs obligatoire

Annexe 3 :

Caractéristiques des sondages et des forages

Tableau A3-1 Caractéristiques des sondages CPT réalisés en 2009 et 2010

Forage	X	Y	Municipalité	Type de forage	Date	Forage	Max depth (m)	H.Margelle
CPT-E06-A	645036	5062457	Saint-Denis-sur-Richelieu	CPTu	2010-07-15	INRS	33.7	
CPT-E07-A	645030	5062457	Saint-Denis-sur-Richelieu	CPTu	2010-07-16	INRS	42.4	
CPT-G05-A	648196	5097734	Sorel-Tracy	CPTu	2010-07-07	INRS	45.2	
CPT-POLY1	648479	5100098	Sorel-Tracy	CPTu	2010-08-10	INRS	44.6	
CPT-POLY2	648492	5099950	Sorel-Tracy	CPTu	2010-08-10	INRS	23.7	
CPT-S01-D1	645192	5057485	Saint-Charles-sur-Richelieu	CPTu	2009-11-26	INRS	22.3	
CPT-S01-E	645794	5057123	Saint-Charles-sur-Richelieu	CPTu	2009-11-24	INRS	28.4	
CPT-S02-A	658527	5086425	Saint-Aimé	CPTu	2009-11-19	INRS	31.3	
CPT-S02-D	651473	5088970	Sainte-Victoire-de-Sorel	CPTu	2009-11-19	INRS	38.9	
CPT-S02-F1	647596	5090417	Sainte-Victoire-de-Sorel	CPTu	2009-11-20	INRS	31.6	
CPT-S02-F2	647503	5090590	Sainte-Victoire-de-Sorel	CPTu	2009-11-20	INRS	39.2	
CPT-S02-F3	647750	5090340	Sainte-Victoire-de-Sorel	CPTu	2009-11-24	INRS	24.3	
CPT-S02-H1	645471	5091941	Sainte-Victoire-de-Sorel	CPTu	2009-11-18	INRS	38.6	
CPT-S03-A	675173	5049647	Saint-Valérien	CPTu	2010-07-27	INRS	11.3	
CPT-S07-A	647534	5041558	Saint-Jean-Baptiste	CPTu	2010-07-12	INRS	43.4	
CPT-S07-B	645635	5042387	Saint-Jean-Baptiste	CPTu	2010-07-26	INRS	20.4	
CPT-S08-A	659988	5050345	Saint-Hyacinthe	CPTu	2010-07-01	INRS	24.6	
CPT-S08-B	661033	5049547	Notre-Dame-de-St-Hyacinthe S	CPTu	2010-07-06	INRS	27.6	
CPT-S08-C	663850	5047617	Notre-Dame-de-St-Hyacinthe (S	CPTu	2010-07-09	INRS	15.4	
CPT-S09-A	662010	5081776	Saint-Marcel-de-Richelieu	CPTu	2010-06-30	INRS	17.4	
CPT-S09-B	666094	5078459	Saint-Marcel-de-Richelieu	CPTu	2010-06-30	INRS	19.6	
CPT-S09-C	669893	5074740	Saint-Hugues	CPTu	2010-06-30	INRS	18.2	
CPT-S10-B-A	654650	5027607	Saint-Césaire	CPTu	2010-07-20	INRS	17.7	
CPT-S11-A	639327	5061249	Saint-Marc-sur-Richelieu	CPTu	2010-07-19	INRS	32.0	
CPT-S12-A	631440	5000311	St-Paul-de-l'Île-aux-Noix	CPTu	2010-08-11	INRS	4.7	
CPT-S12-B	634601	5000369	Saint-Valentin	CPTu	2010-08-11	INRS	15.5	
CPT-S13-A	627338	5025939	Saint-Jean sur Richelieu	CPTu	2010-08-11	INRS	8.3	
CPT-S13-B	630005	5025435	Saint-Jean sur Richelieu	CPTu	2010-08-11	INRS	21.3	
CPT-T01-A	662345	5038812	Saint-Pie	CPTu	2010-07-14	INRS	19.7	
CPT-T01-B	657255	5038379	Saint-Damase	CPTu	2010-07-14	INRS	44.5	
CPT-T05-A	656899	5045547	St-Damase	CPTu	2010-07-06	INRS	23.7	
CPT-T05-B	657404	5047400	Sainte-Hyacinthe	CPTu	2010-07-05	INRS	14.0	
CPT-T06-A	647757	5077836	Saint-Bernard-de-Michaudville	CPTu	2010-07-15	INRS	28.3	
CPT-T06-B	652532	5074712	Saint-Bernard-de-Michaudville	CPTu	2010-07-15	INRS	24.6	
CPT-T06-D	663706	5063844	Saint-Simon	CPTu	2010-07-29	INRS	18.7	
CPT-T07-A	649338	5035425	Rougemont	CPTu	2010-07-14	INRS	8.0	
CPT-T11-A	633679	5067218	Calixa-Lavalée	CPTu	2010-07-19	INRS	18.7	
CPT-T14-A	657619	5058909	Saint-Hyacinthe	CPTu	2010-07-13	INRS	29.3	
CPT-T14-B	658126	5062694	Saint-Barnabé Sud	CPTu	2010-07-13	INRS	25.3	
CPT-T14-C	663245	5069755	Saint-Barnabé Sud	CPTu	2010-07-13	INRS	23.2	
CPT-T16-A	644241	5058194	Saint-Charles-sur-Richelieu	CPTu	2010-07-07	INRS	39.5	
CPT-T16-D	653969	5084871	Saint-Aimé	CPTu	2010-07-07	INRS	38.9	
CPT-T16-E	656471	5094798	Saint-Aimé	CPTu	2010-07-07	INRS	30.5	
CPT-X21	643644	5026914	Mont St-Grégoire	CPTu	2010-07-26	INRS	4.5	

Tableau A3-2 Caractéristiques des sondages RPSS réalisés en 2010

Forage	X	Y	Municipalité	Type de forage	Date	Forage	Max depth (m)	H.Margelle
CPT-S09D	672097	5073016	Saint-Hugues	RPSS	2010-06-29	INRS	6.1	
RPSS-S12-A	631440	5000311	St-Paul-de-l'Île-aux-Noix	RPSS	2010-08-11	INRS	9.8	
RPSS-T02-A	665748	5029958	Saint-Paul d'Abbotsford	RPSS	2010-08-05	INRS	9.4	
RPSS-T06-E	667591	5061478	Saint-Simon	RPSS	2010-08-05	INRS	8.6	
RPSS-T08-A	638760	5040358	Saint-Mathias-sur-Richelieu	RPSS	2010-07-28	INRS	6.9	
RPSS-T08-B	637784	5037055	Saint-Mathias-sur-Richelieu	RPSS	2010-07-28	INRS	6.1	
RPSS-T09-B	668440	5025910	Ange Gardien	RPSS	2010-07-20	INRS	3.6	
RPSS-T13-A	670368	5041733	Saint-Cécile de Milton	RPSS	2010-07-27	INRS	7.5	
RPSS-X01	649011	5004778	Pike River	RPSS	2010-08-02	INRS	7.3	
RPSS-X02	648688	5002231	St-Sébastien (Paroisse)	RPSS	2010-08-02	INRS	7.5	
RPSS-X03	651657	5002213	Notre Dame de Stanbridge	RPSS	2010-08-03	INRS	6.3	
RPSS-X04	648741	5000892	Saint-Sébastien	RPSS	2010-08-03	INRS	5.8	
RPSS-X05	658829	5003909	St-Ignace-de-Stanbridge	RPSS	2010-08-04	INRS	5.4	
RPSS-X06	660979	5004005	St-Ignace-de-Stanbridge	RPSS	2010-08-03	INRS	4.9	
RPSS-X07	662717	5004722	St-Ignace-de-Stanbridge	RPSS	2010-08-04	INRS	5.3	
RPSS-X08	664470	5005152	St-Ignace-de-Stanbridge	RPSS	2010-08-04	INRS	3.6	
RPSS-X09	663756	5006730	St-Ignace-de-Stanbridge	RPSS	2010-08-04	INRS	5.3	
RPSS-X10	679454	5060607	Upton	RPSS	2010-07-21	INRS	9.2	
RPSS-X12	693445	5059187	Acton Vale	RPSS	2010-07-21	INRS	5.6	

Tableau A3-3 : Caractéristiques des puits conventionnels et rotozonique réalisés en 2010

Forage	X	Y	Municipalité	Type de forage	Date	Forage	Max depth (m)	H.Margelle	Logger	Baro
PO-01	633773	5067244	Calixa-Lavallé	Conventionnel	2010-10-13	Puitsbec	36.6	0.905	1060487	1048409
PO-03	661984	5081978	Saint Marcel sur Richelieu	Conventionnel	2010-10-12	Puitsbec	44.2	0.84	1048014	1047422
PO-04	674619	5045095	Saint Valérien de Milton	Conventionnel	2010-10-07	Puitsbec	30.5	1.135	1048047	1047413
PO-05	633183	5000387	Saint Paul de l'île aux Noix	Conventionnel	2010-10-18	Puitsbec	24.4	0.82	1048789	Baro du P17
PO-06	688098	5060825	Saint Théodore d'Acton	Conventionnel	2010-10-05	Puitsbec	54.9	0.925	1056671	1056538
PO-07	638682	5040310	Saint Mathias sur Richelieu	Conventionnel	2010-10-15	Puitsbec	24.4	0.54	1047547	1047288
PO-08	645192	5082224	St-Ours	Conventionnel	2010-10-14	Puitsbec	50.9	0.95	1056684	1056547
PO-09	709917	5039902	Valcourt	Conventionnel	2010-11-03	Puitsbec	21.3	0.95	1056737	1056522
PO-10	667516	4992441	Frelighsburg	Conventionnel	2010-10-20	Puitsbec	22.9	0.94	1056721	1056508
PO-11	692959	5031735	Saint Joachim de Sheford	Conventionnel	2010-11-03	Puitsbec	35.1	1.15	1056673	N/A P09
PO-12	654560	5042191	Saint Damase	Conventionnel	2010-10-06	Puitsbec	42.7	0.89	1034117	N/A P19
PO-13	631348	5055267	Saint Amable	Conventionnel	2010-11-02	Puitsbec	48.8	1.05	1055132	1056558
PO-15	668090	5060880	Saint Simon	Conventionnel	2010-11-10	Puitsbec	29.0	0.83	1056738	1056528
PO-16	662696	5004695	Saint Ignace de Standbridge	Conventionnel	2010-10-19	Puitsbec	22.9	0.89	1047237	1046542
PO-17	637009	5011449	Saint Jean sur Richelieu	Conventionnel	2010-11-09	Puitsbec	36.6	1.14	1047993	1056534
PO-19	652481	5035189	Rougemont	Conventionnel	2010-11-08	Puitsbec	30.5	0.92	1055153	1056501
PO-20	690294	5006053	Brome	Conventionnel	2010-10-28	Puitsbec	53.9	0.84	1048034	1047402
PO-21	705245	4992685	Mansonville	Conventionnel	2010-11-05	Puitsbec	39.6	0.73	1047656	1049049
PO-23	630537	5025247	Saint Jean sur Richelieu	Conventionnel	2010-11-01	Puitsbec	44.2	1.06	1048040	1047427
PO-24	711247	5025871	Fastman	Conventionnel	2010-10-21	Puitsbec	30.5	0.83	1047998	1047272
RS-01	647787	5090376	Sainte-Victoire-de-Sorel	Rotosonique	16/11/2010	Boart Longyea	26.2	0.96	1055778	1056547
RS-02	645005	5057711	Saint-Charles-sur-Richelieu	Rotosonique	01/12/2010	Boart Longyea	57.9		1046577	1056506
RS-04	668170	5076451	Saint-Hugues	Rotosonique	10-11-2010	Boart Longyea	23.5	0.73 (pvc 0.64)	1047632	1047422
RS-05	650686	5034101	Rougemont	Rotosonique	02/12/2010	Boart Longyea	32.3	0.34 / pvc	1034110	1056549

Annexe 4 : Descriptions des sondages, forages et diagraphies

- Descriptions des forages conventionnels : Figures 1 à 20
- Descriptions des forages rotonsonic : Figures 80 à 83
- Descriptions des sondages CPT : Figures 21 à 65
- Descriptions des sondages RPSS : Figures 84 à 103
- Descriptions des diagraphies : Figures 66 à 79

Note : Les descriptions sont préliminaires et sujettes à révision

Figure 1

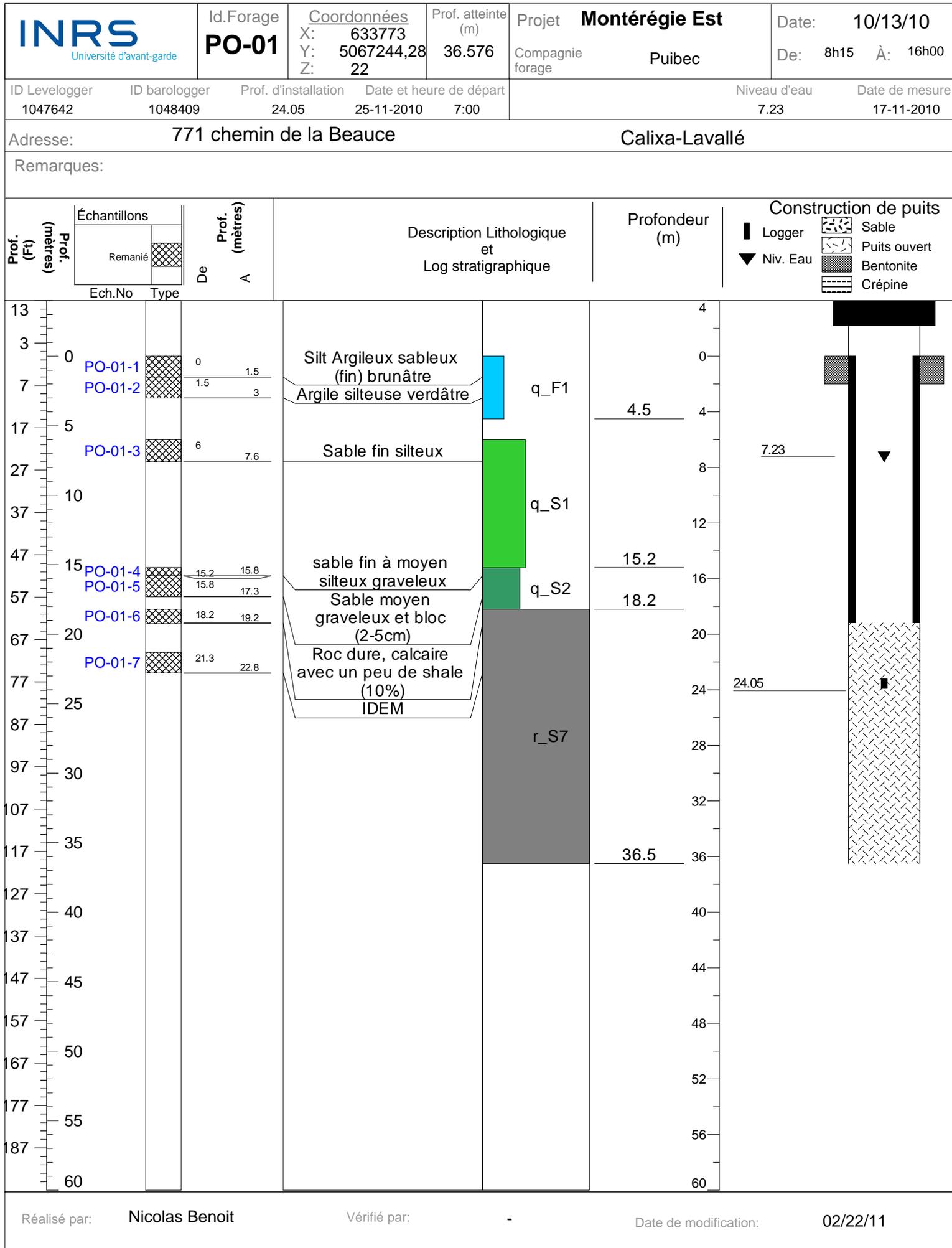


Figure 2

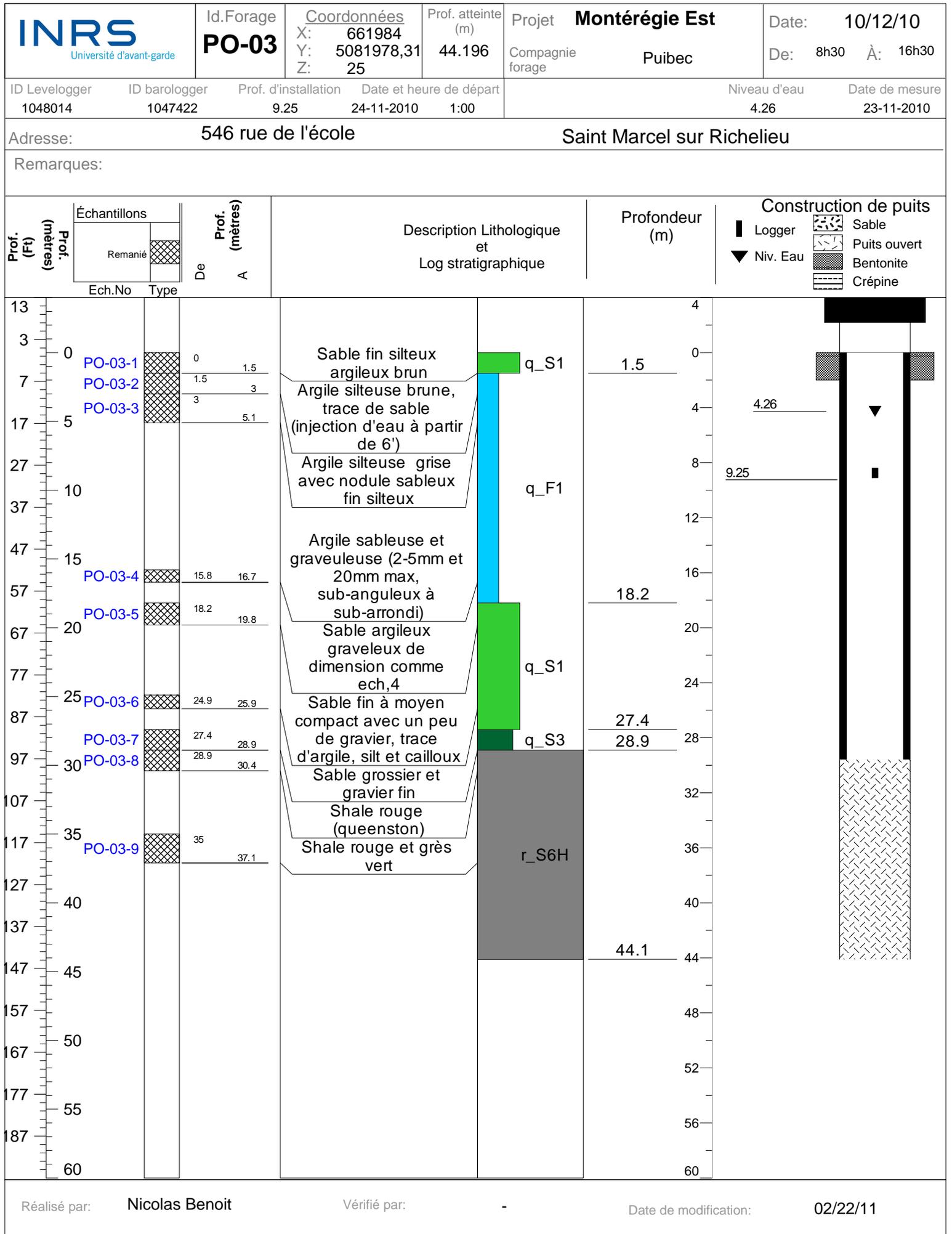
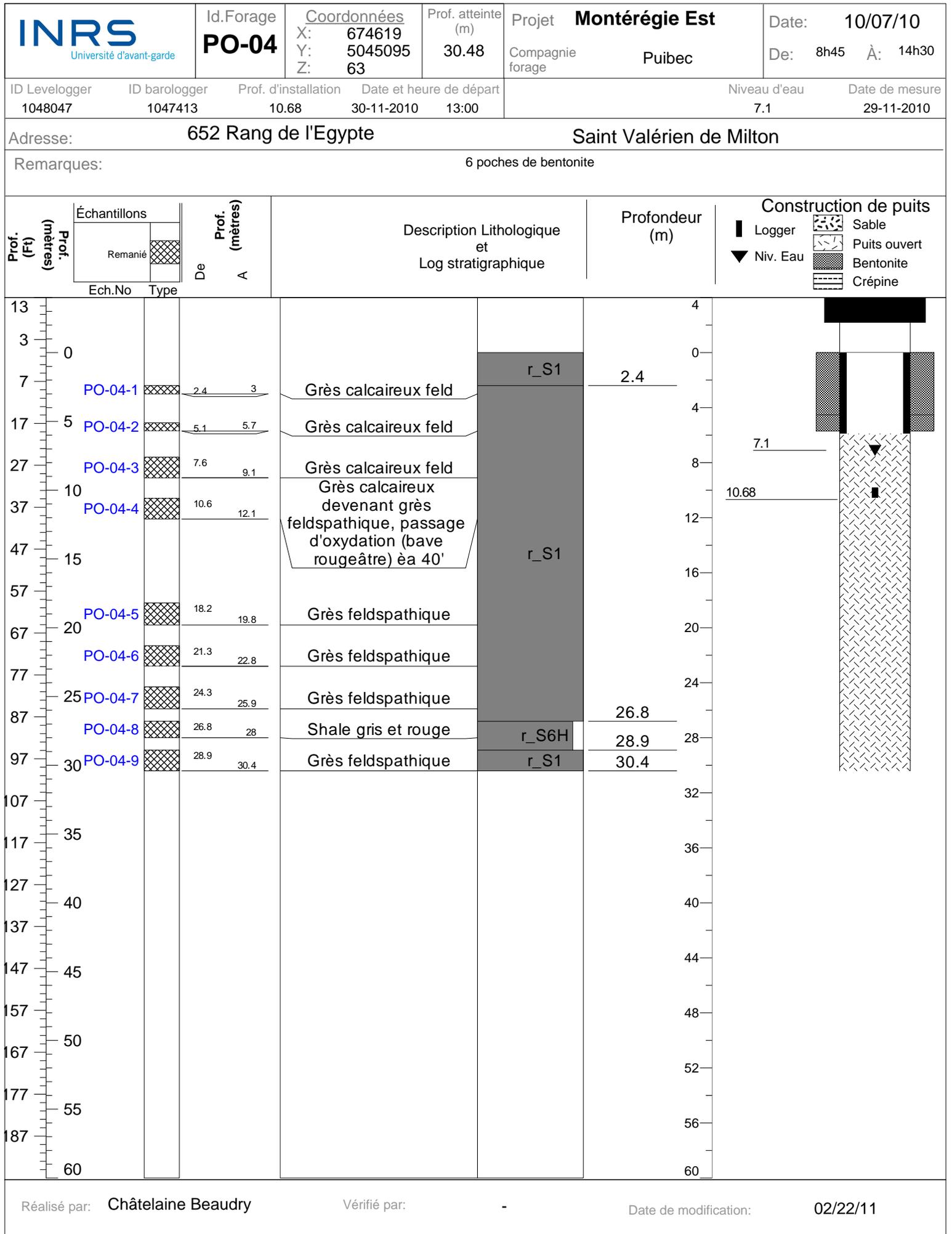


Figure 3



Réalisé par: Châtelaine Beaudry

Vérfié par:

-

Date de modification:

02/22/11

Figure 4

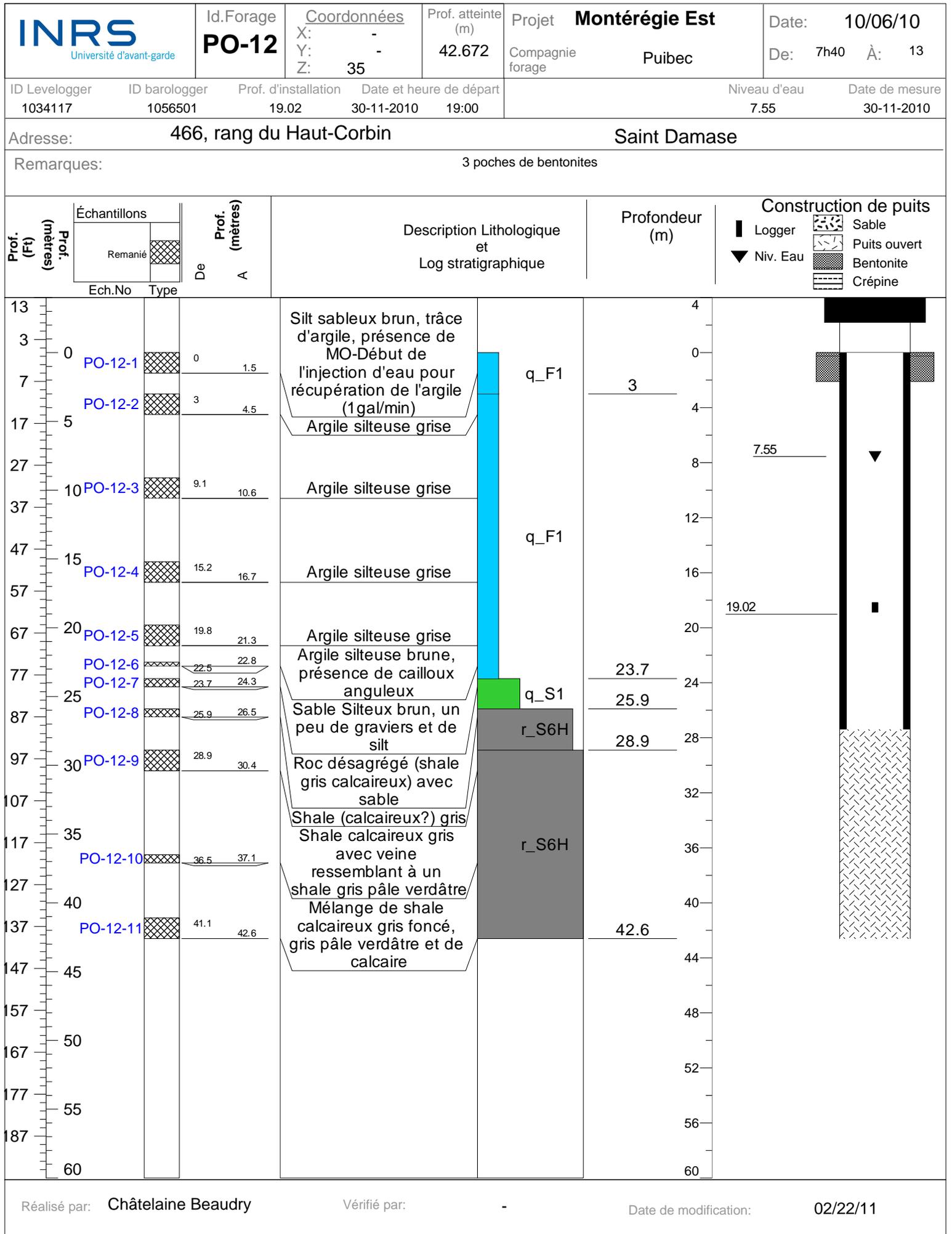


Figure 5

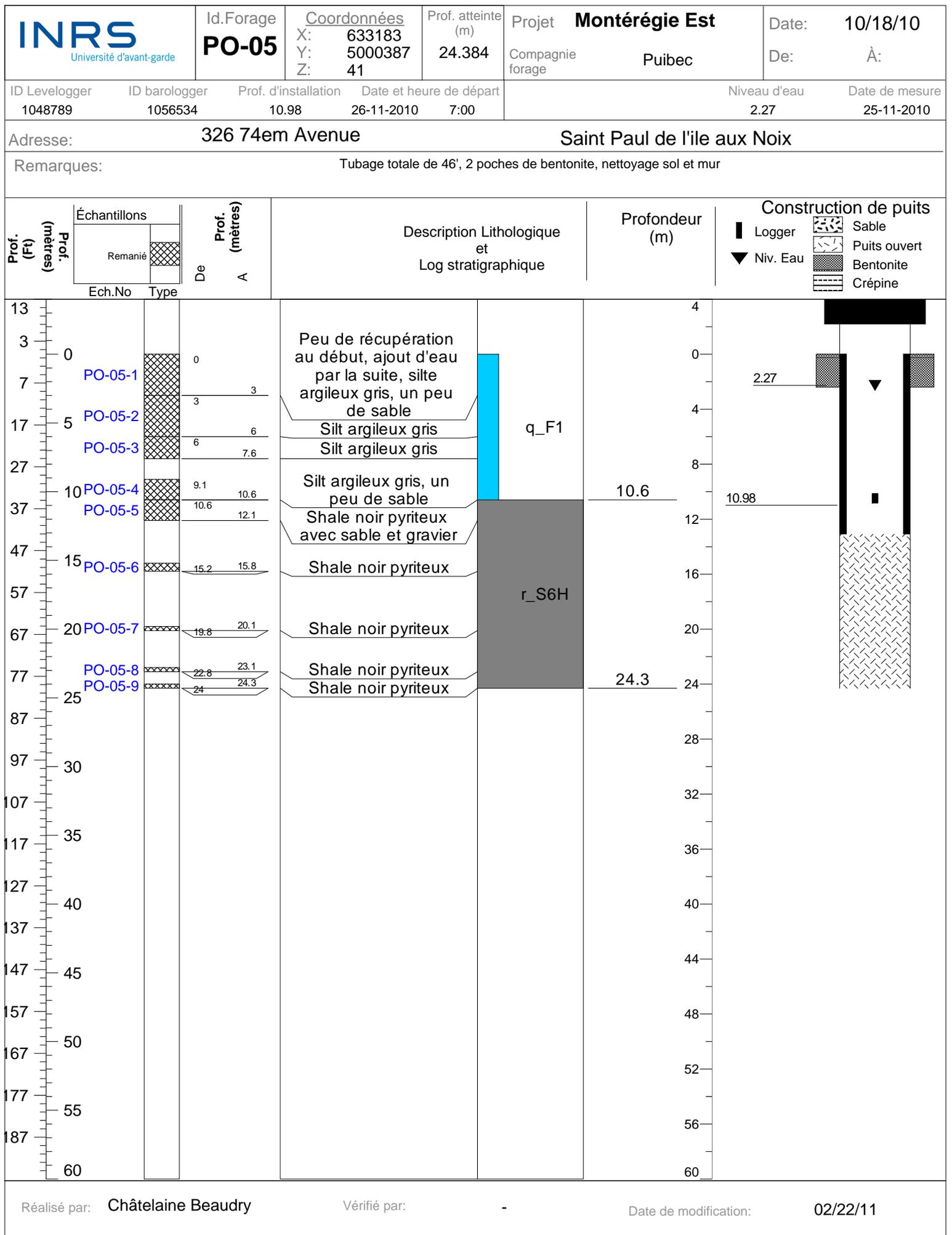
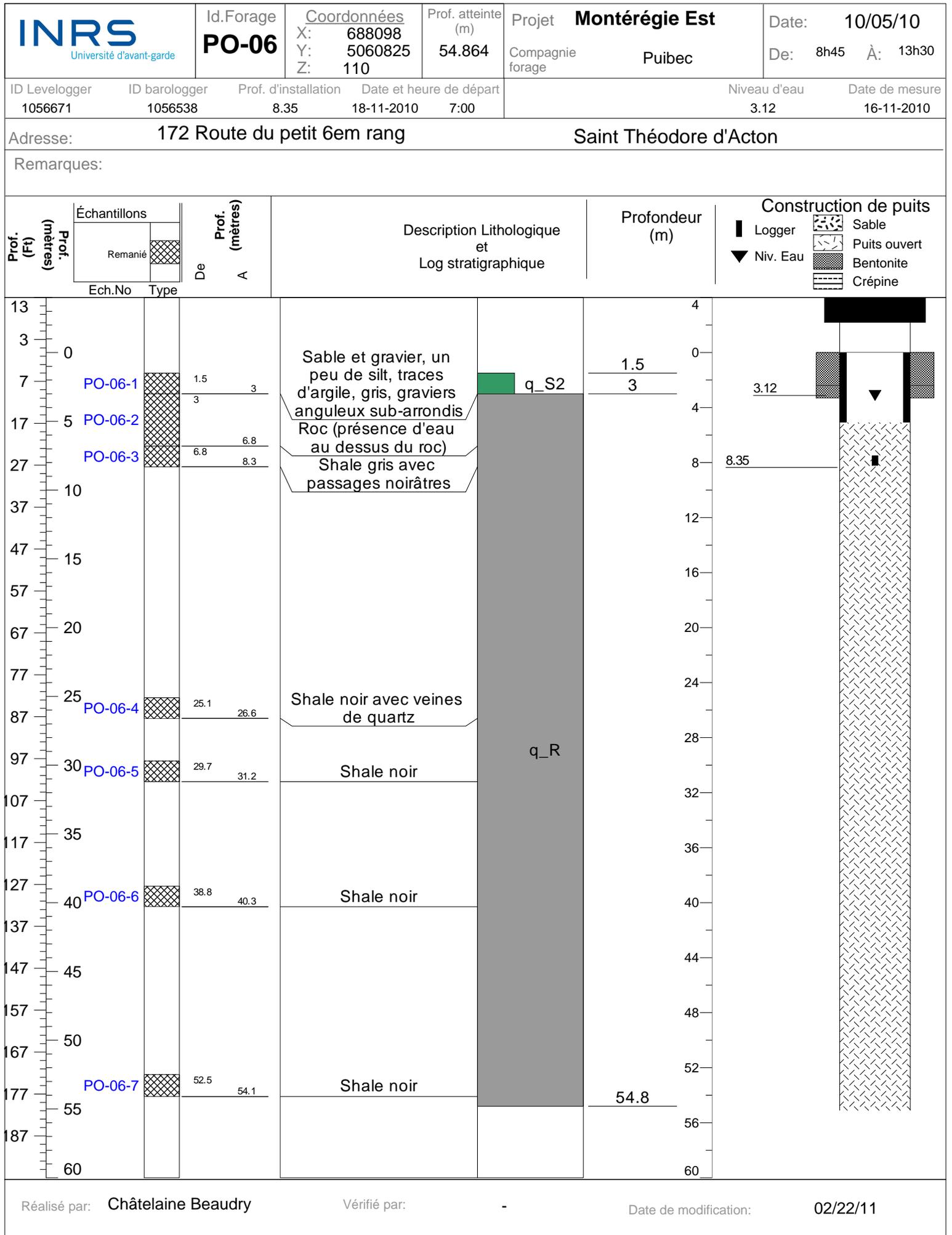


Figure 7



Réalisé par: Châtelaine Beaudry

Vérfié par:

-

Date de modification:

02/22/11

Figure 8

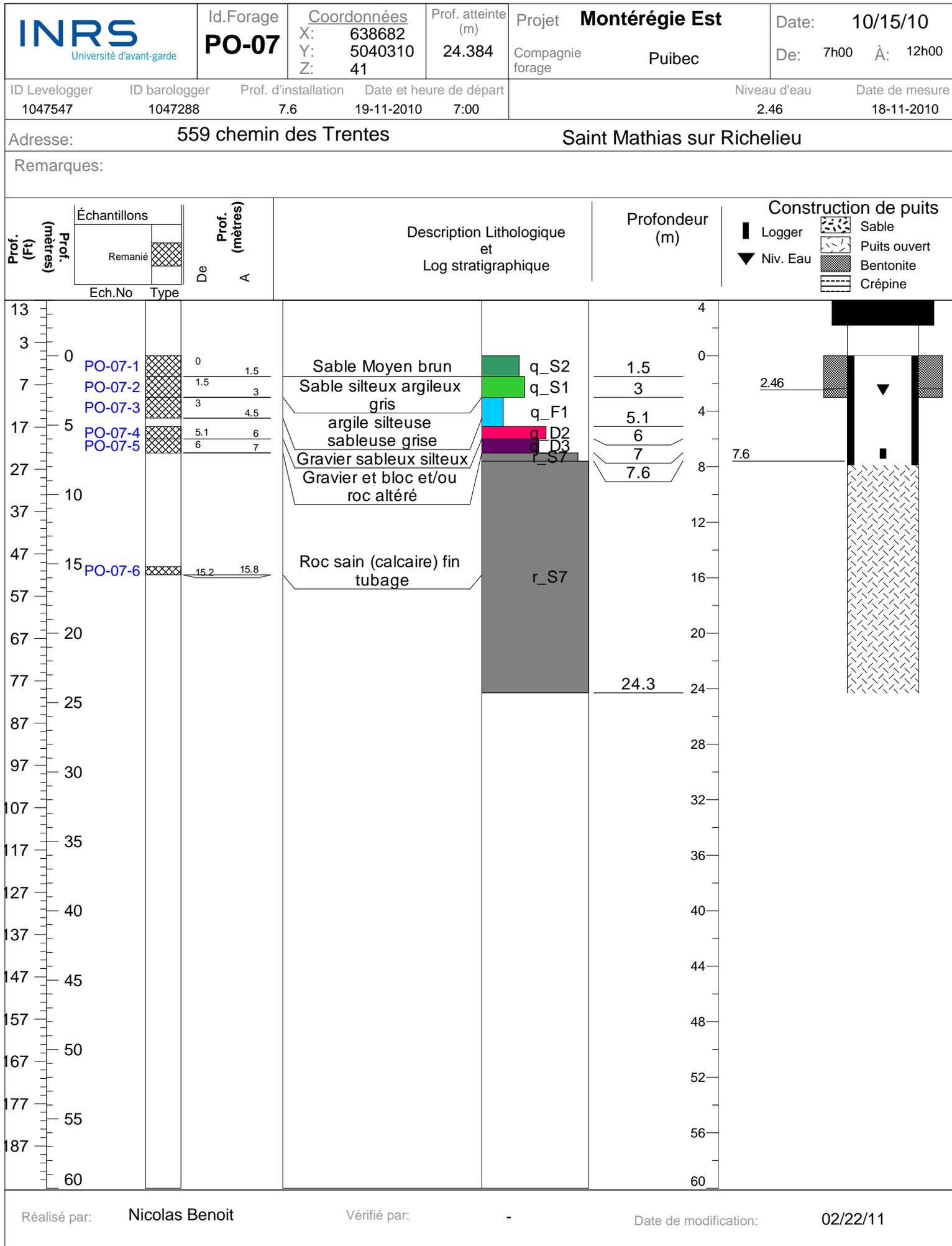


Figure 9

	Id.Forage PO-08	Coordonnées X: 645192 Y: 5082224 Z: 20	Prof. atteinte (m) 50.9016	Projet Montérégie Est	Date: 10/14/10
	ID Levelogger 1056684	ID barologger 1056547	Prof. d'installation 19.26	Date et heure de départ 21-11-2010 1:00	Compagnie forage Puibec
				Niveau d'eau 13.23	Date de mesure 19-11-2010

Adresse:

Remarques:

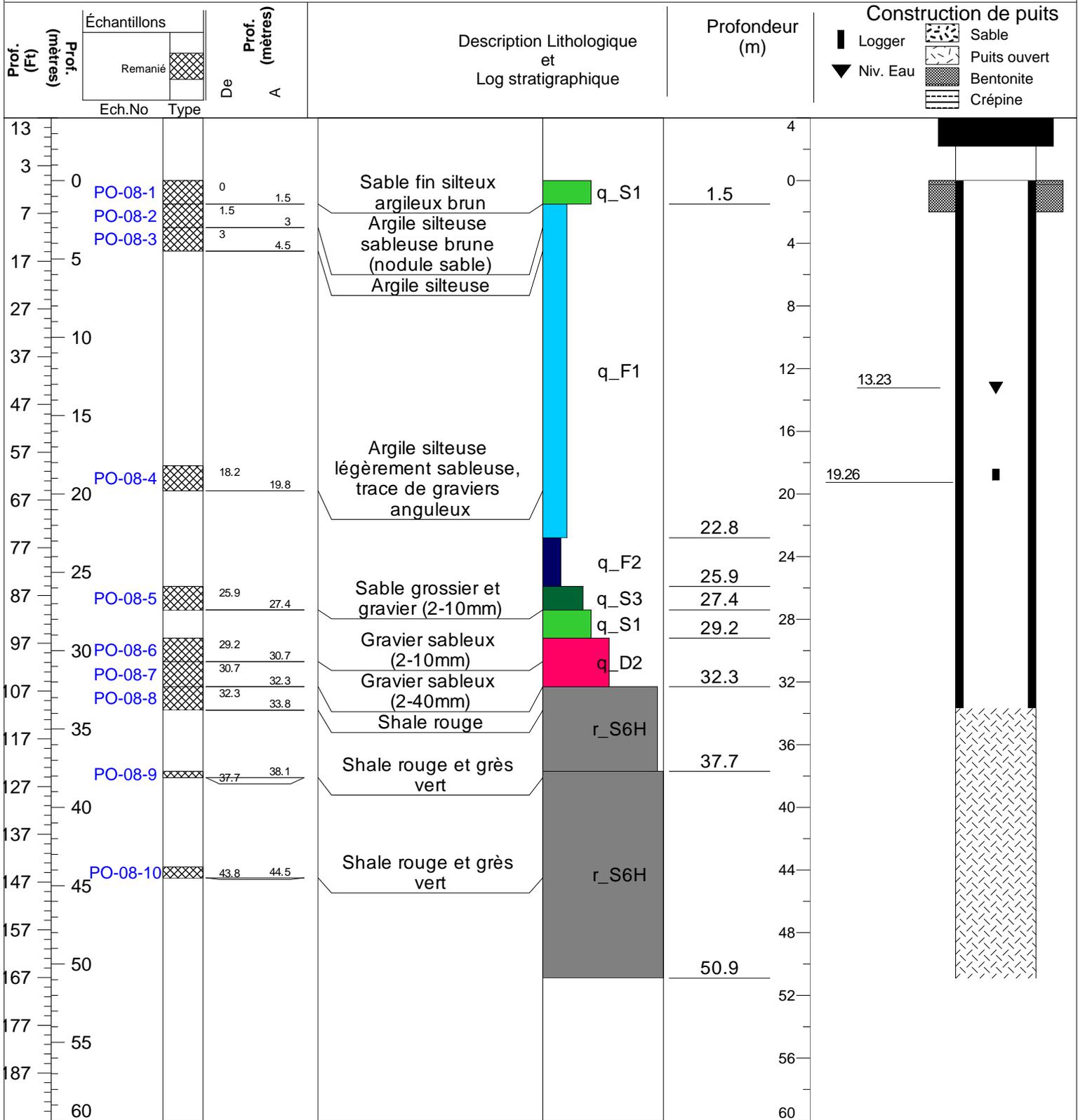


Figure 10

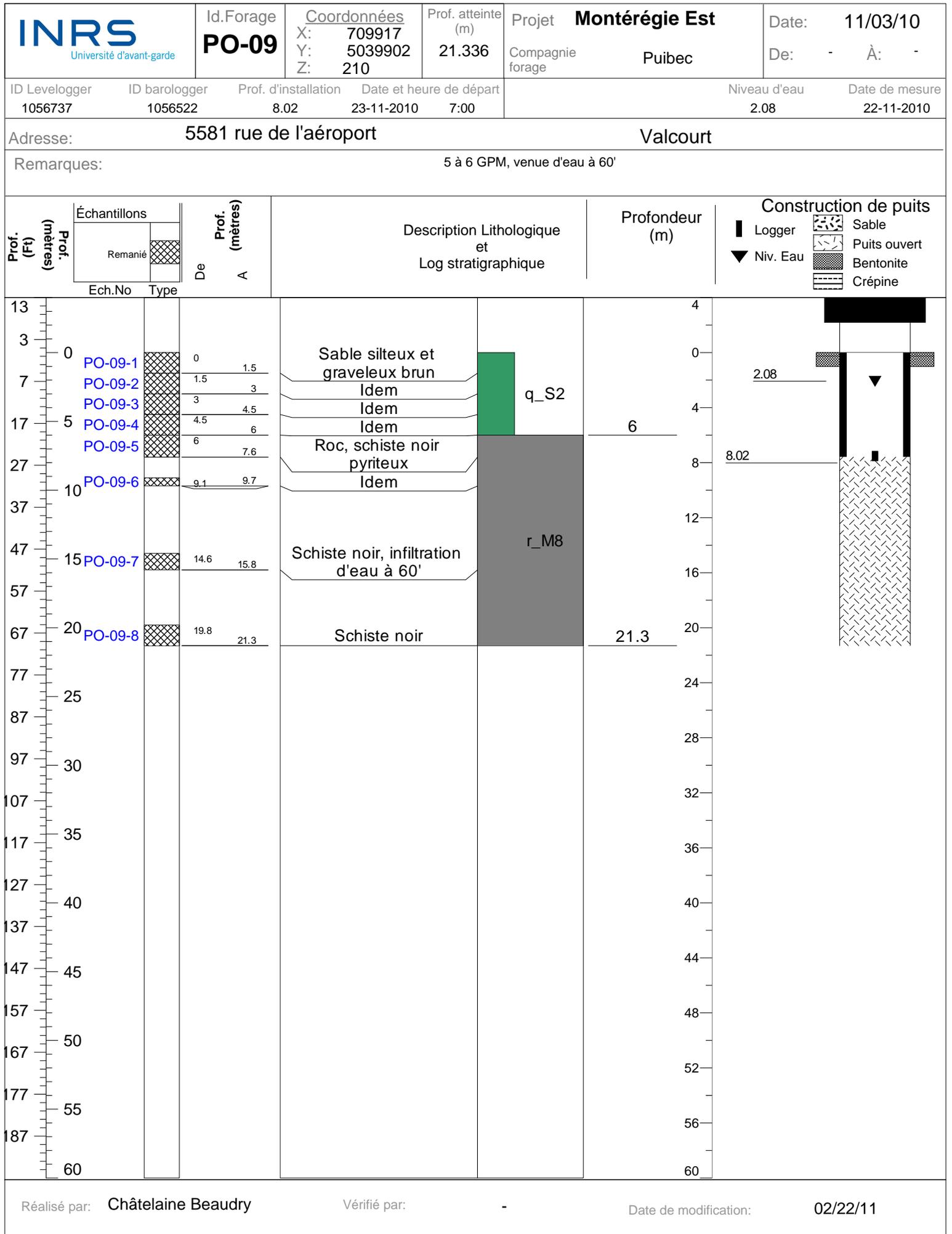


Figure 11

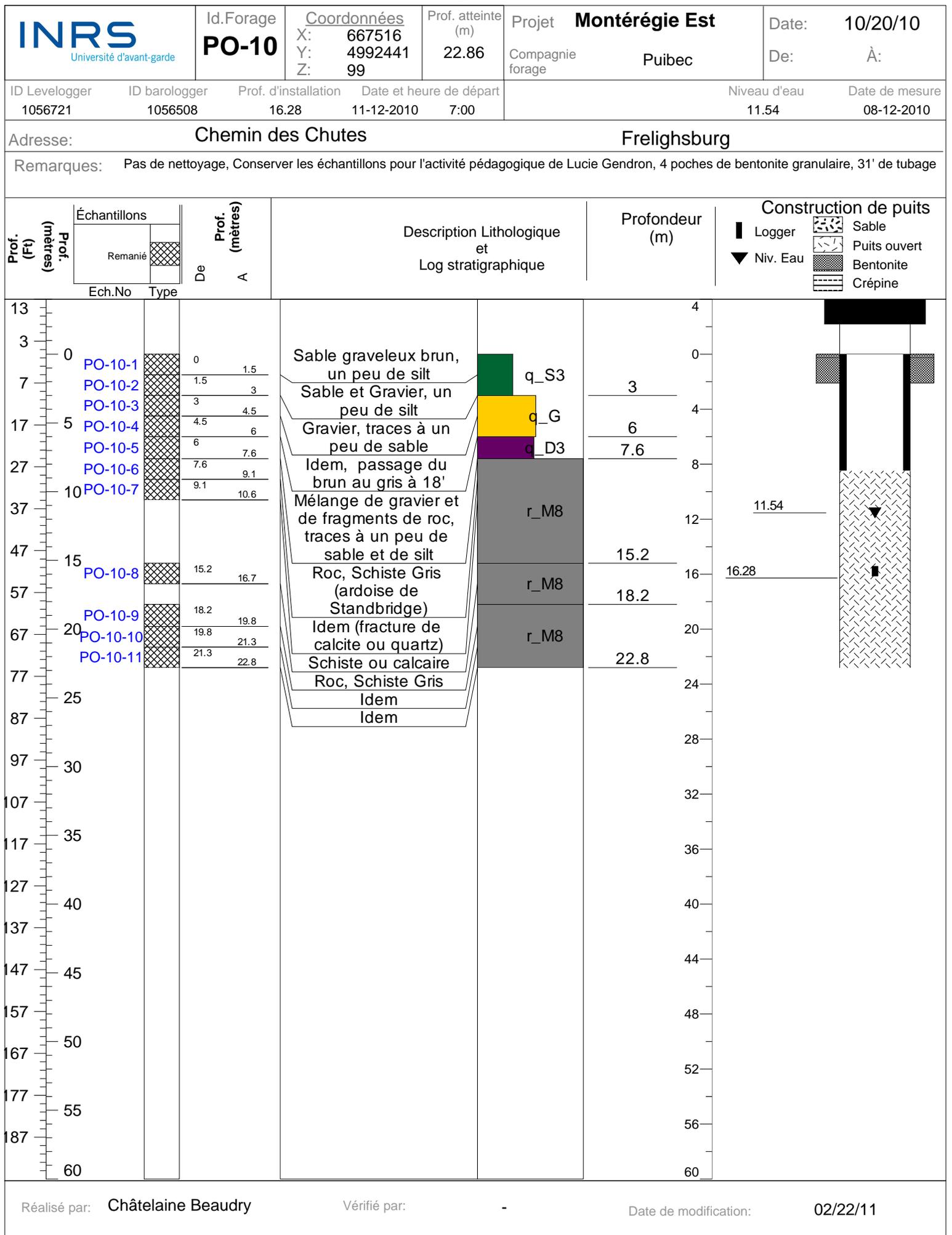


Figure 13

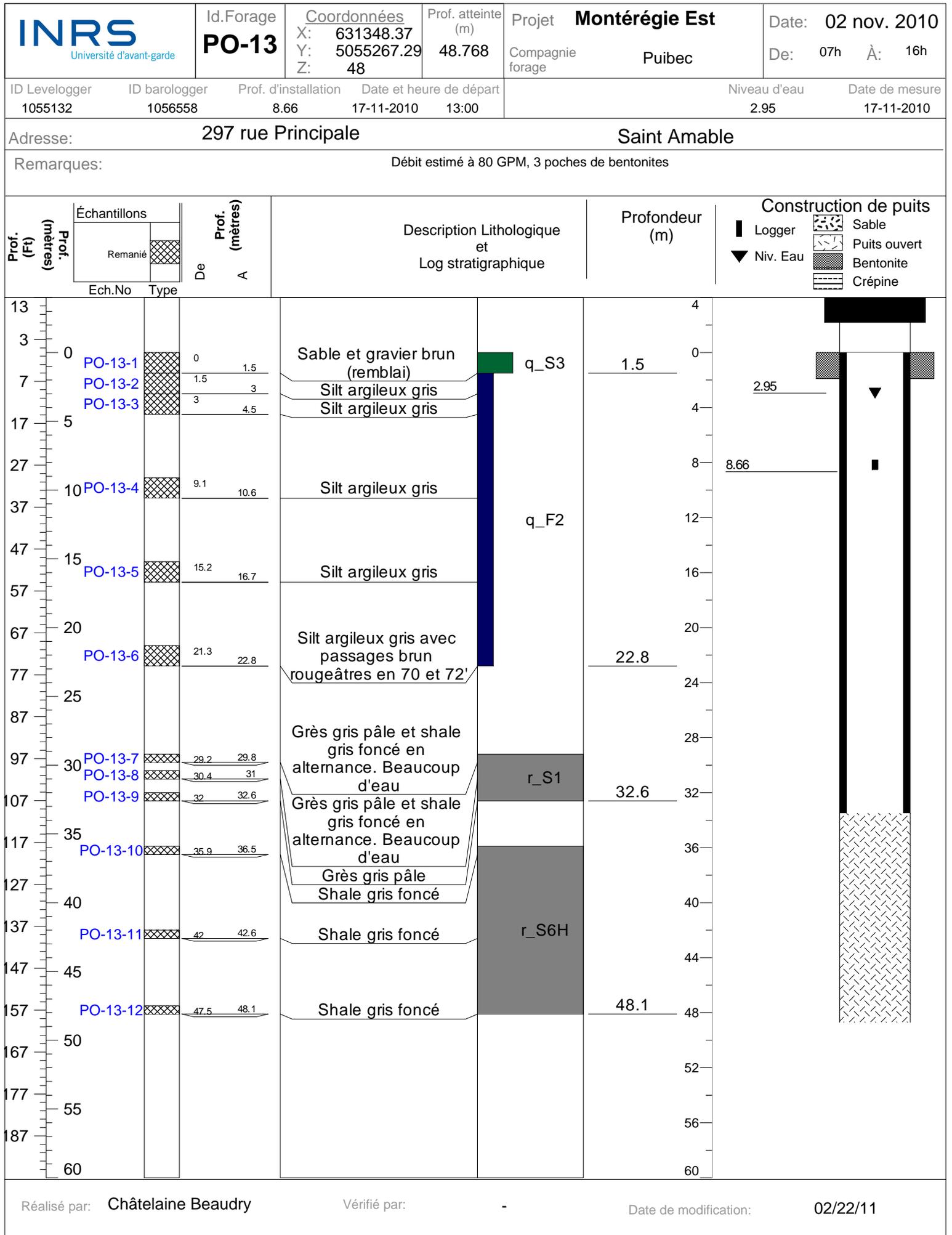


Figure 14

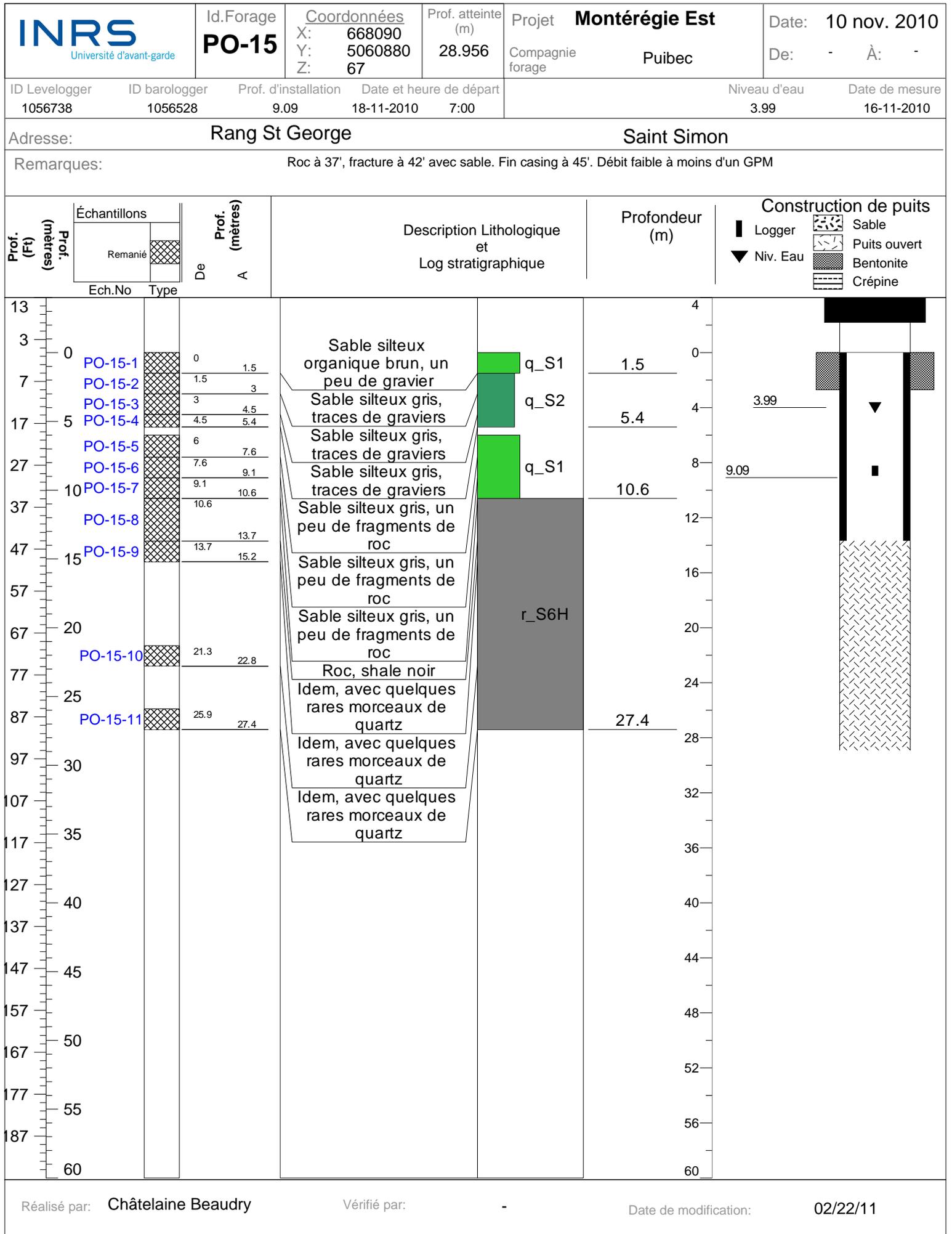


Figure 15

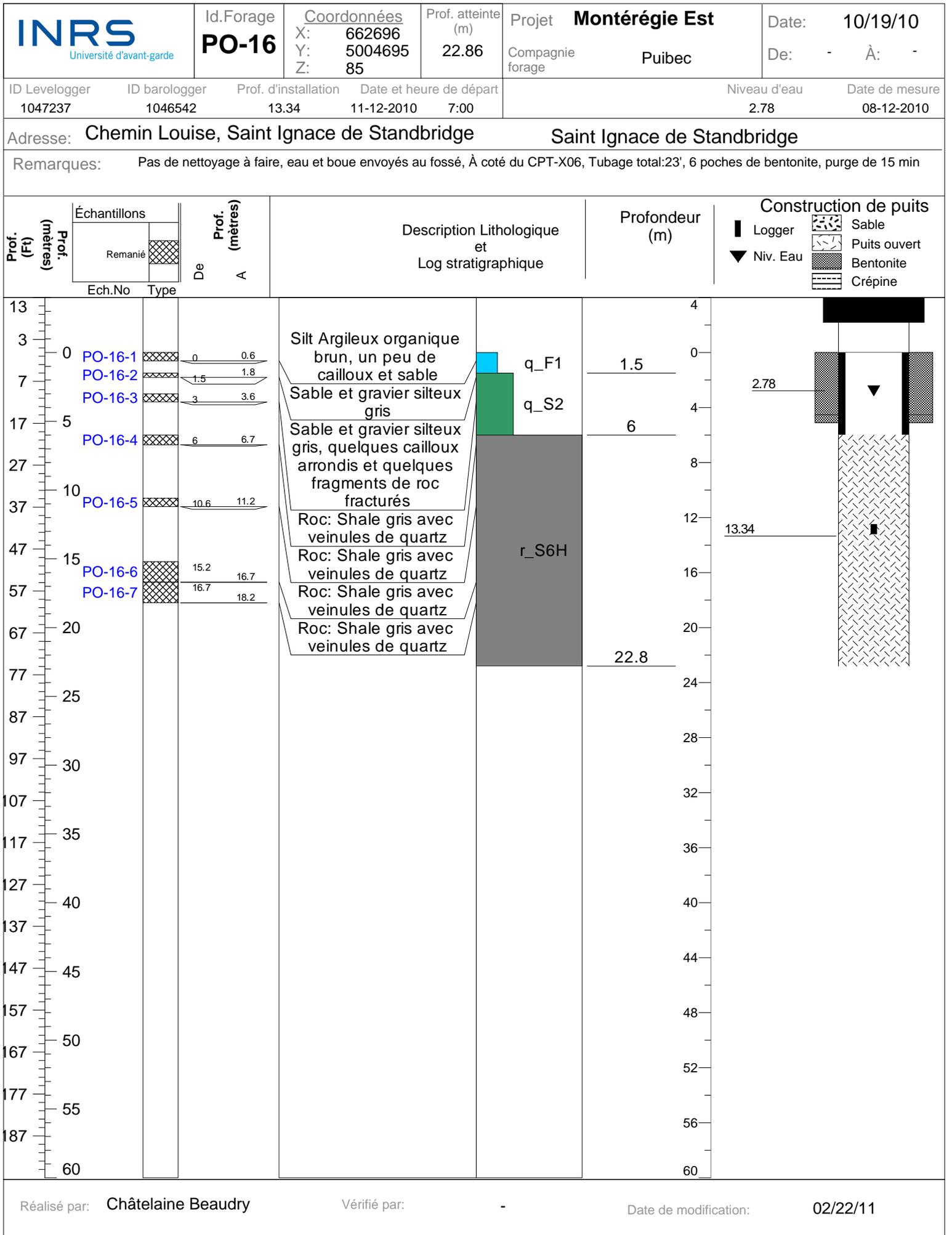


Figure 16

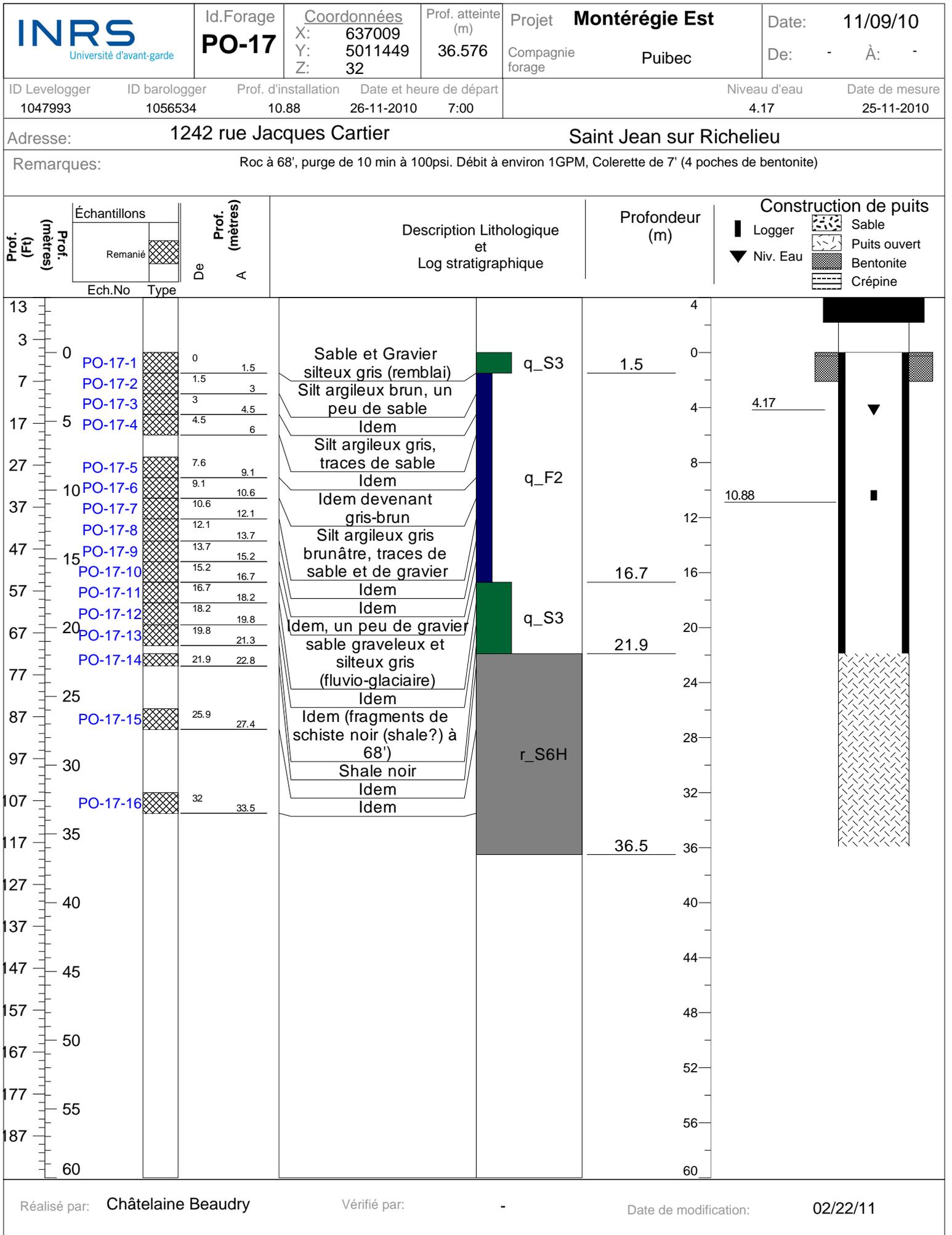


Figure 17

	Id.Forage PO-19	Coordonnées X: 652481 Y: 5035189 Z: 130		Prof. atteinte (m) 30.48	Projet Montérégie Est Compagnie forage Puibec	Date: 08 nov. 2010 De: - À: -	
		ID Levelogger 1055153	ID barologger 1056501			Prof. d'installation 24.91	Date et heure de départ 20-11-2010 19:00

Adresse: **501, rue Principale** **Rougemont**

Remarques: Tubage totale de 20', 6 poches de bentonite (0 à 17')

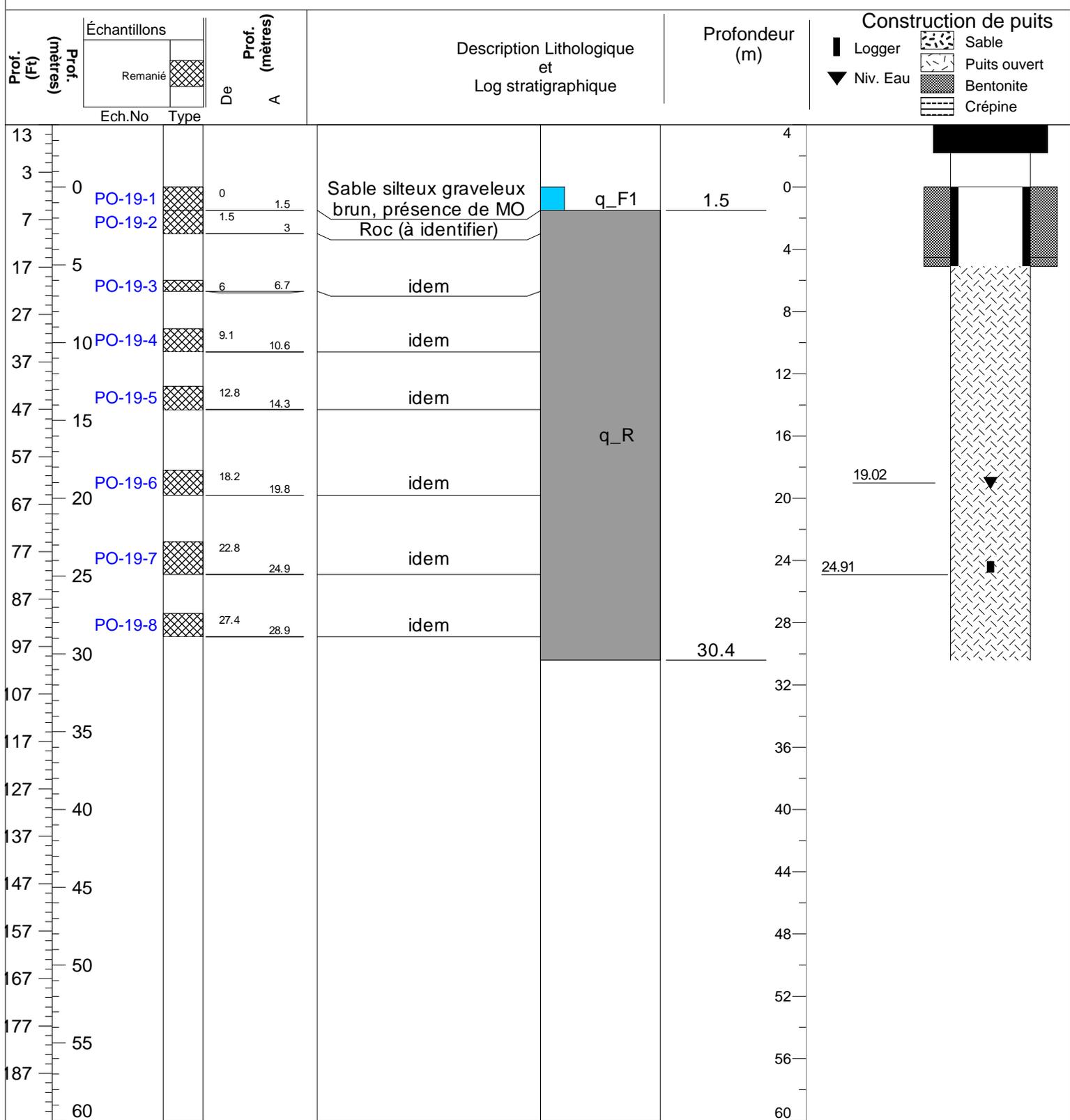


Figure 18

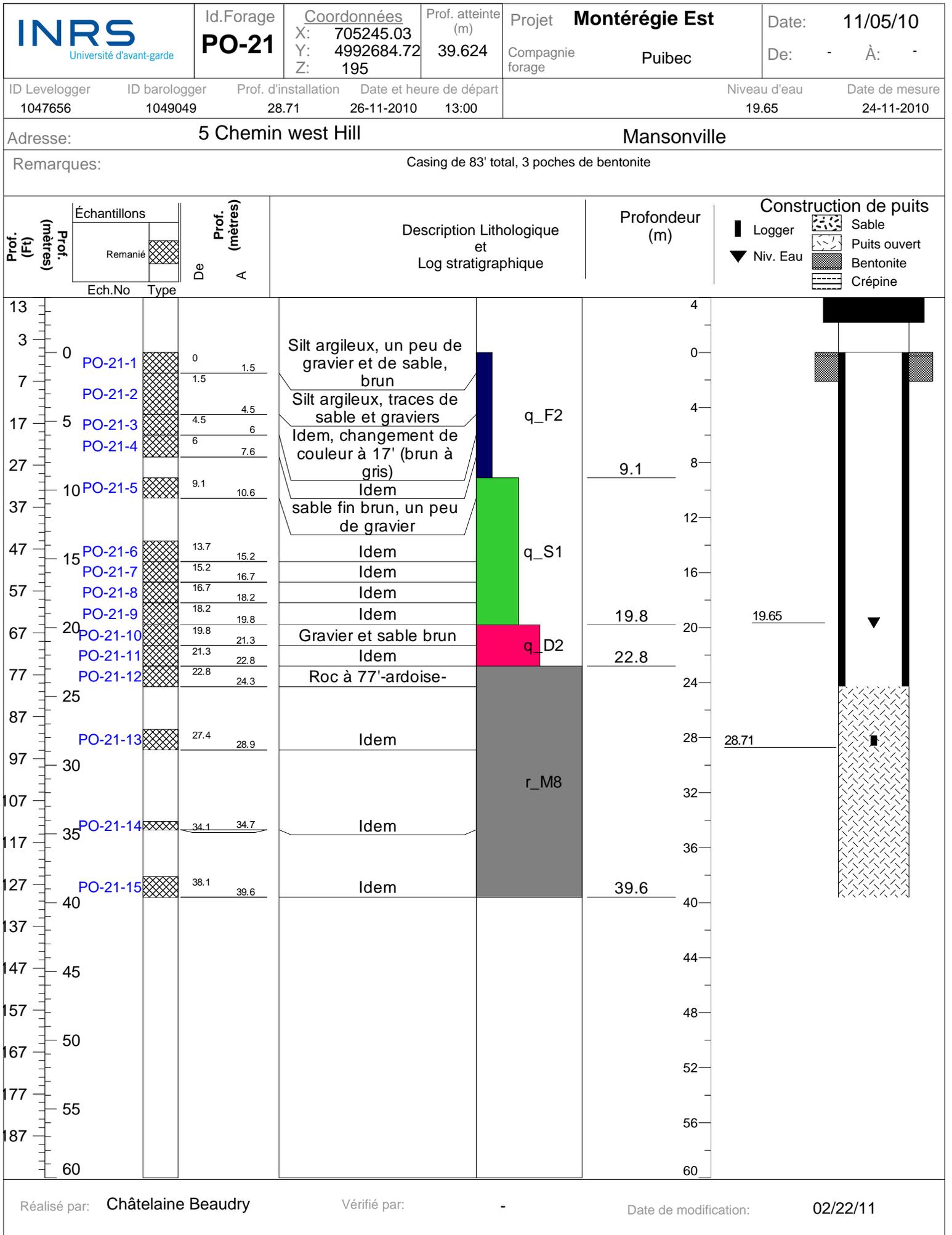


Figure 19

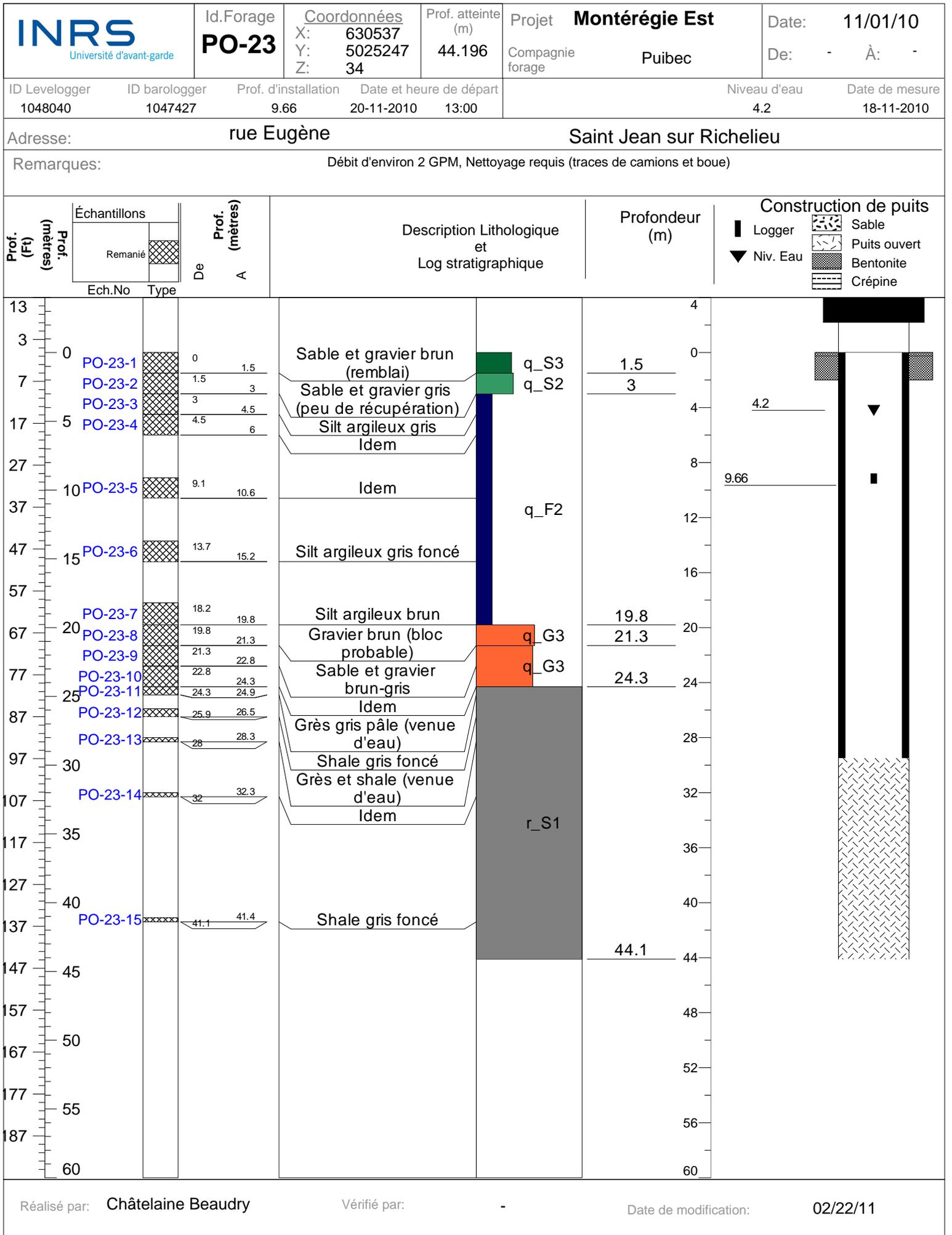
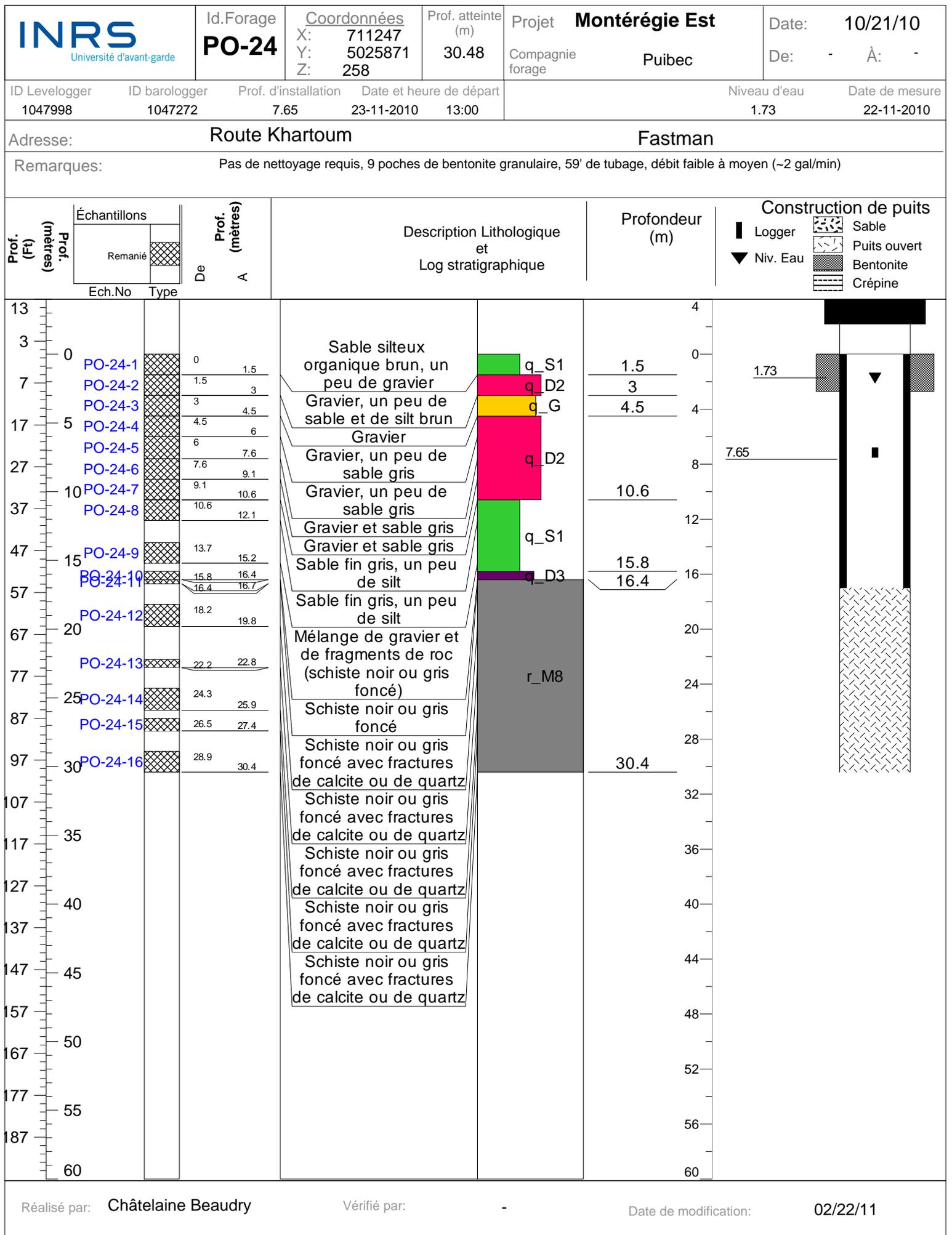


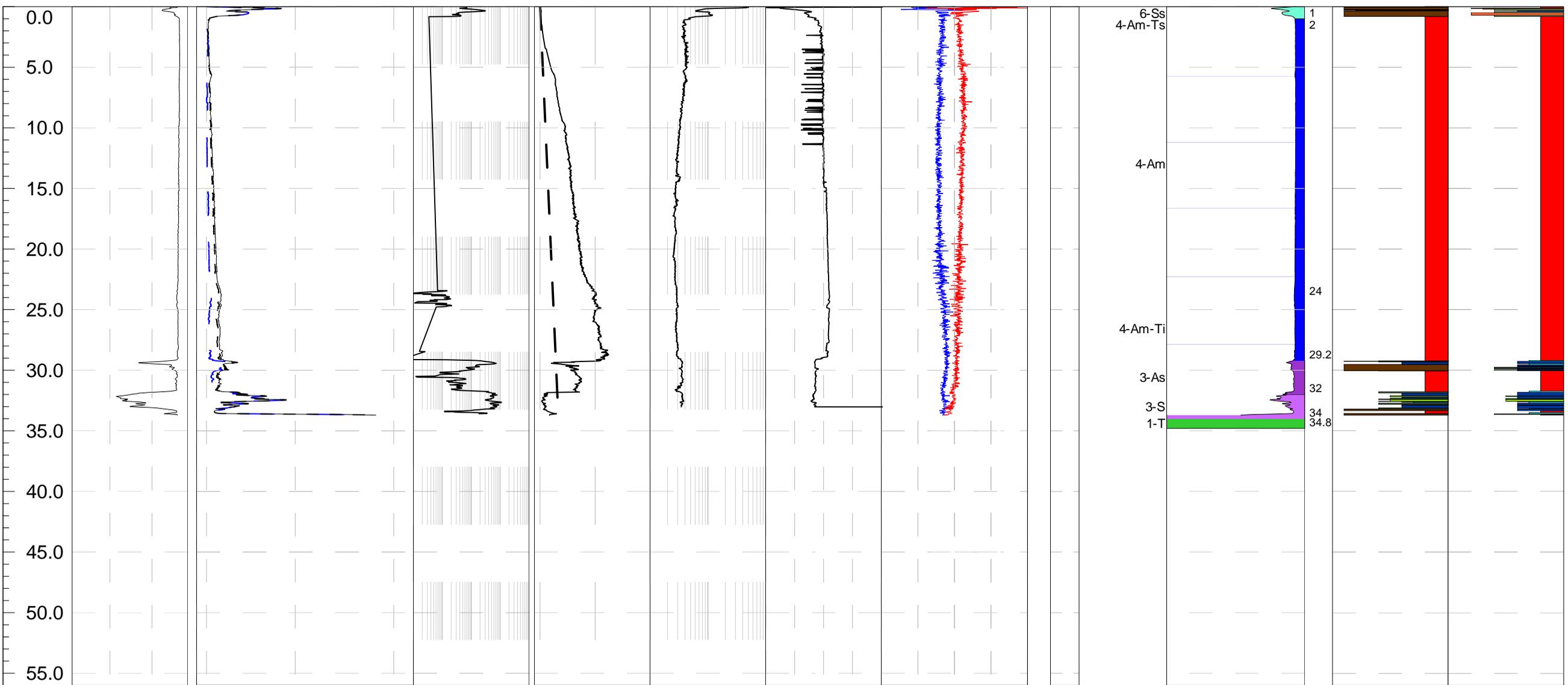
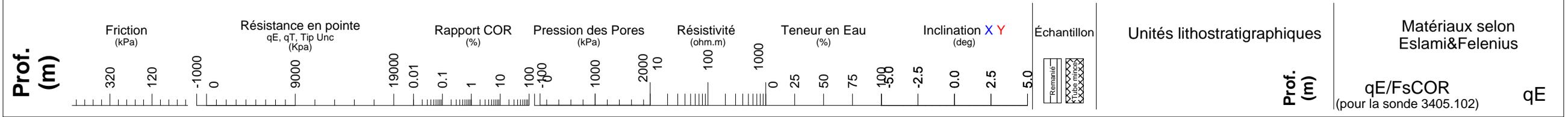
Figure 20

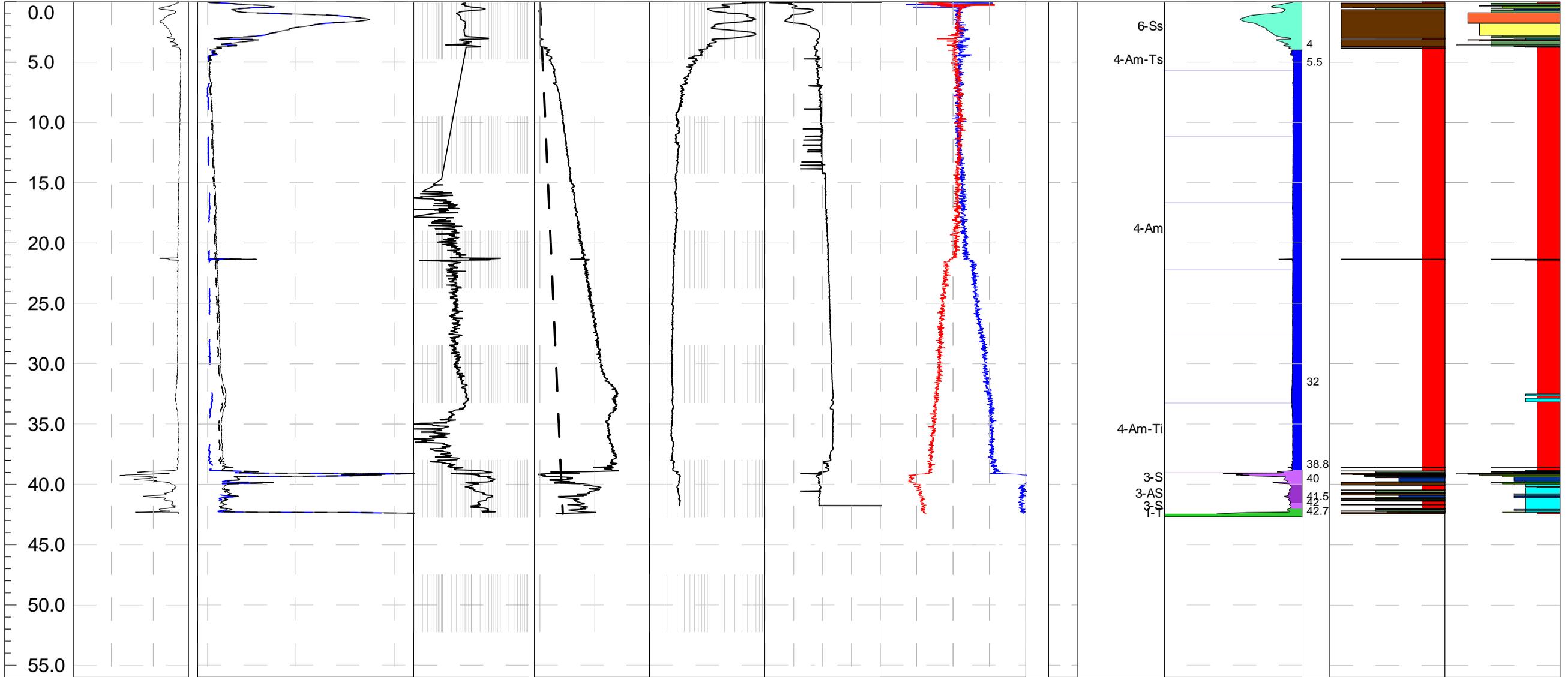
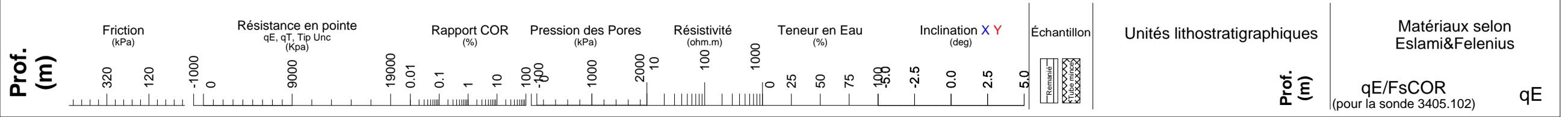
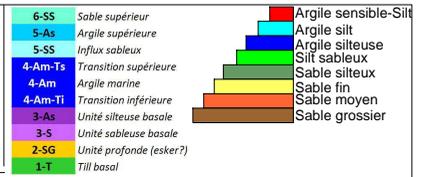
Réalisé par: **Châtelaine Beaudry**

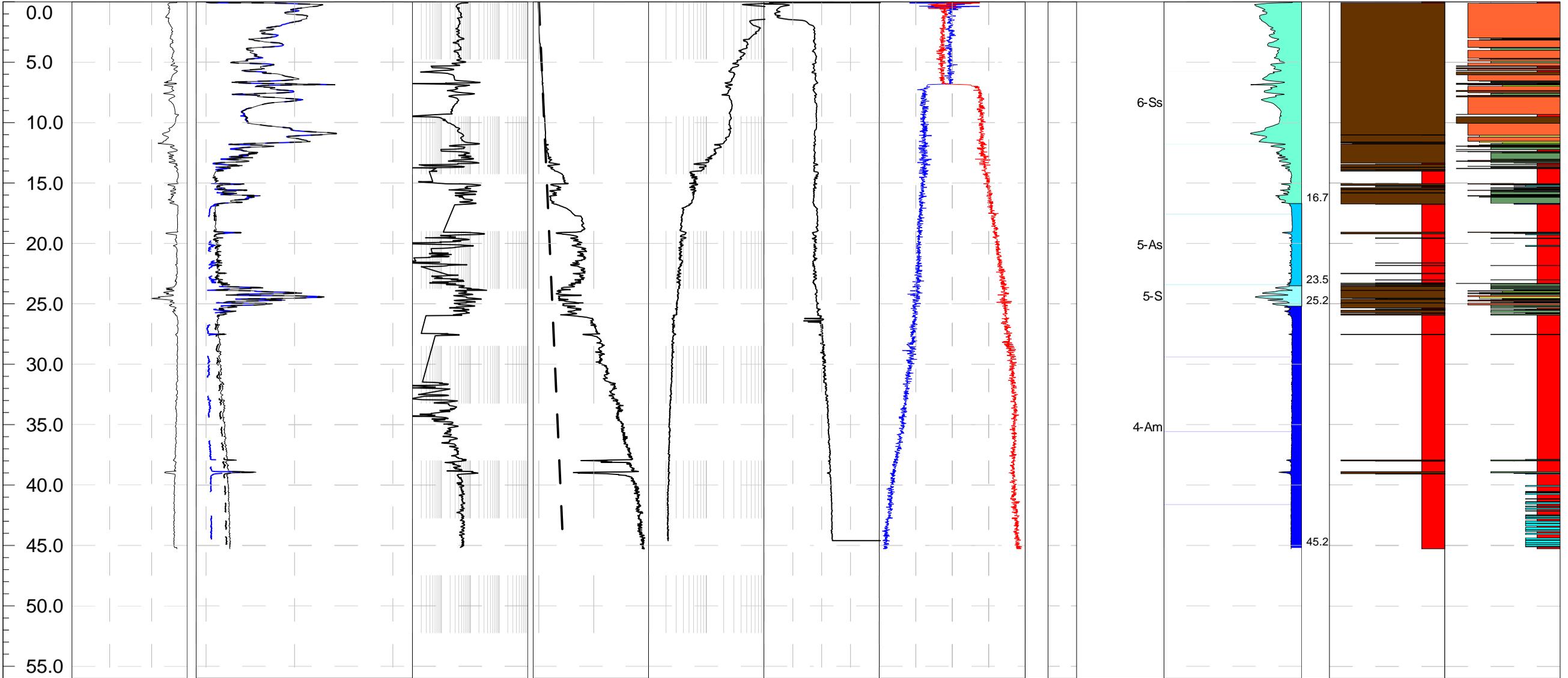
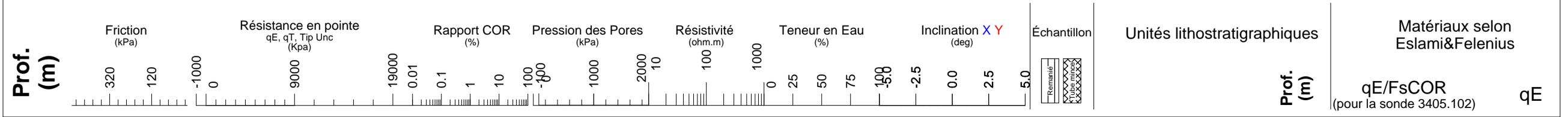
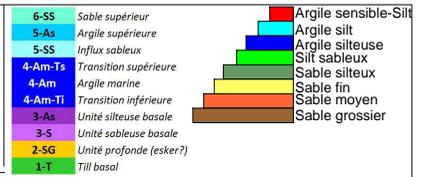
Vérfié par: -

Date de modification:

02/22/11







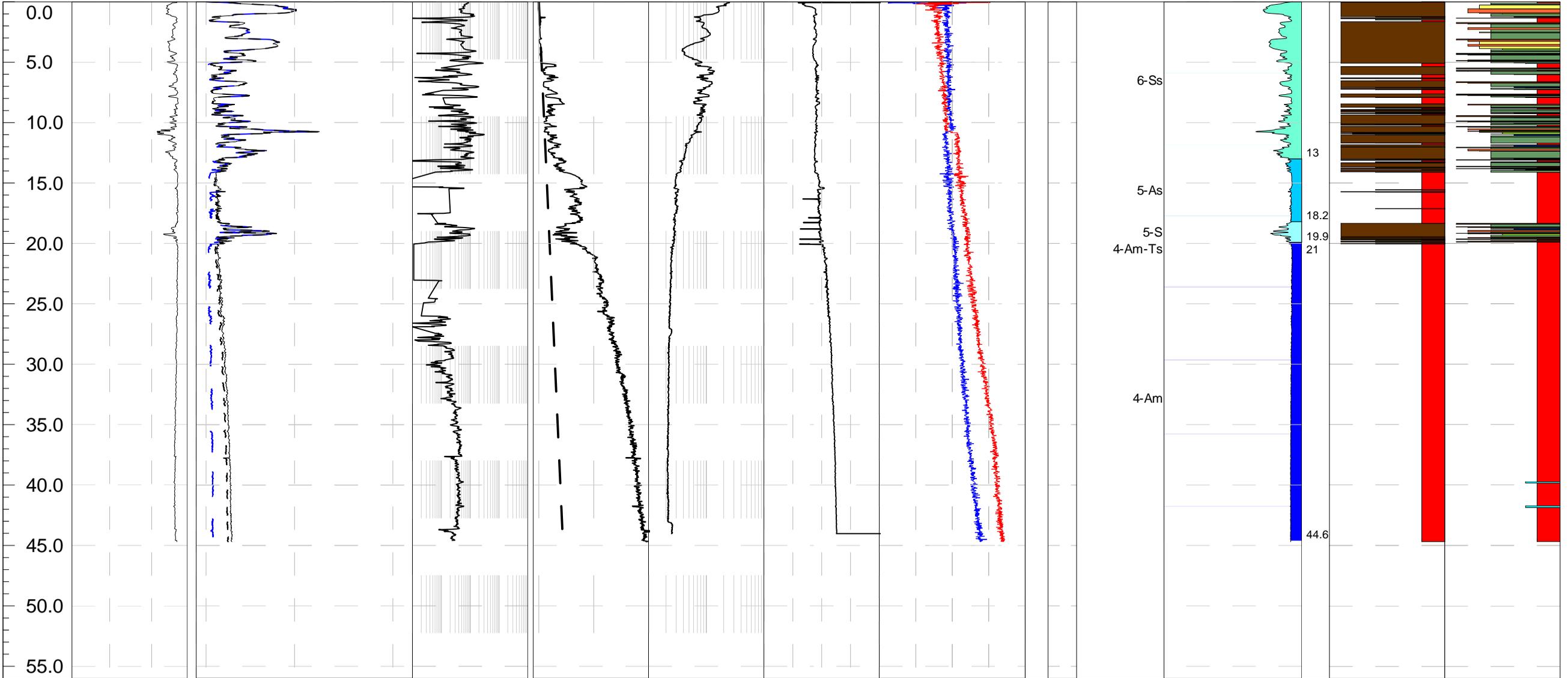
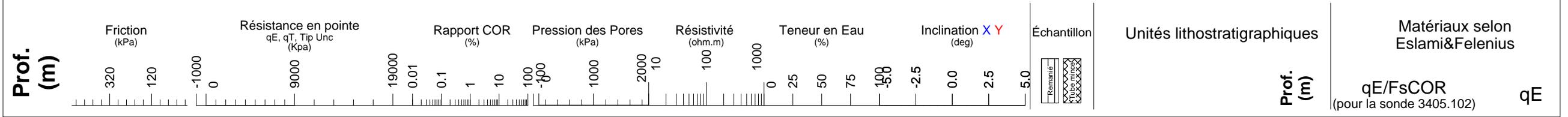
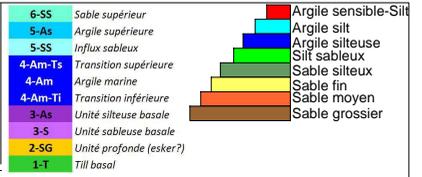


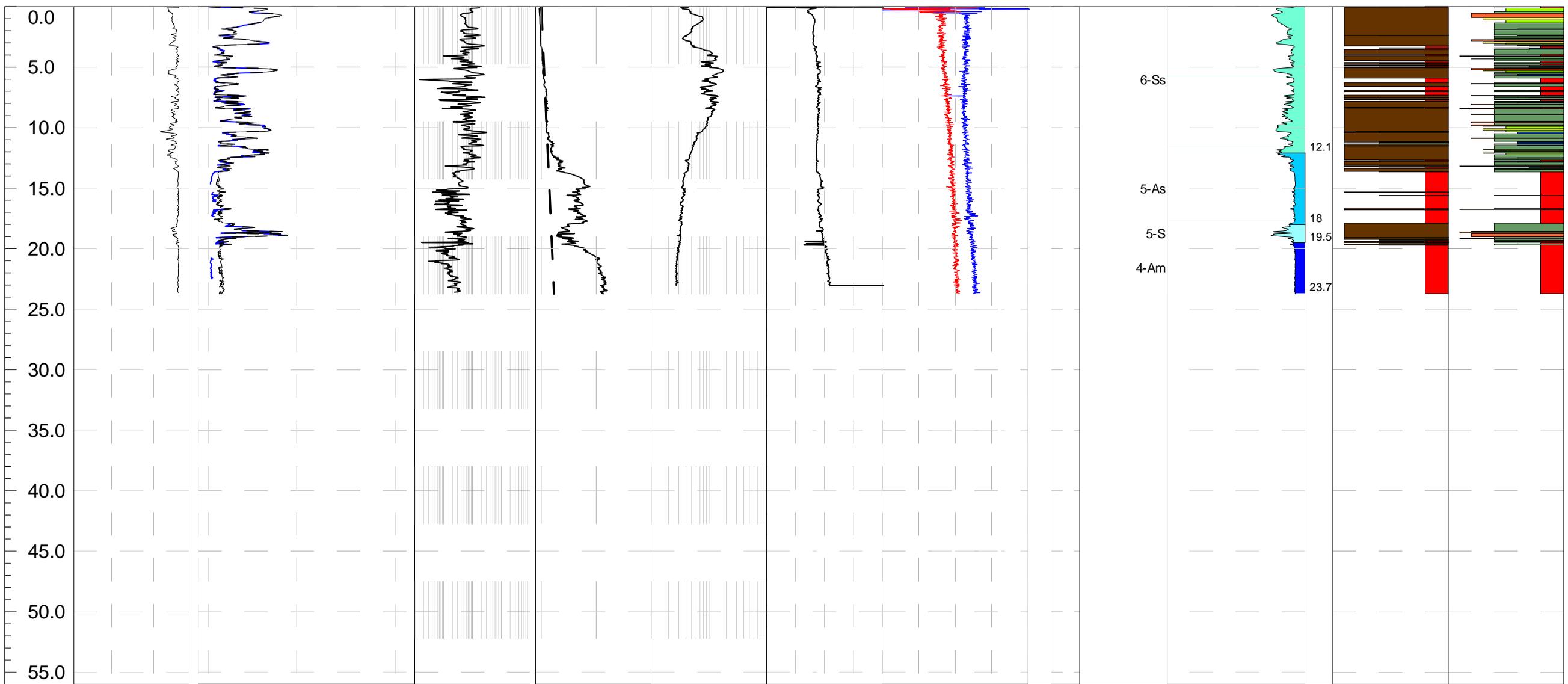
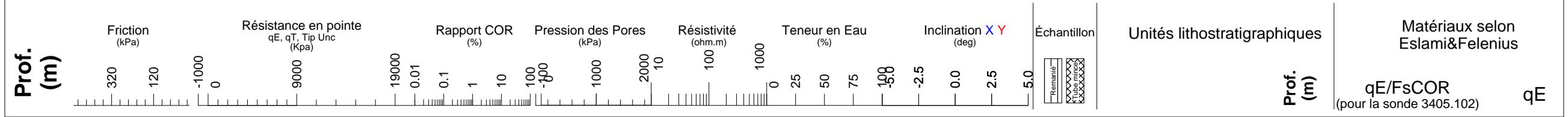
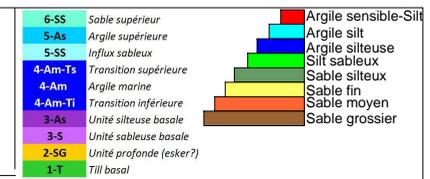
Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

Date: Tue 10/Aug/2010 à: 10:45:44
Projet: POLY
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-POLY1
Id Fichier: G10G1001C.DAT
X: 648479 Prof. Forage (m): 44.6
Y: 5100098 Z(préliminaire): 16

Municipalité:
Description du lieu de forage: SOLEIL, 1 ER CPT







Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 3405.102XX

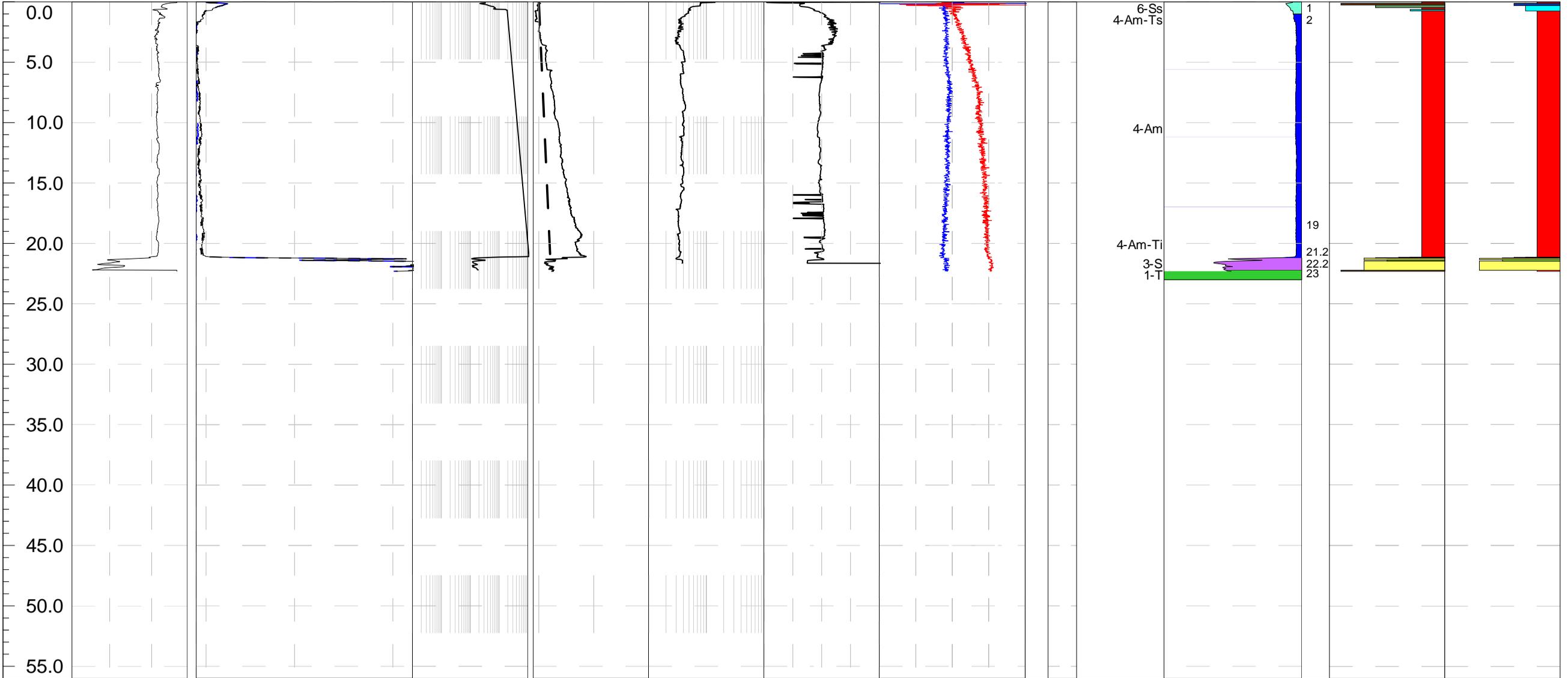
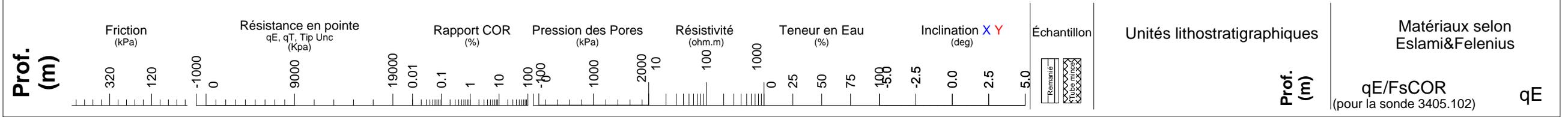
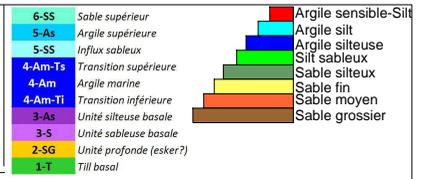
Date: Thu 26/Nov/2009 à: 8:59:53
Projet: MONTEREGIE
Client: INRS
Opérateurs: JMB NICOLAS

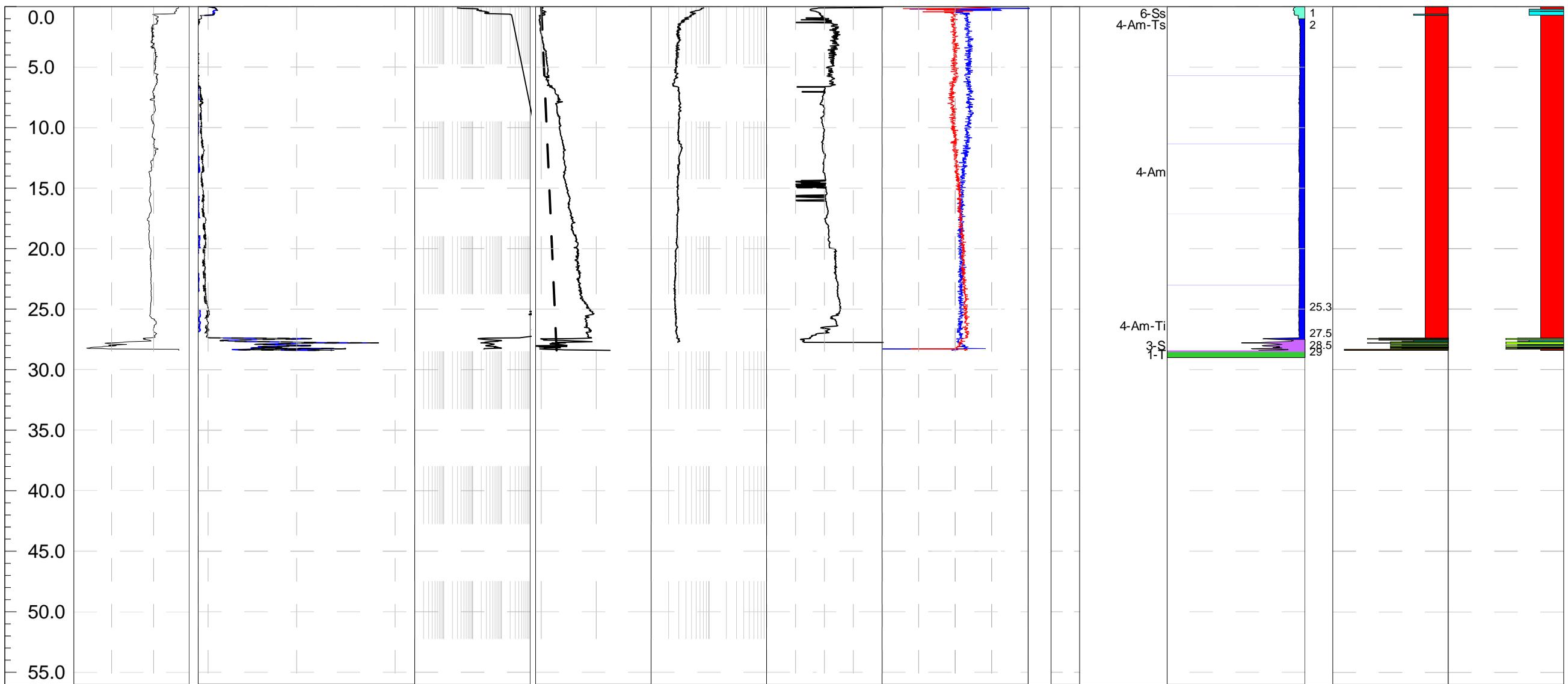
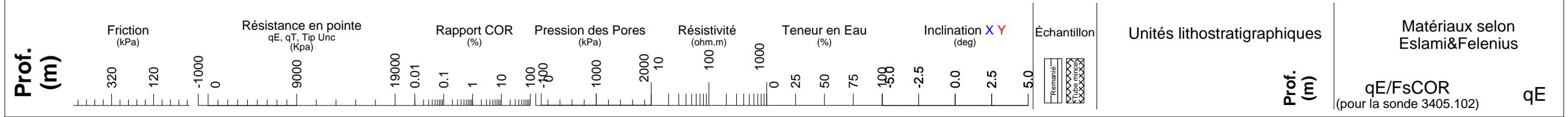
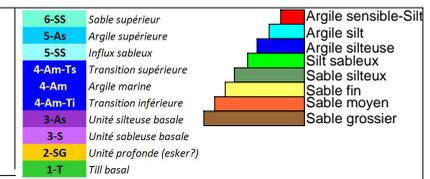
Id Forage: CPT-S01-D1
Id Fichier: G26N0901C.DAT
X: 645192 Prof. Forage (m): 22.3
Y: 5057485 Z(préliminaire): 32

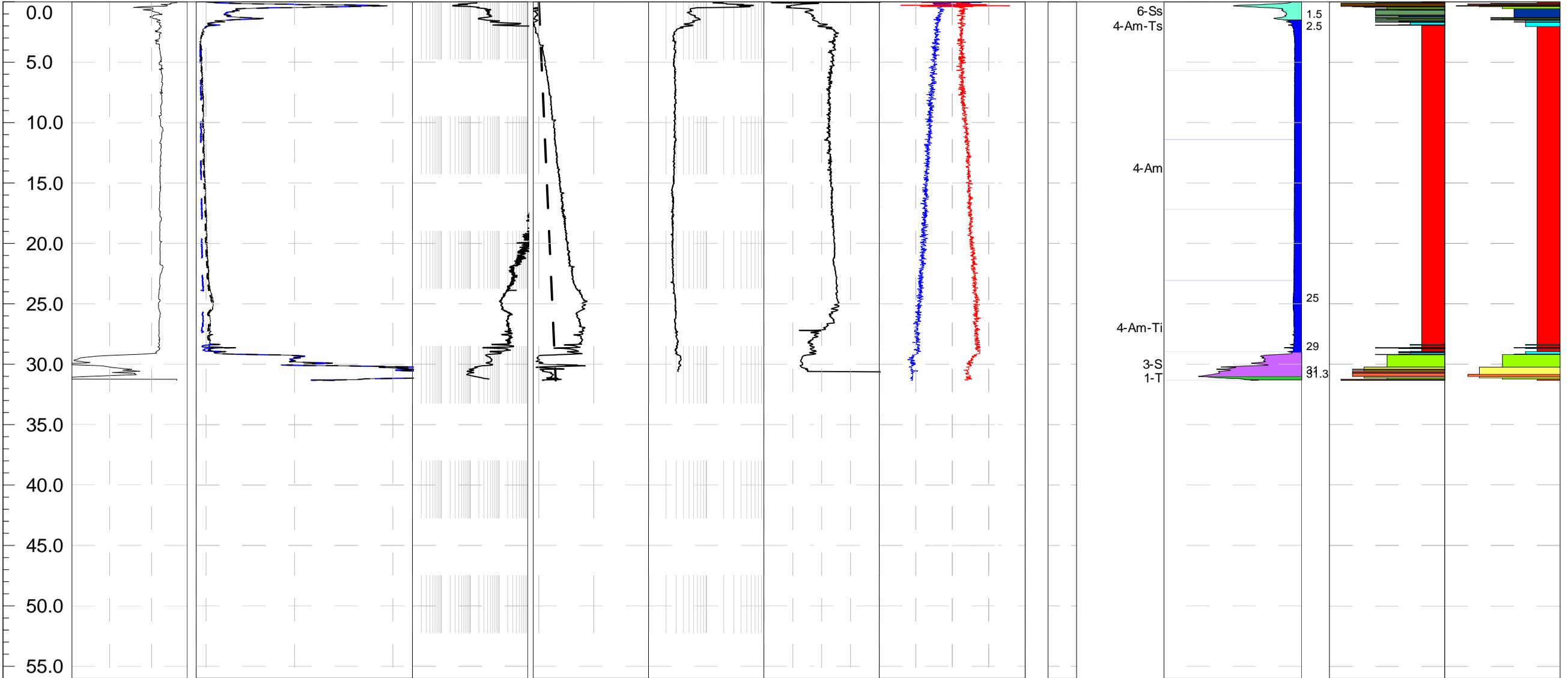
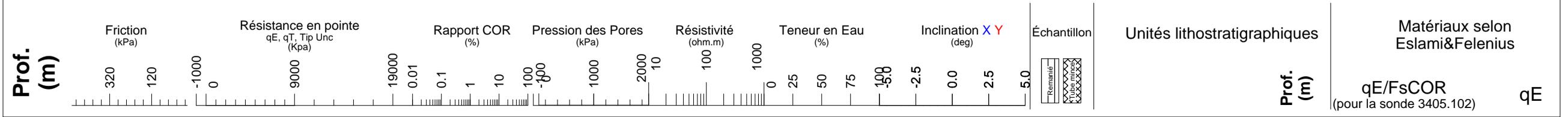
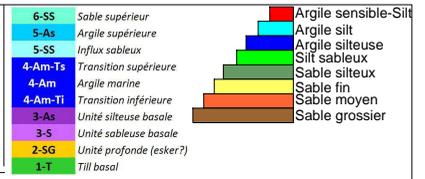
Municipalité:

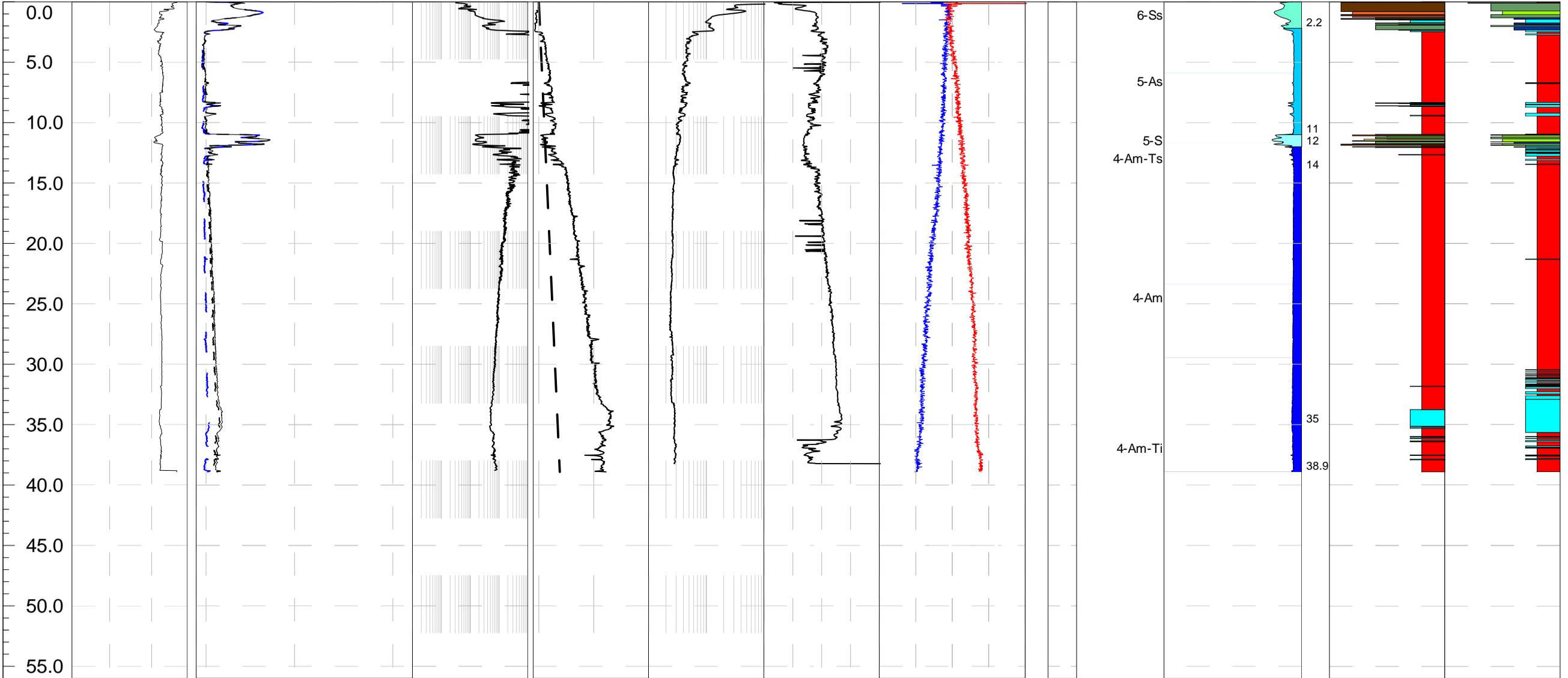
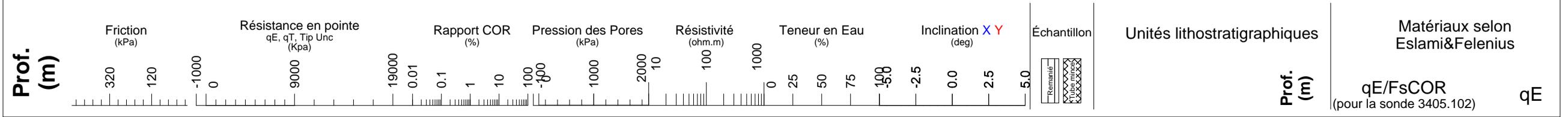
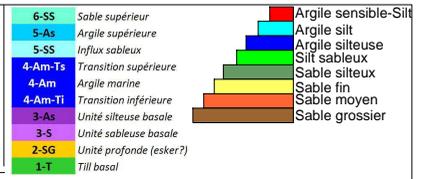
Description du lieu de forage:

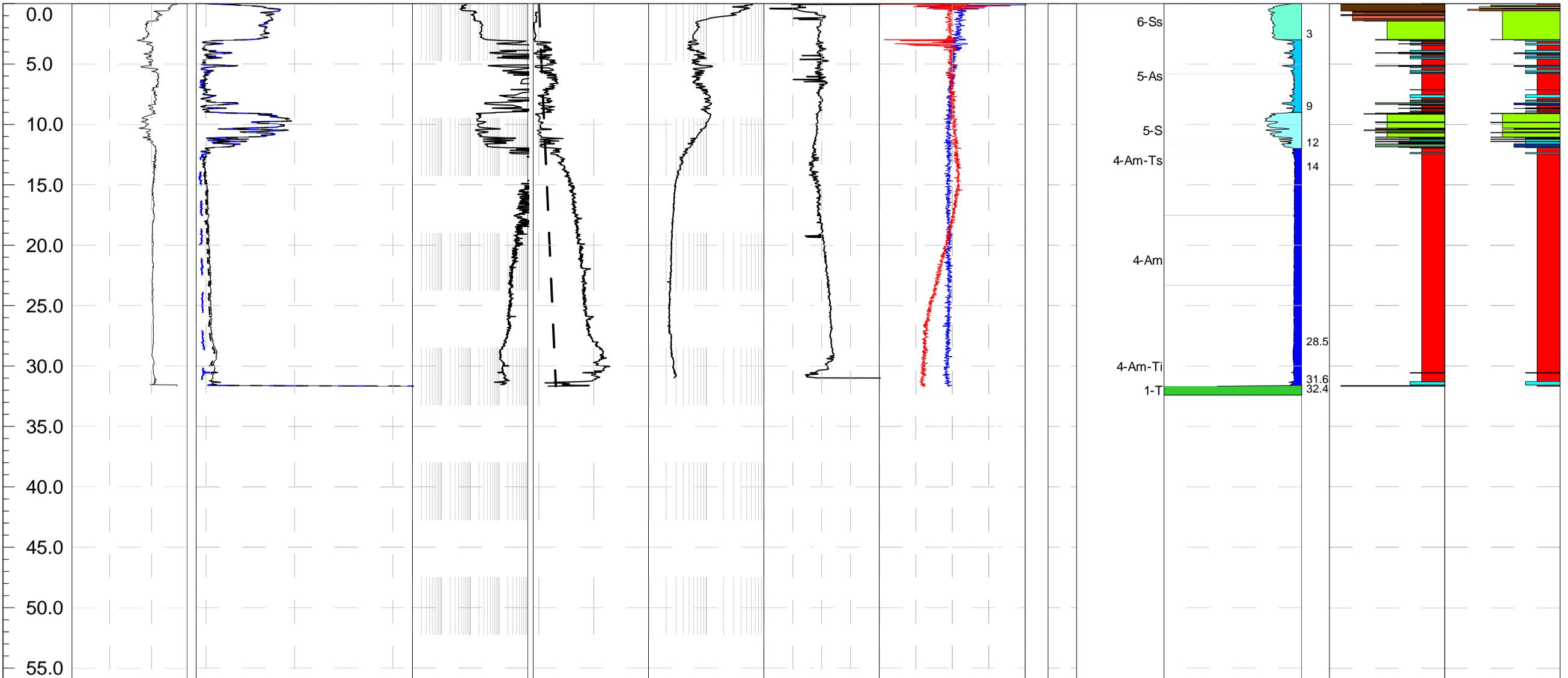
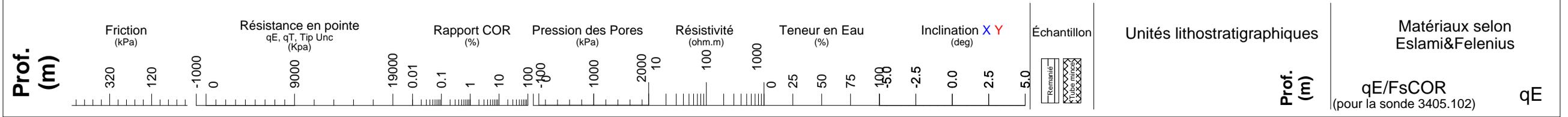
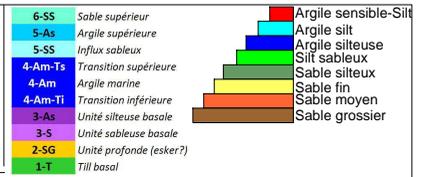
PLUIE, CPT SUR GRAND RANG ET AU NORD DU 4E RANG (500M)













Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 3405.102XX

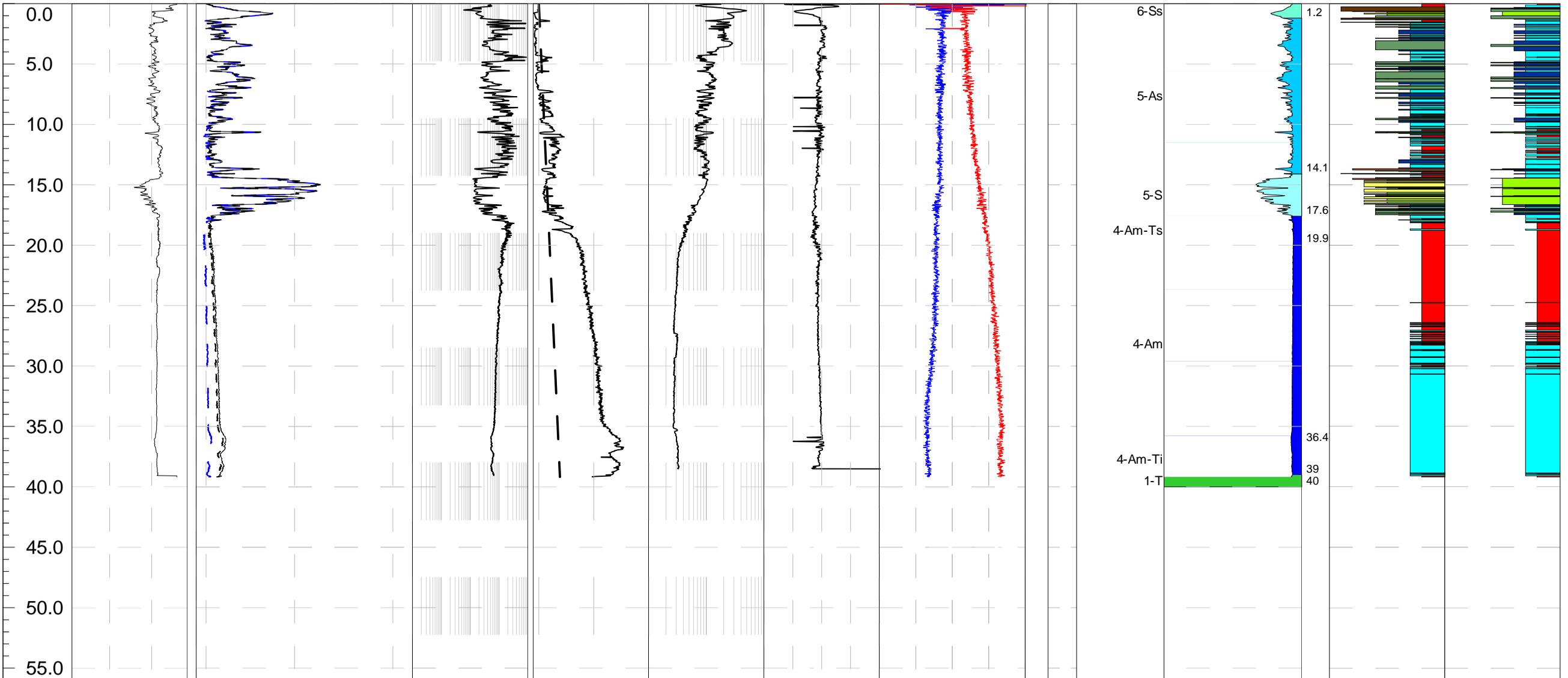
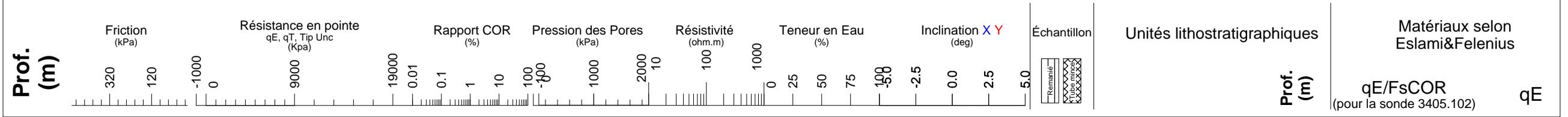
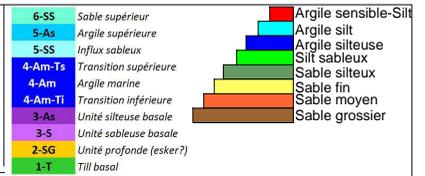
Date: Fri 20/Nov/2009 à: 11:32:55
Projet: MONTEREGIE
Client: INRS
Opérateurs: JMB NICOLAS

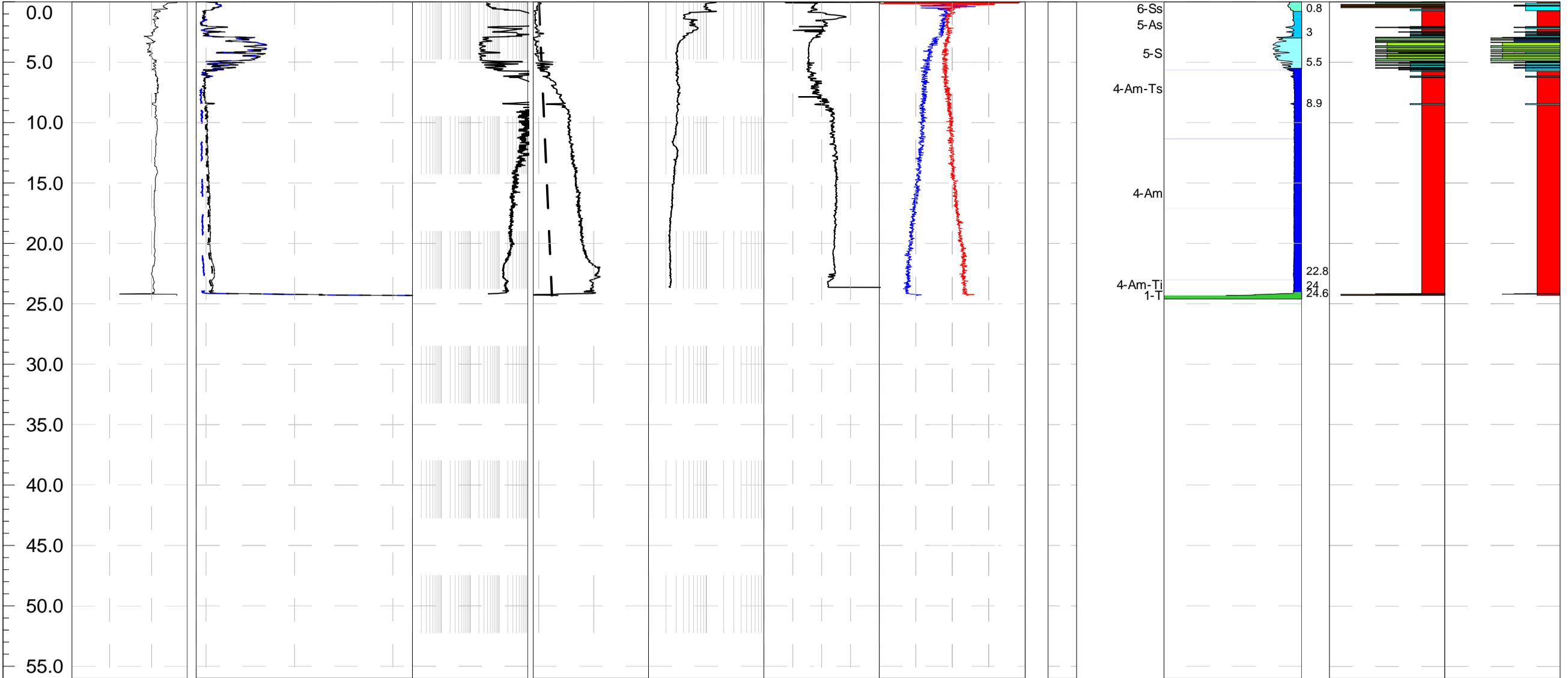
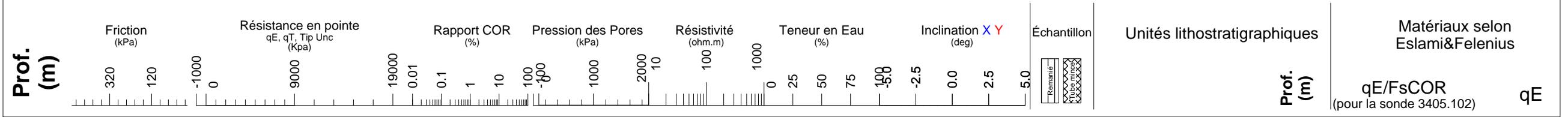
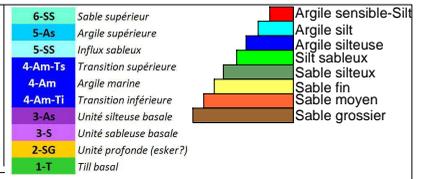
Id Forage: CPT-S02-F2
Id Fichier: G20N0902C.DAT
X: 647503 Prof. Forage (m): 39.17
Y: 5090590 Z(préliminaire): 20

Municipalité: Sainte-Victoire-de-Sorel

Description du lieu de forage:

PLUIE, CPT DANS LA CLAIRIERE DU BOIS+ SUR BUTTE







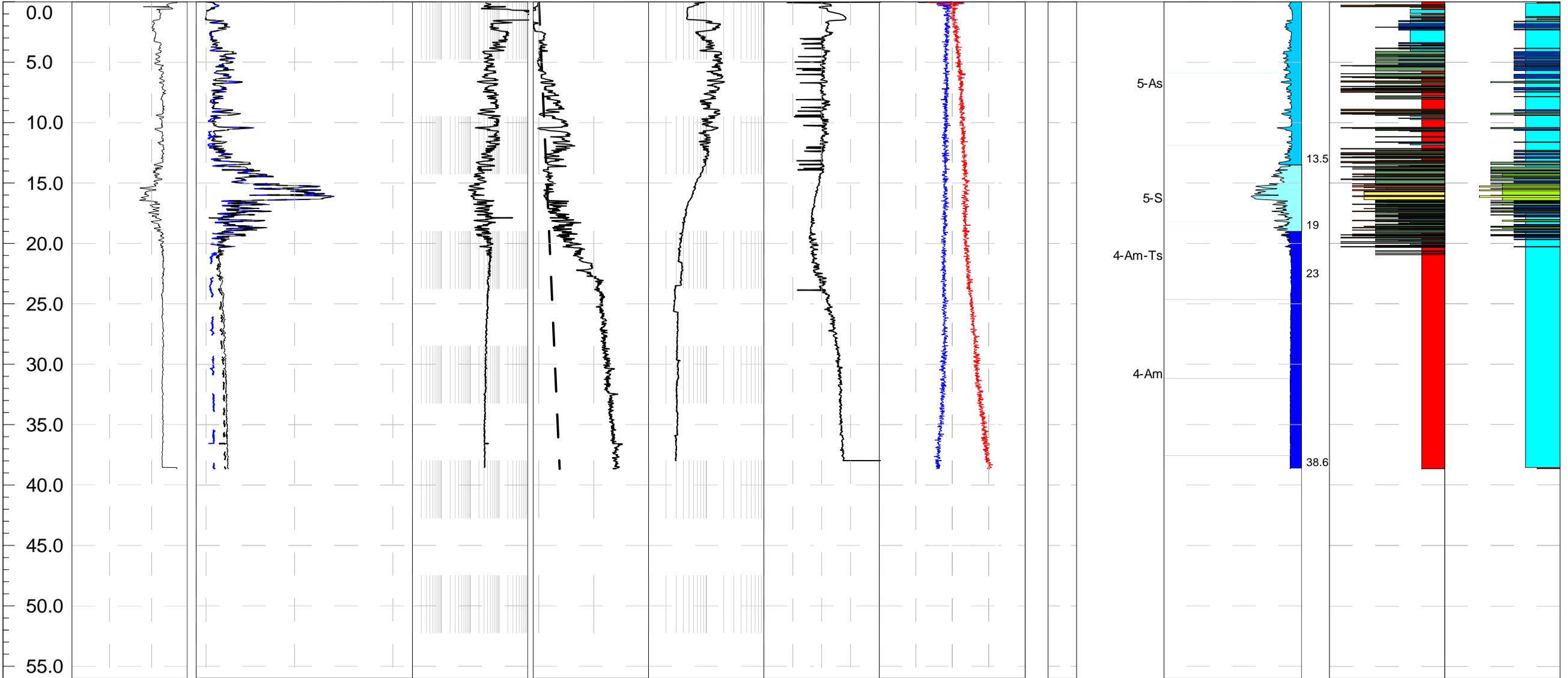
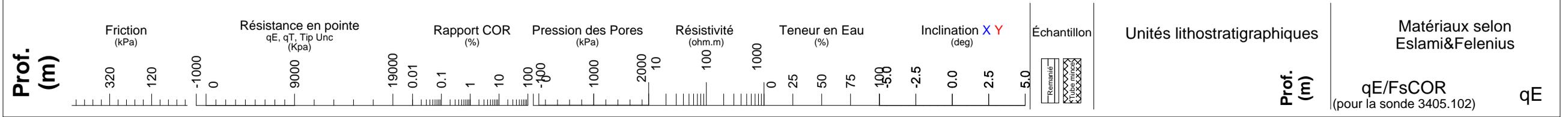
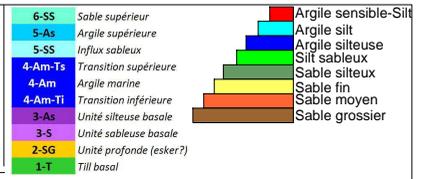
Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 3405.102XX

Date: Wed 18/Nov/2009 à: 14:23:20
Projet: MONTEREGIE
Client: INRS
Opérateurs: JMB NICOLAS

Id Forage: CPT-S02-H1
Id Fichier: G18N0901C.DAT
X: 645471 Prof. Forage (m): 38.6
Y: 5091941 Z(préliminaire): 13

Municipalité:
Description du lieu de forage:

SOLEIL





Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

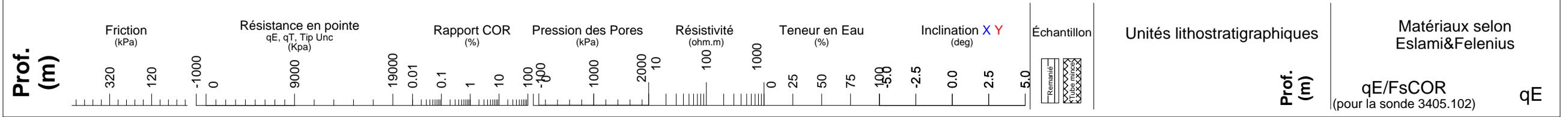
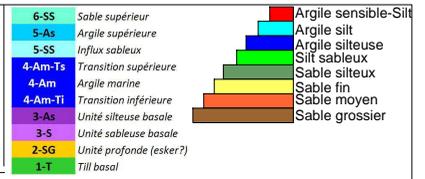
Date: Tue 27/Jul/2010 à: 10:58:47
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S03-A
Id Fichier: G27L1001C.DAT
X: 675173 Prof. Forage (m): 11.3
Y: 5049647 Z(préliminaire): 52

Municipalité: Saint-Valérien

Description du lieu de forage:

SOLEIL, 10M DE LA ROUTE SUR LE COTE DU JARDIN



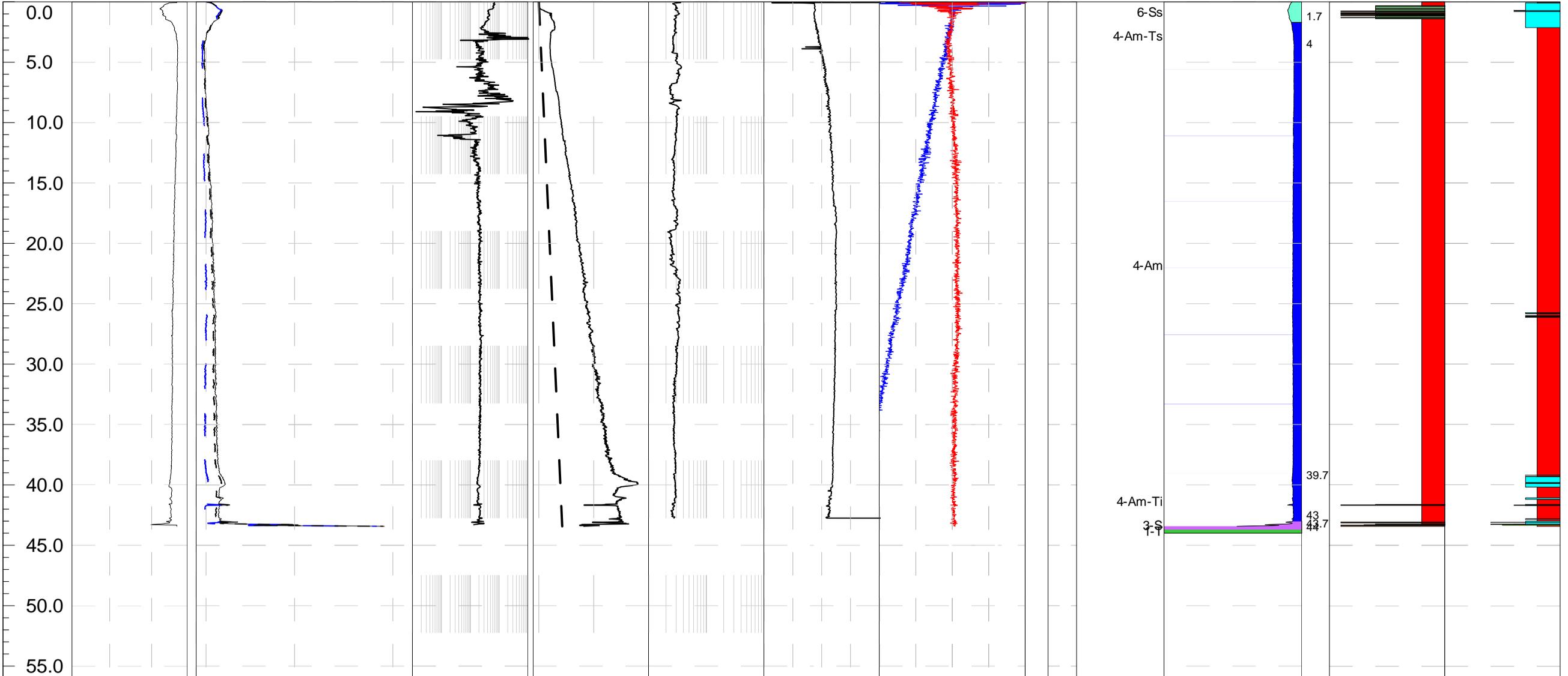
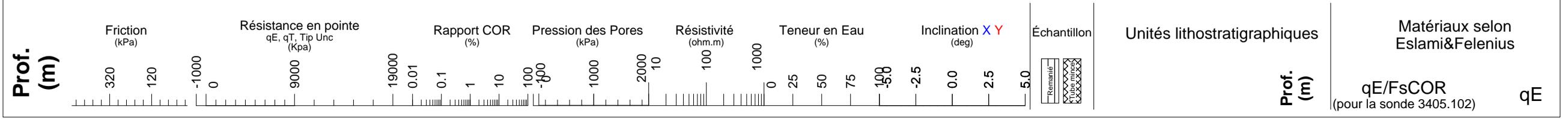
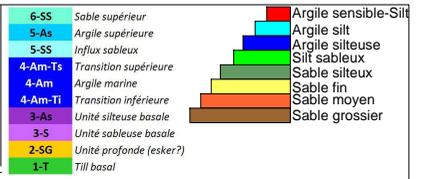


Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

Date: Mon 12/Jul/2010 à: 14:40:30
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S07-A
Id Fichier: G12L1001C.DAT
X: 647534 Prof. Forage (m): 43.4
Y: 5041558 Z(préliminaire): 31

Municipalité: Saint-Jean-Baptiste
Description du lieu de forage:
SOILEIL, AU NORD DU BATIMENT DANS LE CHAMPS



Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

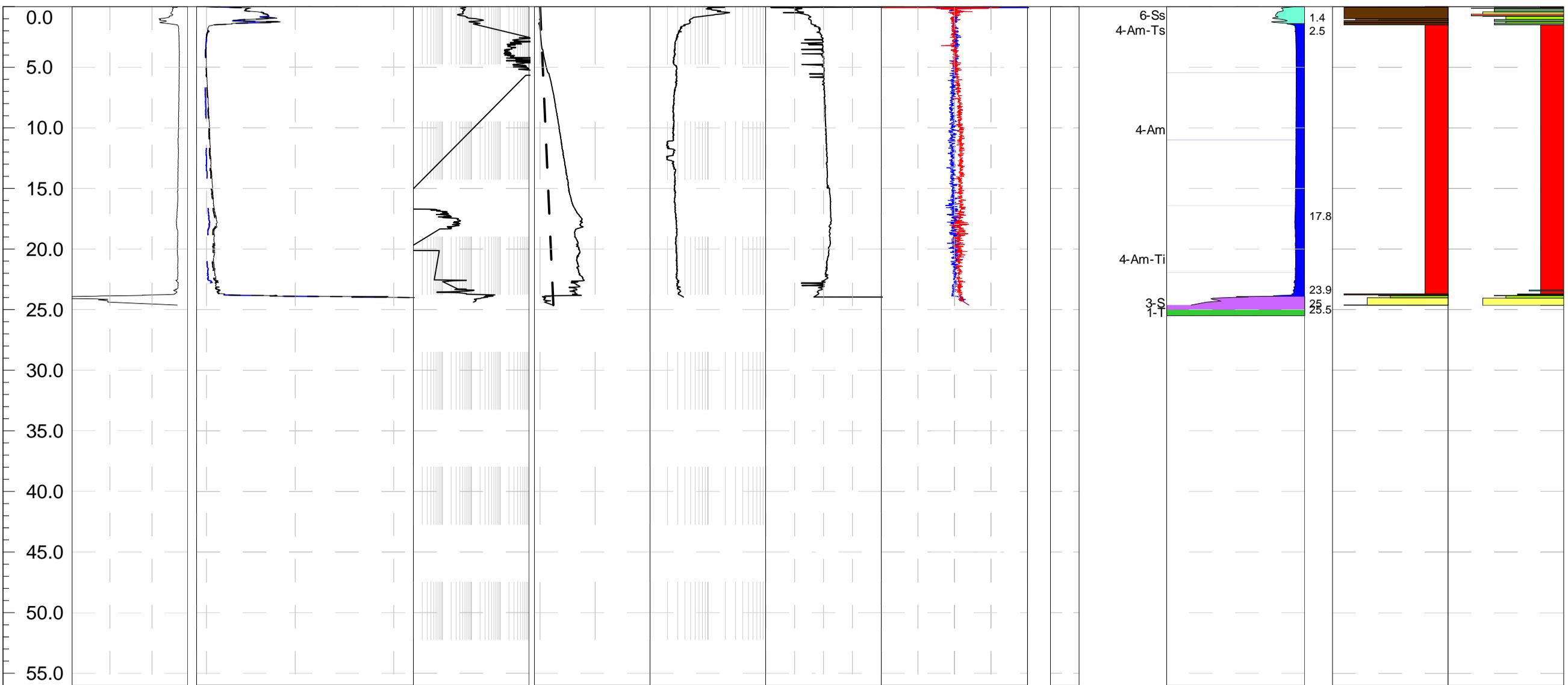
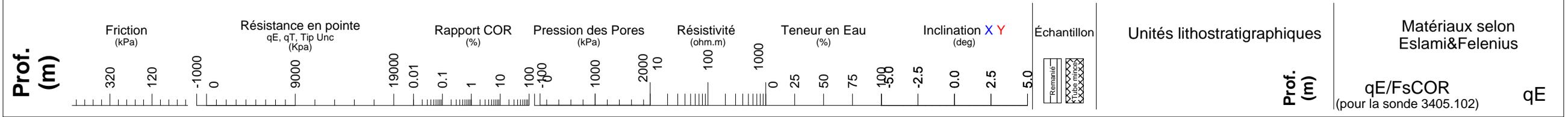
Date: Thu 15/Jul/2010 à: 12:29:17
 Projet: MONTEREGIE_2010
 Client: INRS
 Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-T06-B
 Id Fichier: G15L1002C.DAT
 X: 652532 Prof. Forage (m): 24.6
 Y: 5074712 Z(préliminaire): 34

Municipalité: Saint-Bernard-de-Michaudville
 Description du lieu de forage:
 SOILEIL, 10M DE LA ROUTE CHEMIN DE BOIS+

6-Ss Sable supérieur
 5-As Argile supérieure
 5-Ss Influx sableux
 4-Am-Ts Transition supérieure
 4-Am Argile marine
 4-Am-Ti Transition inférieure
 3-S Unité silteuse basale
 2-SG Unité sableuse basale
 1-T Till basal

Argile sensible-Silt
 Argile silt
 Argile silteuse
 Silt sableux
 Sable silteux
 Sable fin
 Sable moyen
 Sable grossier



Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

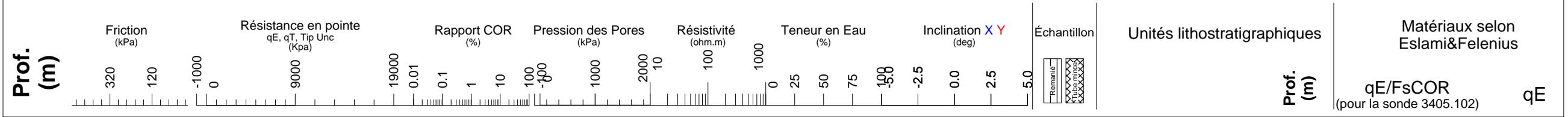
Date: Mon 26/Jul/2010 à: 11:13:04
 Projet: MONTEREGIE_2010
 Client: INRS
 Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S07-B
 Id Fichier: G26L1001C.DAT
 X: 645635 Prof. Forage (m): 20.4
 Y: 5042387 Z(préliminaire): 28

Municipalité: Saint-Jean-Baptiste
 Description du lieu de forage:
 NUAGEUX, 100M DE LA ROUTE DERRIERE BATIMENT CHAMPS DE VACHE

6-Ss Argile sensible-Silt
 5-As Argile supérieure
 5-Ss Influx sableux
 4-Am-Ts Transition supérieure
 4-Am Argile marine
 4-Am-Ti Transition inférieure
 3-As Unité sableuse basale
 3-S Unité siltuse basale
 2-SG Unité profonde (esker?)
 1-I Till basal

Argile sensible-Silt
 Argile silt
 Argile siltuse
 Silt sableux
 Sable siltuse
 Sable fin
 Sable moyen
 Sable grossier

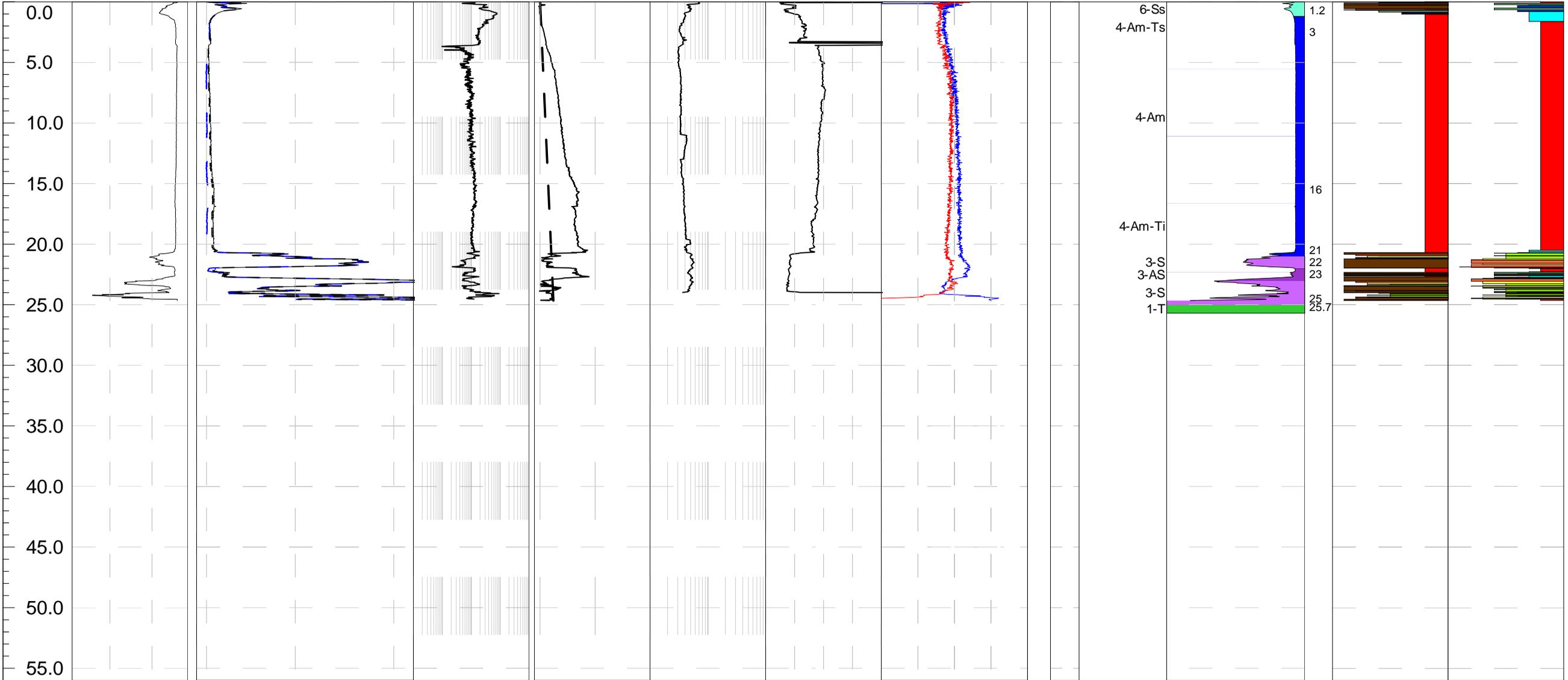
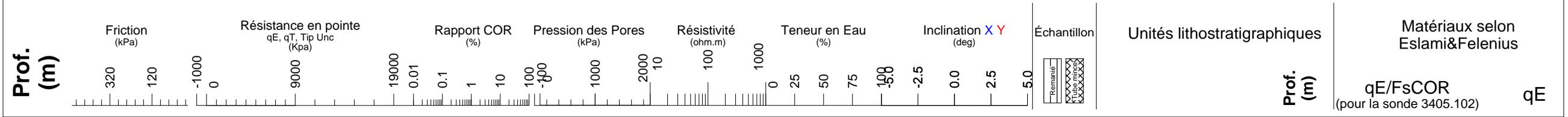
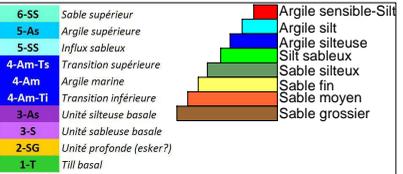




Date: Thu 01/Jul/2010 à: 10:27:24
 Projet: MONTEREGIE_2010
 Client: INRS
 Opérateurs: JMB J SEBASTIEN

Id Forage: CPT-S08-A
 Id Fichier: G01L1001C.DAT
 X: 659988 Prof. Forage (m): 24.6
 Y: 5050345 Z(préliminaire): 32

Municipalité: Sainte-Hyacinthe
 Description du lieu de forage:
 NUAGEUX, SUR LE TERRAIN AU FOND A 30M DE LA ROUTE





Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 3405.101XX

Date: Tue 06/Jul/2010 à: 13:35:22
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

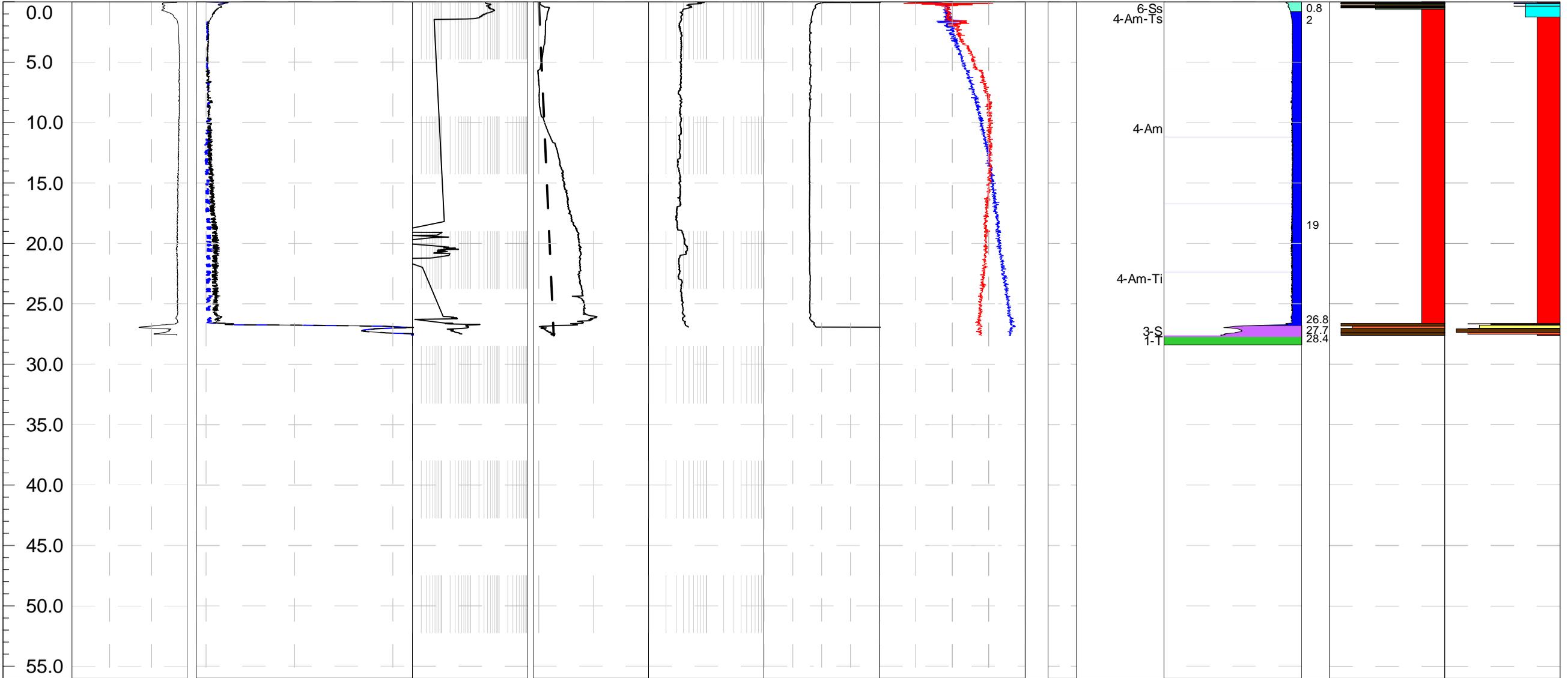
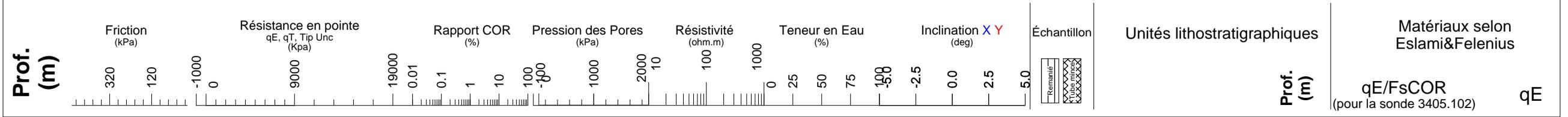
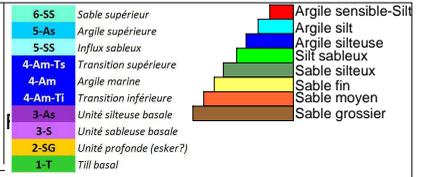
Id Forage: CPT-S08-B
Id Fichier: G06L1002C.DAT

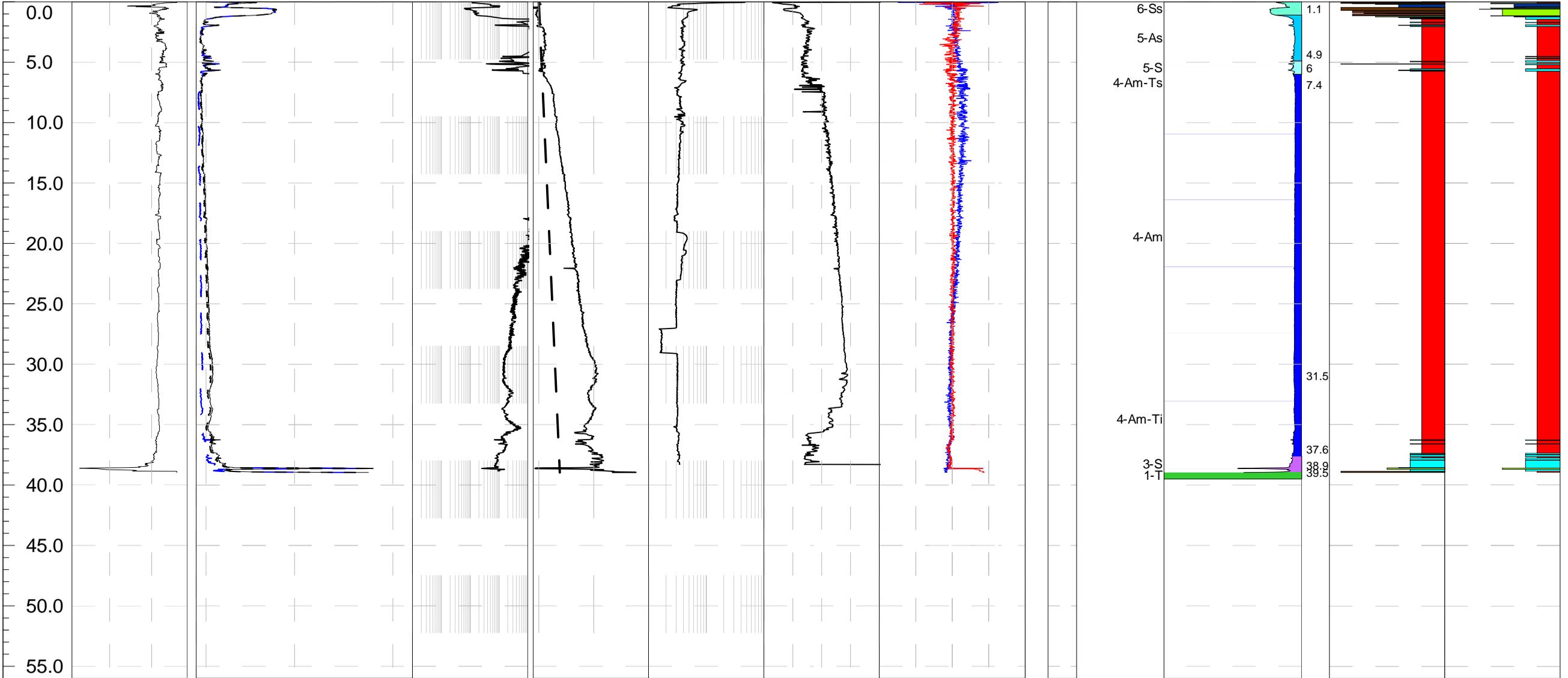
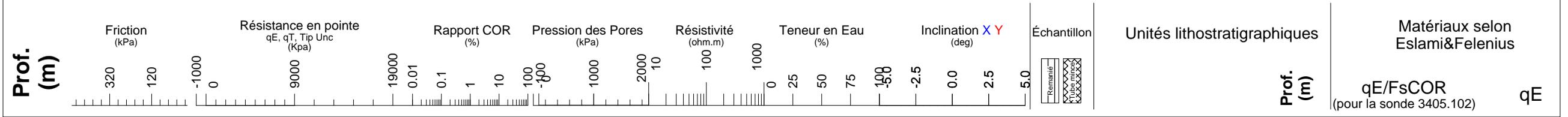
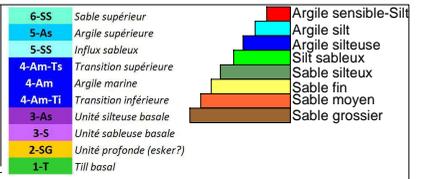
X: 661033 Prof. Forage (m): 27.6
Y: 5049547 Z(préliminaire): 33

Municipalité: Notre-Dame-de-St-Hyacinthe St-François

Description du lieu de forage:

NUAGEUX, SUR LE TERRAIN AU FOND A 100M DE LA ROUTE , A COTE 5M CHEMIN DE





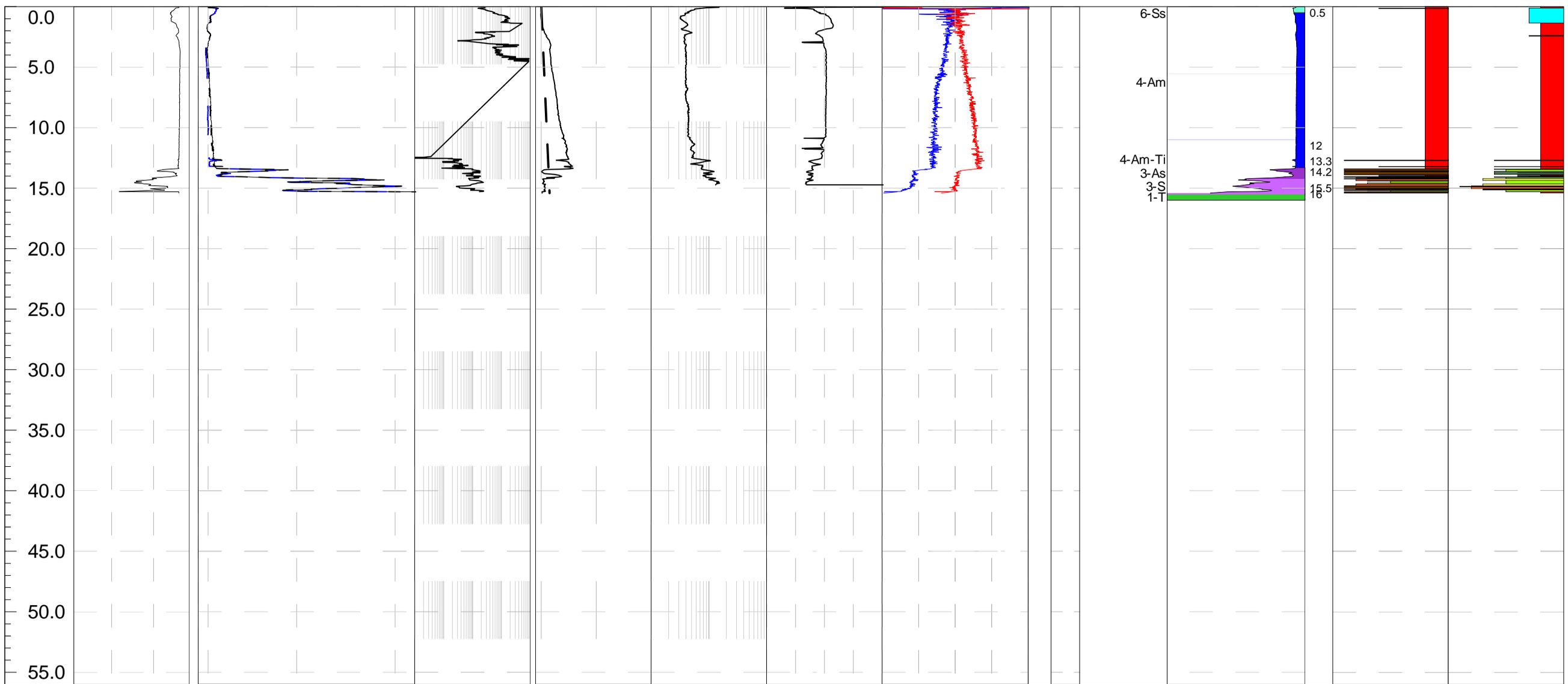
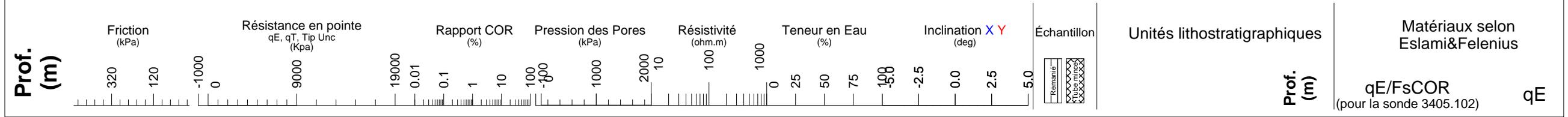
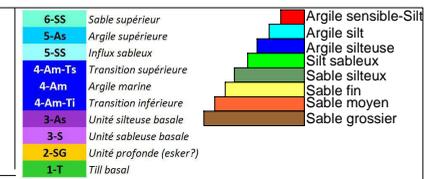


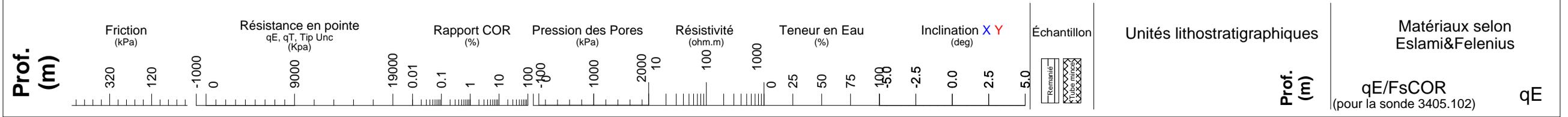
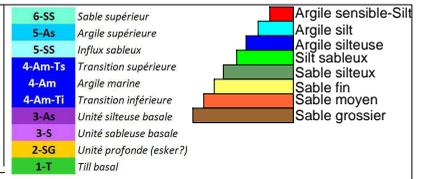
Date: Fri 09/Jul/2010 à: 10:36:45
 Projet: MONTEREGIE_2010
 Client: INRS
 Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S08-C
 Id Fichier: G09L1001C.DAT
 X: 663850 Prof. Forage (m): 15.4
 Y: 5047617 Z(préliminaire): 33

Municipalité: Notre-Dame-de-St-Hyacinthe (St-François)

Description du lieu de forage:
 SOILEIL, SUR LES TERRES NOIRES 500M DE LA CRETE ROCHE





Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 3405.101XX

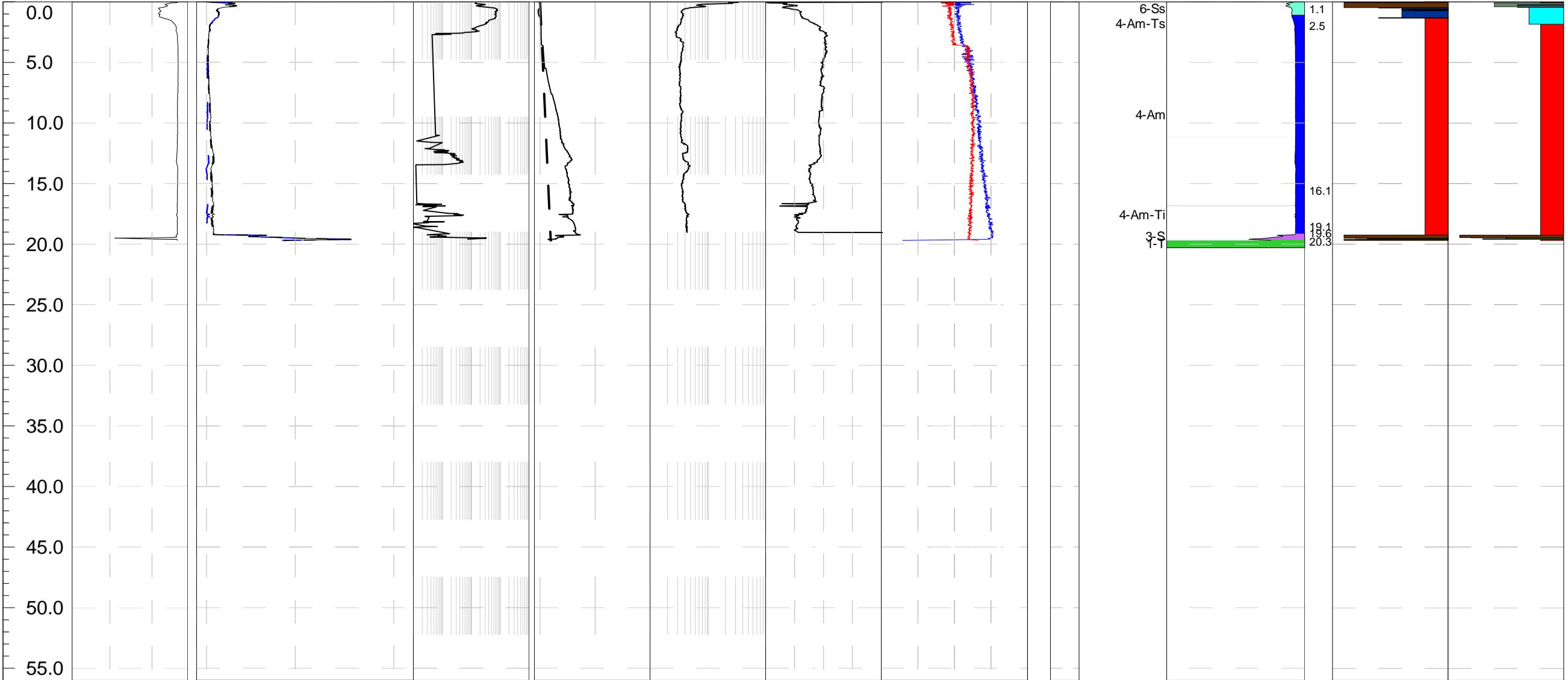
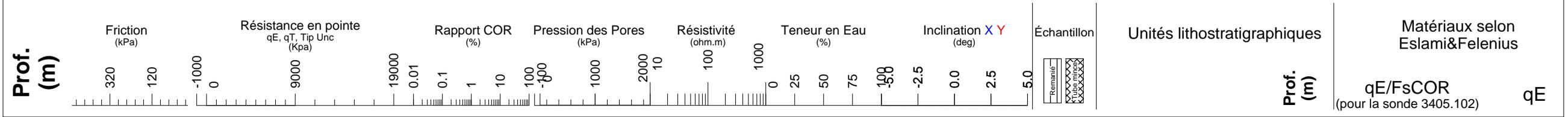
Date: Wed 30/Jun/2010 à: 12:49:29
 Projet: MONTEREGIE_2010
 Client: INRS
 Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S09-B
 Id Fichier: G30U1002C.DAT
 X: 666094 Prof. Forage (m): 19.6
 Y: 5078459 Z(préliminaire): 30

Municipalité: Saint-Marcel-de-Richelieu
 Description du lieu de forage:
 NUAGEUX, SUR LE TERRAIN A 20M DE LA ROUTE

6-Ss Sable supérieur
 5-As Argile supérieure
 5-Ss Influx sableux
 4-Am-Ts Transition supérieure
 4-Am Argile marine
 4-Am-Ti Transition inférieure
 3-S Unité silteuse basale
 2-SG Unité profonde (esker?)
 1-I Till basal

Argile sensible-Silt
 Argile silt
 Argile silteuse
 Silt sableux
 Sable silteux
 Sable fin
 Sable moyen
 Sable grossier





Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 3405.101XX

Date: Wed 30/Jun/2010 à: 10:49:09
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

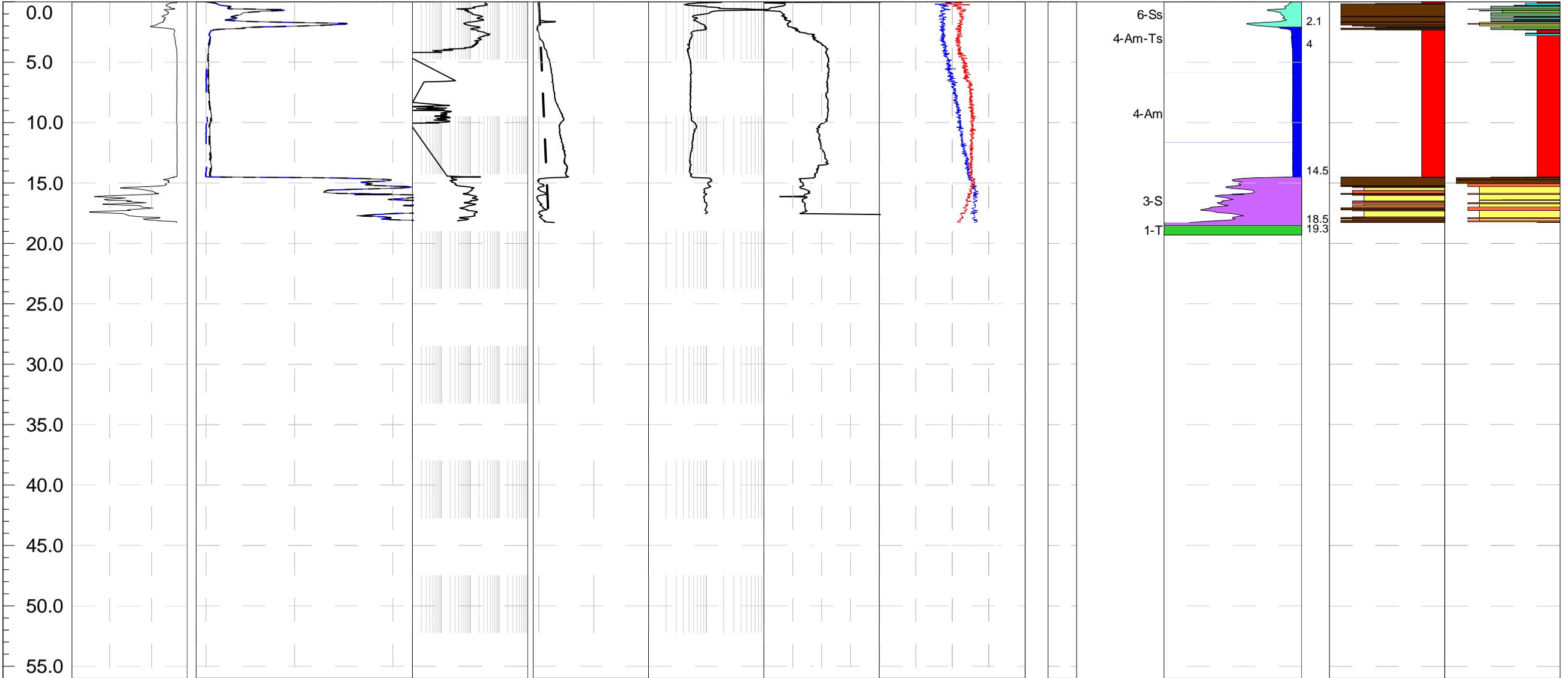
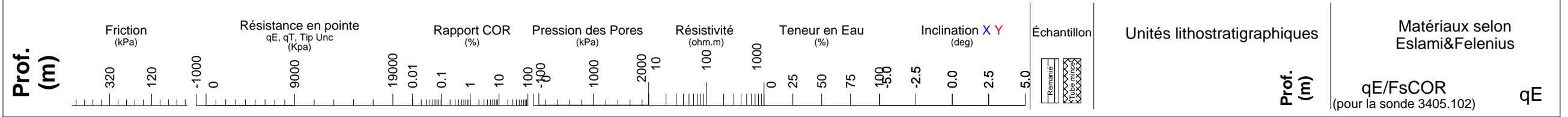
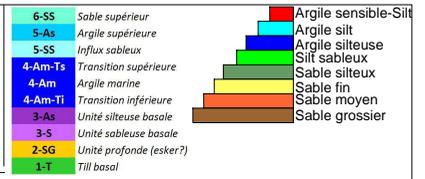
Id Forage: CPT-S09-C
Id Fichier: G30U1001C.DAT

X: 669893 Prof. Forage (m): 18.2
Y: 5074740 Z(préliminaire): 40

Municipalité: Saint-Hugues

Description du lieu de forage:

NUAGEUX, SUR LE TERRAIN A 20M DE LA ROUTE





Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

Date: Tue 20/Jul/2010 à: 14:22:24
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

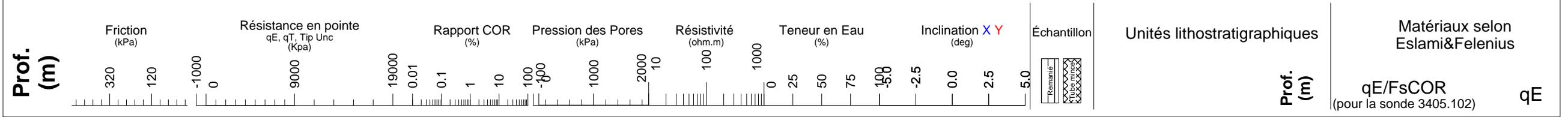
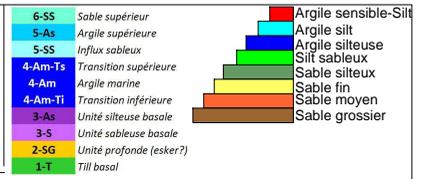
Id Forage: CPT-S10-B-A
Id Fichier: G20L1001C.DAT

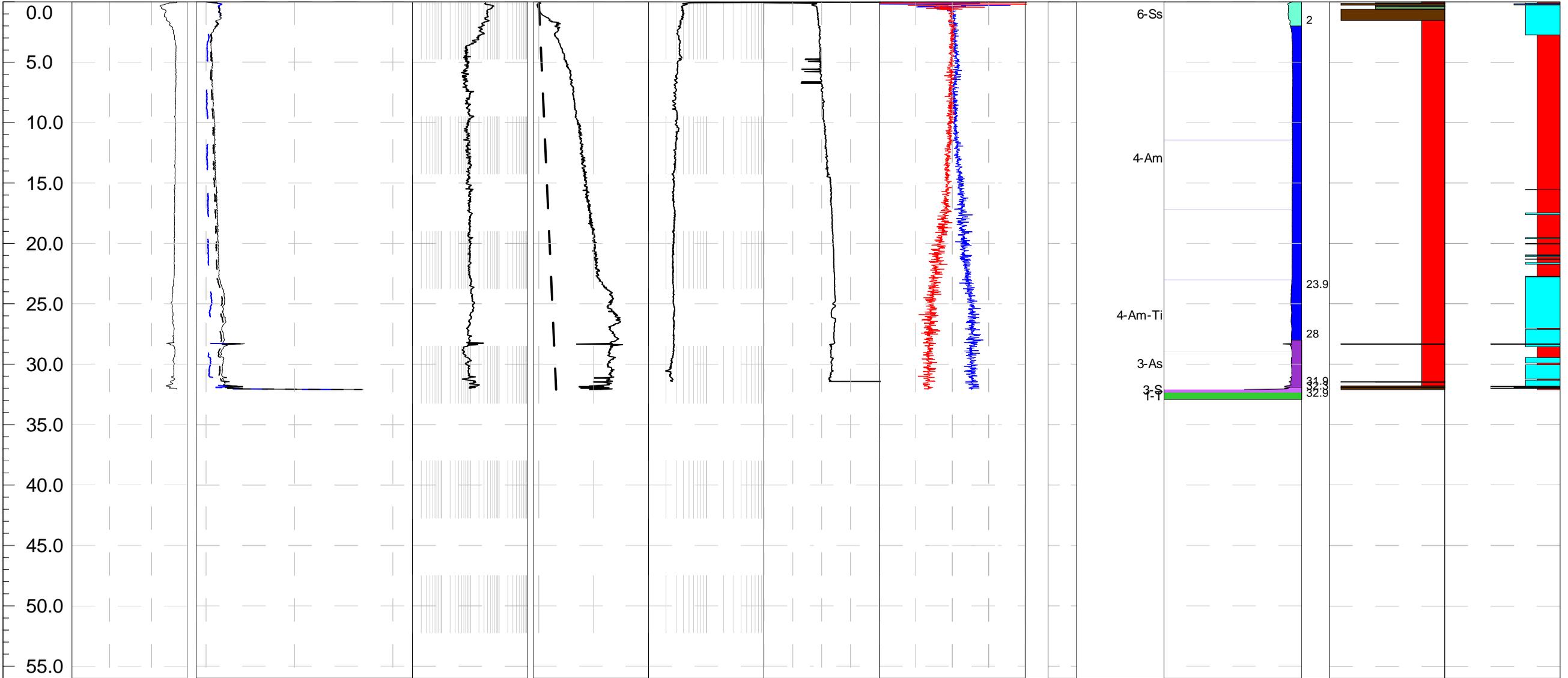
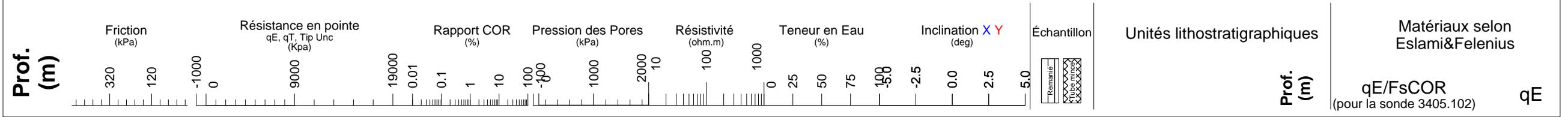
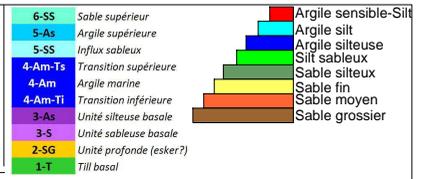
X: 654650 Prof. Forage (m): 17.7
Y: 5027607 Z(préliminaire): 40

Municipalité: Saint-Césaire

Description du lieu de forage:

NUAGEUX, 100M DE LA ROUTE DERRIERE BATIMENT CHAMPS DE VACHE





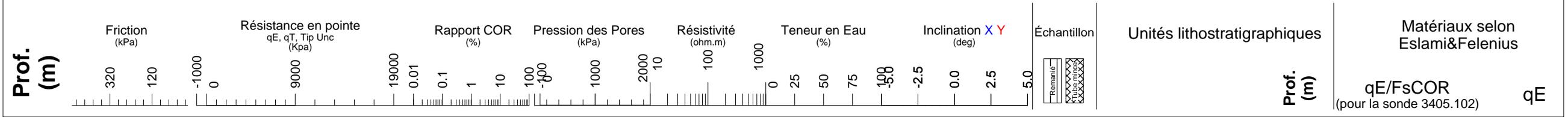
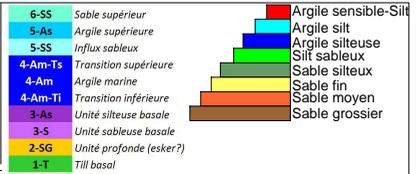


Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

Date: Wed 11/Aug/2010 à: 11:42:35
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S12-A
Id Fichier: G11G1002C.DAT
X: 631440 Prof. Forage (m): 4.7
Y: 5000311 Z(préliminaire): 49

Municipalité: St-Paul-de-l'Ile-aux-Noix
Description du lieu de forage:
SOLEIL, CPT A 5M DE LA ROUTE, A SUR LE DEVANT DU CHAMPS



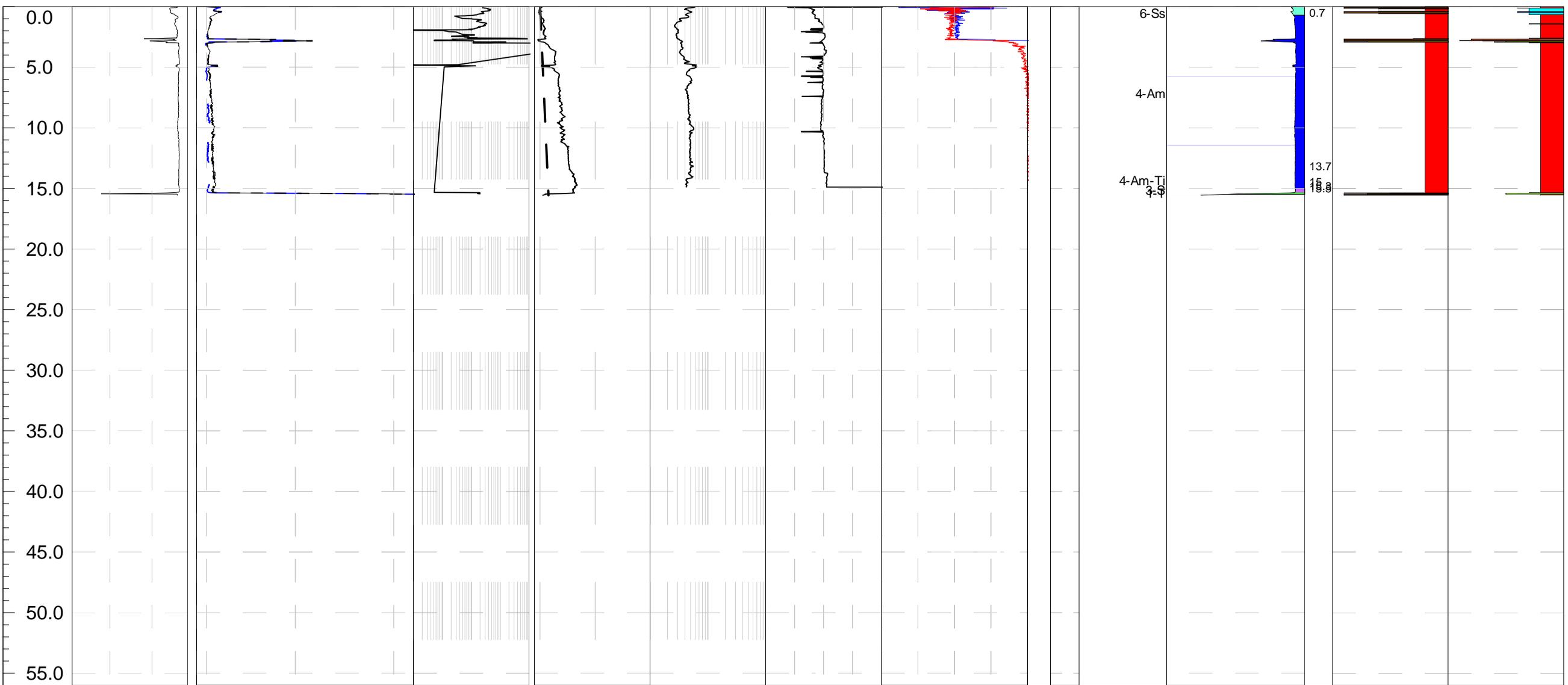
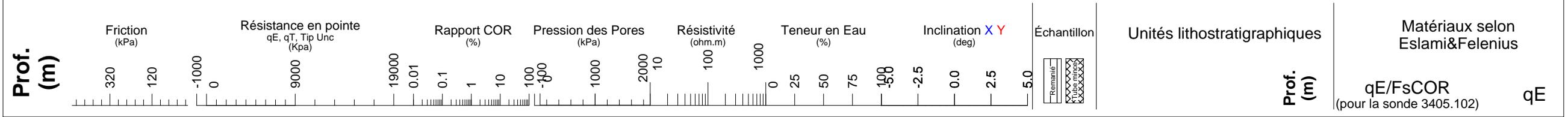
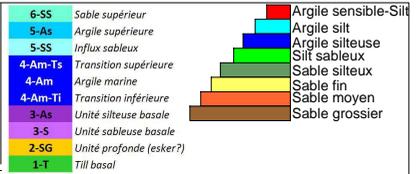


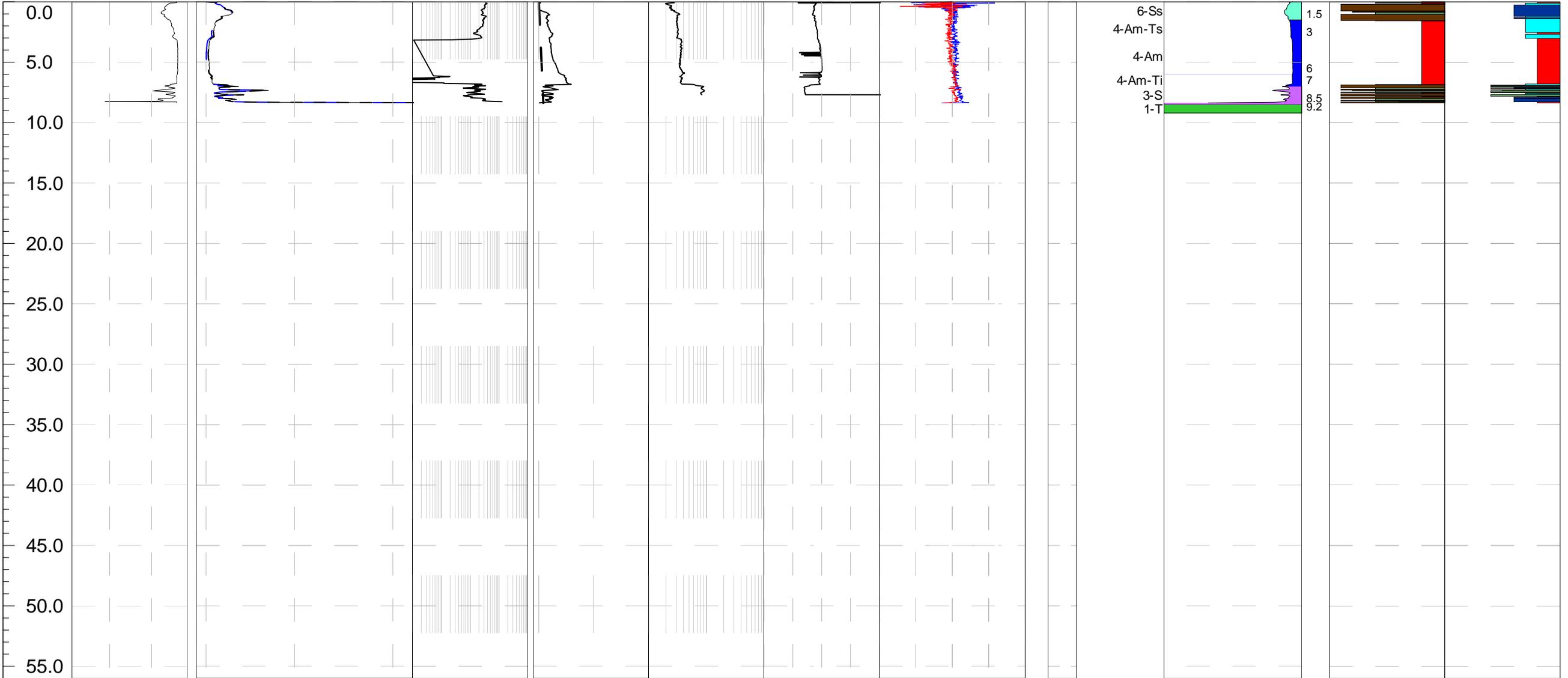
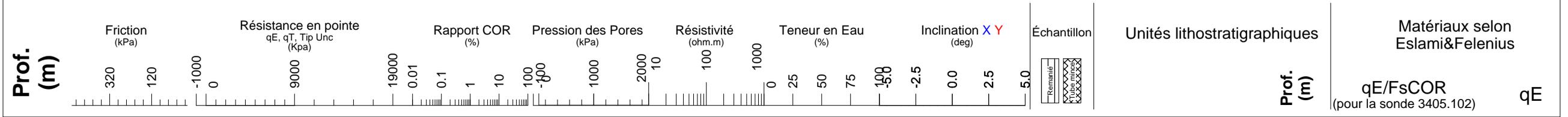
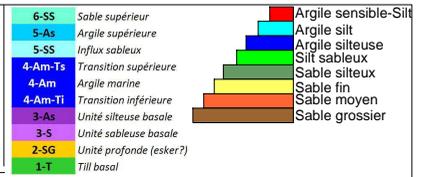
Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

Date: Wed 11/Aug/2010 à: 10:05:57
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S12-B
Id Fichier: G11G1001C.DAT
X: 634601 Prof. Forage (m): 15.5
Y: 5000369 Z(préliminaire): 34

Municipalité: Saint-Valentin
Description du lieu de forage:
SOLEIL, CPT A 150M DE LA ROUTE, A L ARRIERE DES BATIMENTS







Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

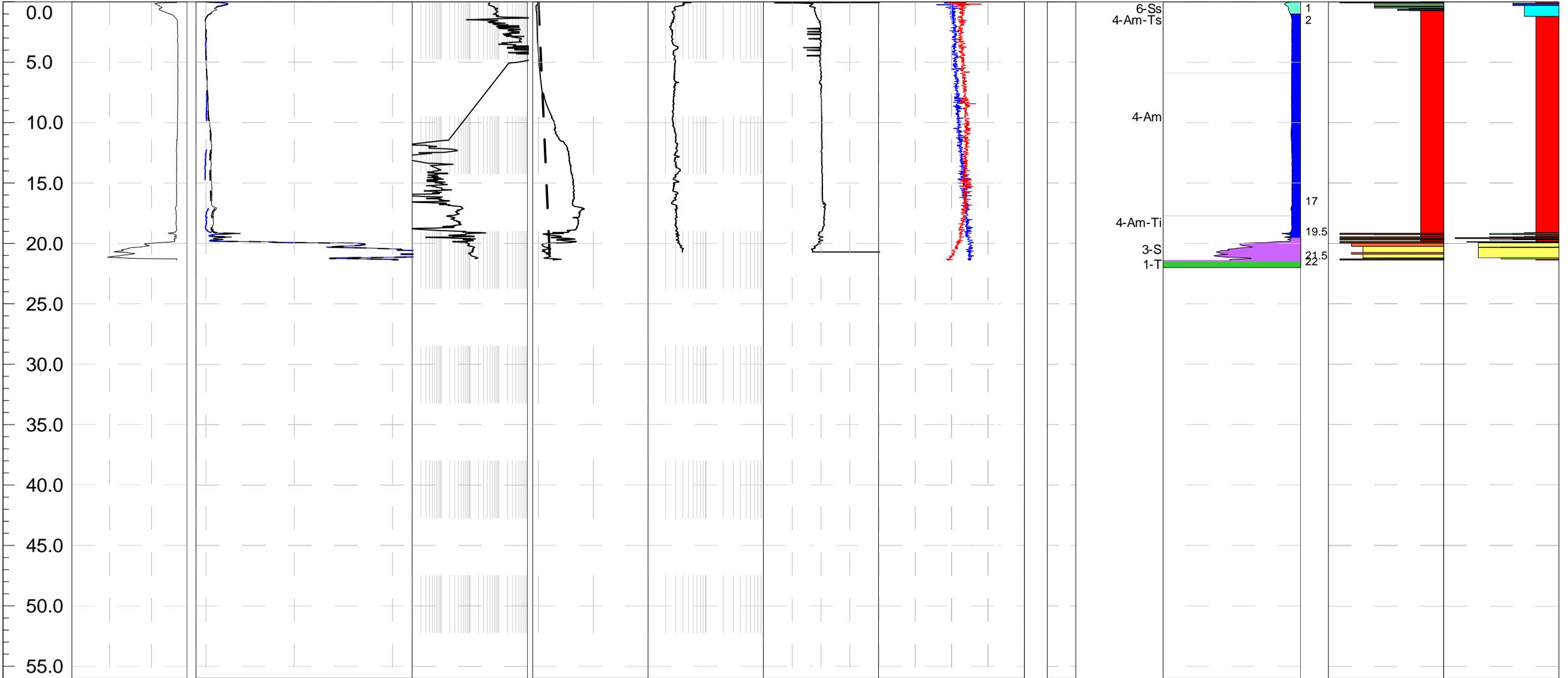
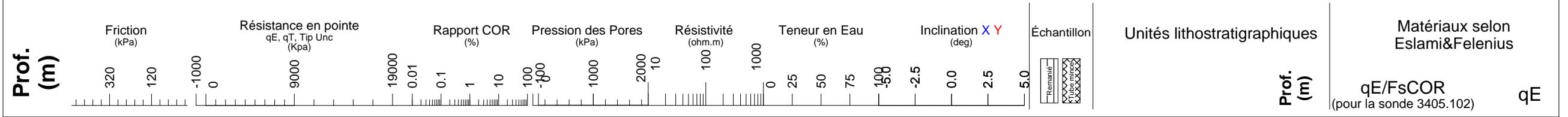
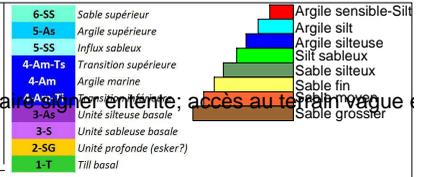
Date: Wed 11/Aug/2010 à: 15:00:24
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S13-B
Id Fichier: G11G1004C.DAT

X: 630095 Y: 5025435 Z (préliminaire): 36

Municipalité: Saint-Jean sur Richelieu

Description du lieu de forage:
le fond de la cour ; info-excavation à envoyé ; contacter propriétaire avant travaux et faire signer un entente; accès au terrain vague ;
SOLEIL, CPT A300M DE LA ROUTE, ARRIERE DE LA GRANGE

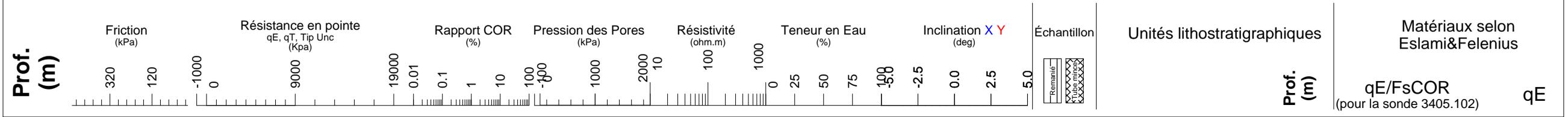
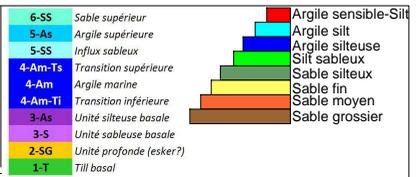


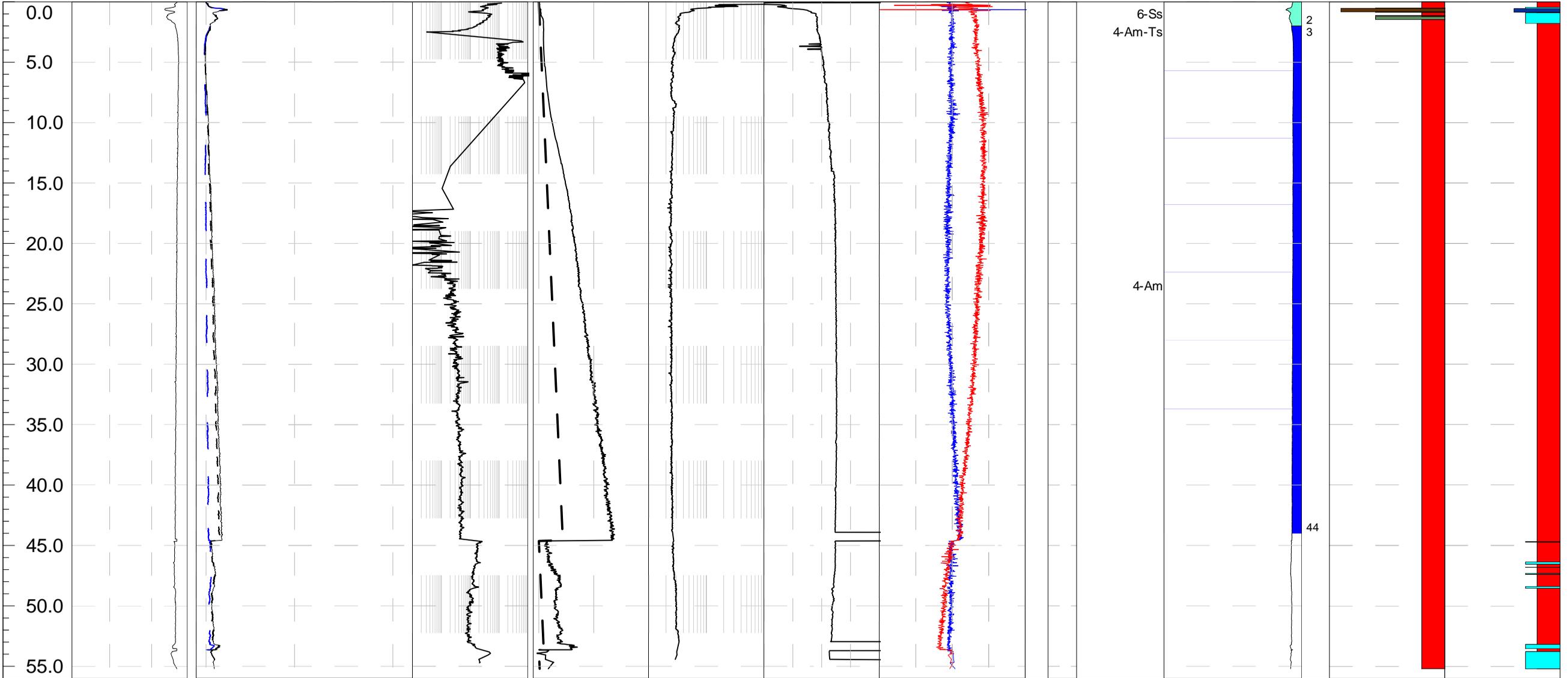
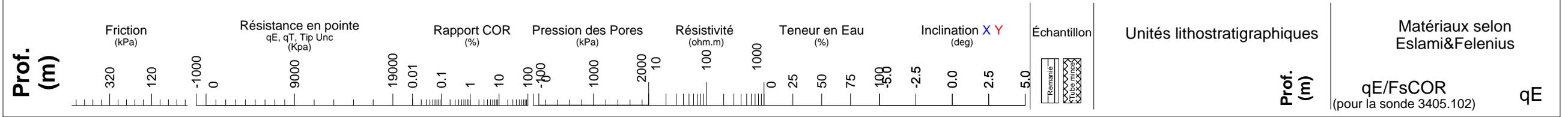
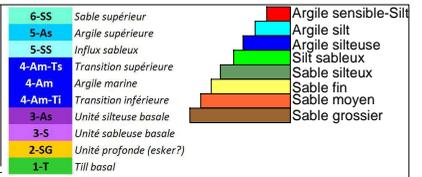


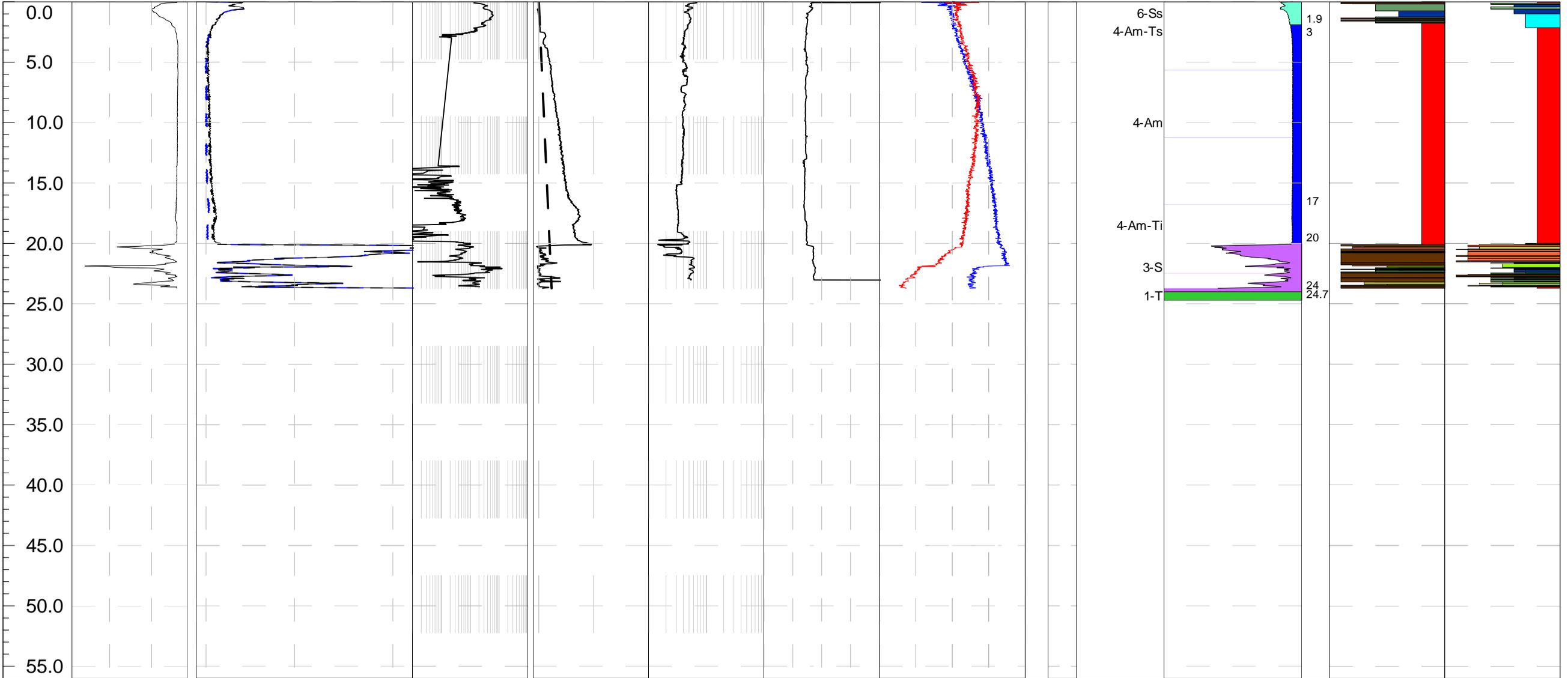
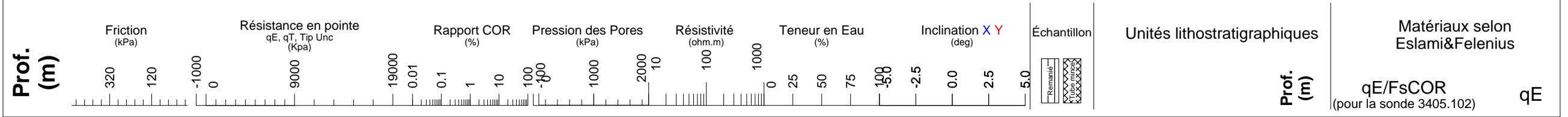
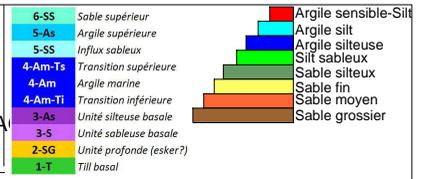
Date: Wed 14/Jul/2010 à: 14:45:33
 Projet: MONTEREGIE_2010
 Client: INRS
 Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-T01-A
 Id Fichier: G14L1005C.DAT
 X: 662345 Prof. Forage (m): 19.7
 Y: 5038812 Z(préliminaire): 37

Municipalité: Saint-Pie
 Description du lieu de forage:
 SOILEIL, 200 M DERRIERE LA FOSSE A PURIN









Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 3405.101XX

Date: Mon 05/Jul/2010 à: 11:44:29
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

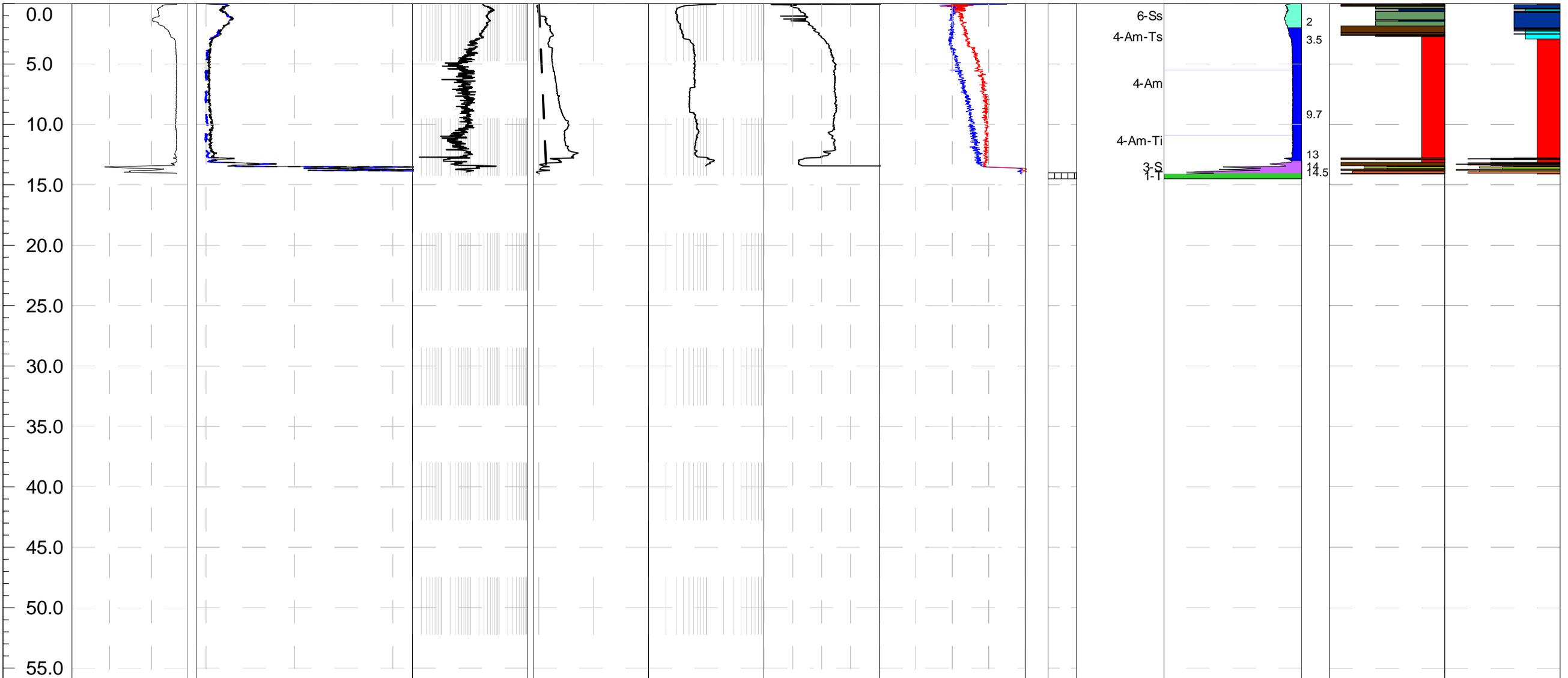
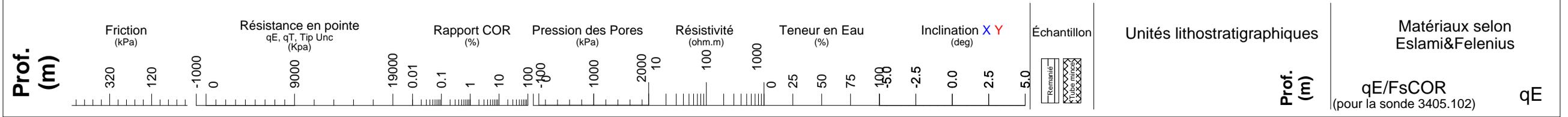
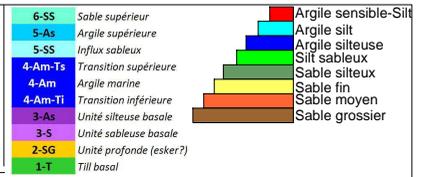
Id Forage: CPT-T05-B
Id Fichier: G05L1001C.DAT

X: 657404 Prof. Forage (m): 14
Y: 5047400 Z(préliminaire): 31

Municipalité: Sainte-Hyacinthe

Description du lieu de forage:

NUAGEUX, SUR LE TERRAIN AU FOND A 30M DE LA ROUTE , VIGNES





Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

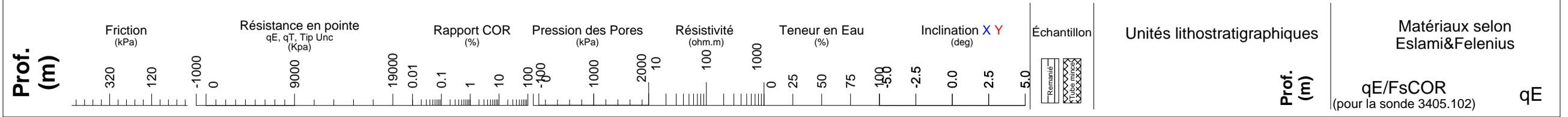
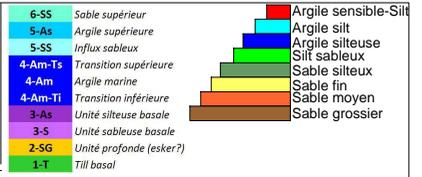
Date: Thu 15/Jul/2010 à: 10:21:56
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

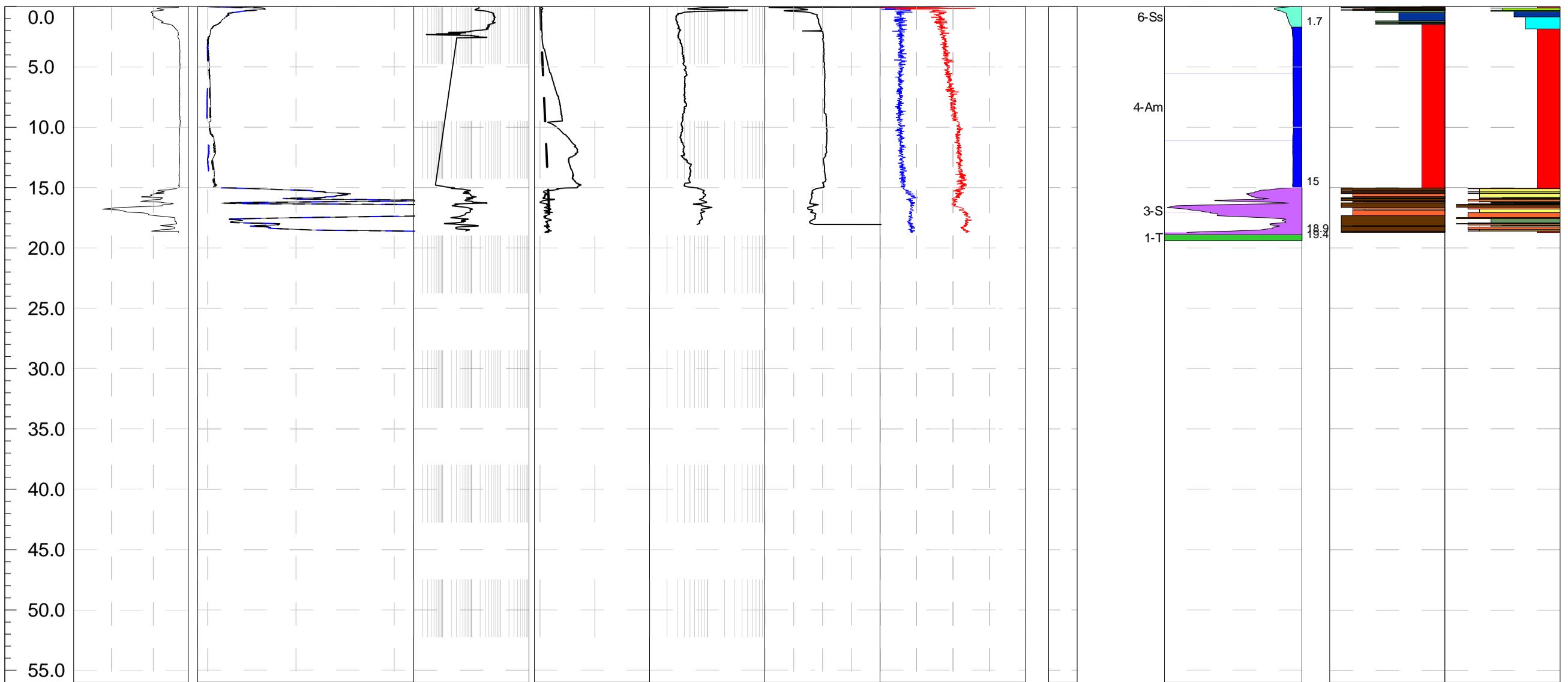
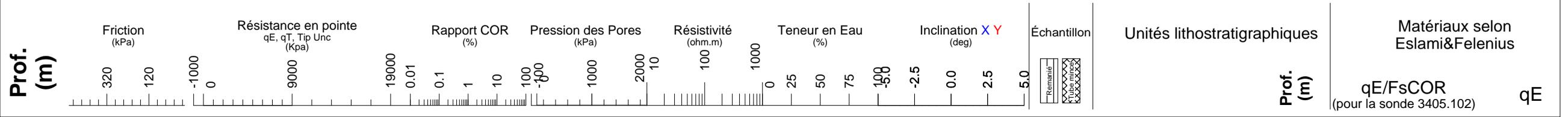
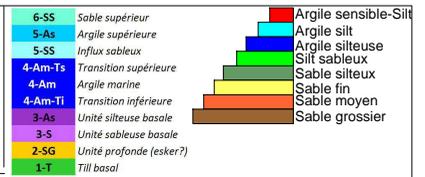
Id Forage: CPT-T06-A
Id Fichier: G15L1001C.DAT
X: 647757 Prof. Forage (m): 28.3
Y: 5077836 Z(préliminaire): 24

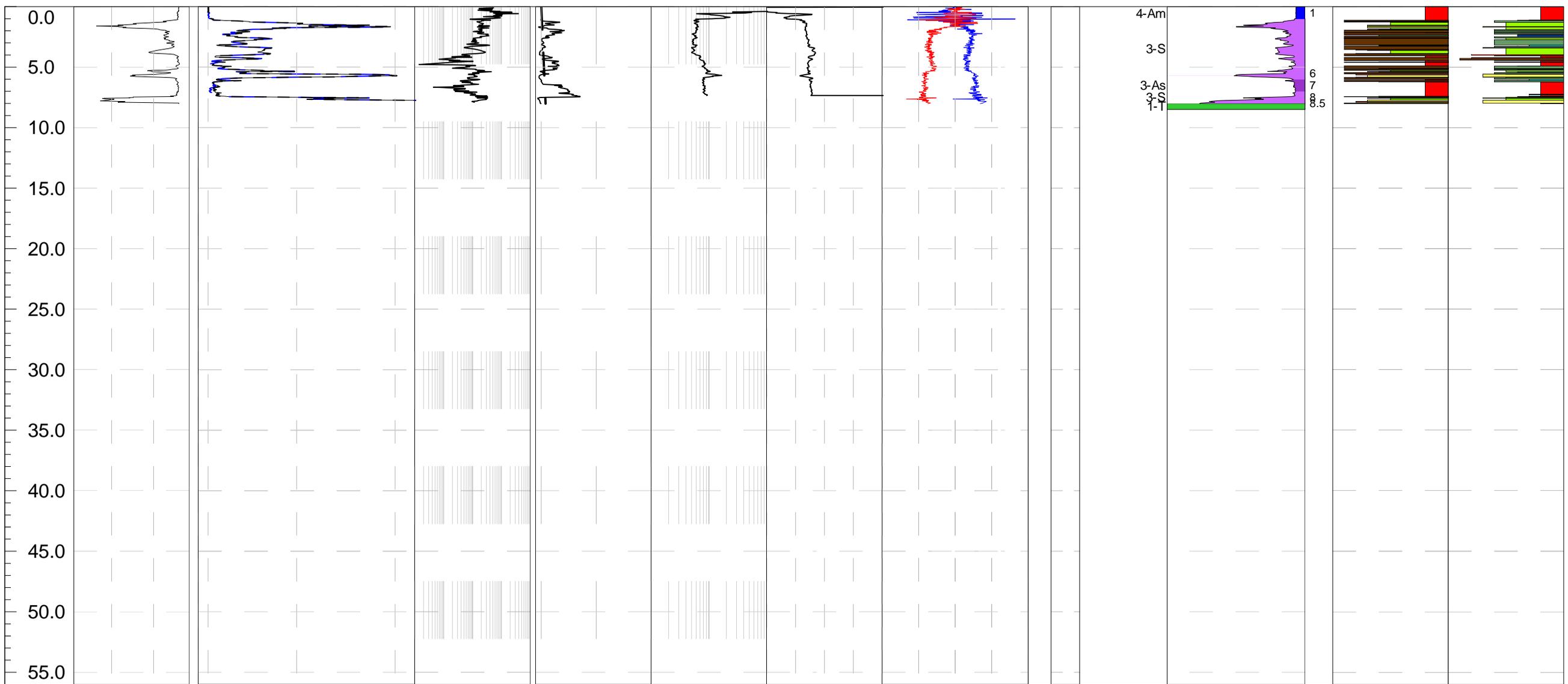
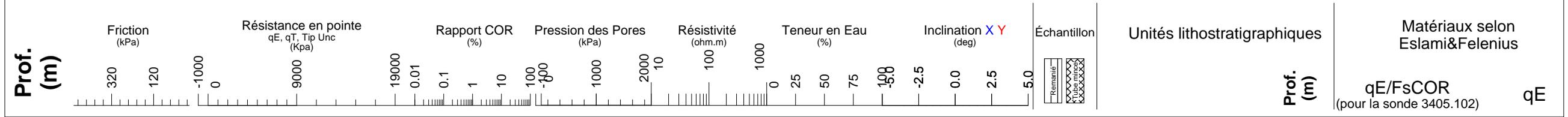
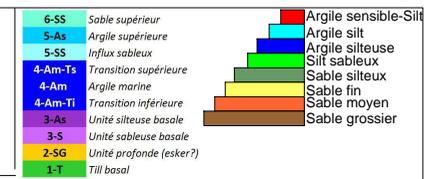
Municipalité: Saint-Bernard-de-Michaudville

Description du lieu de forage:

SOILEIL, 5M DE LA ROUTE A COTE DE LA MARE









Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

Date: Wed 28/Jul/2010 à: 12:12:45
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

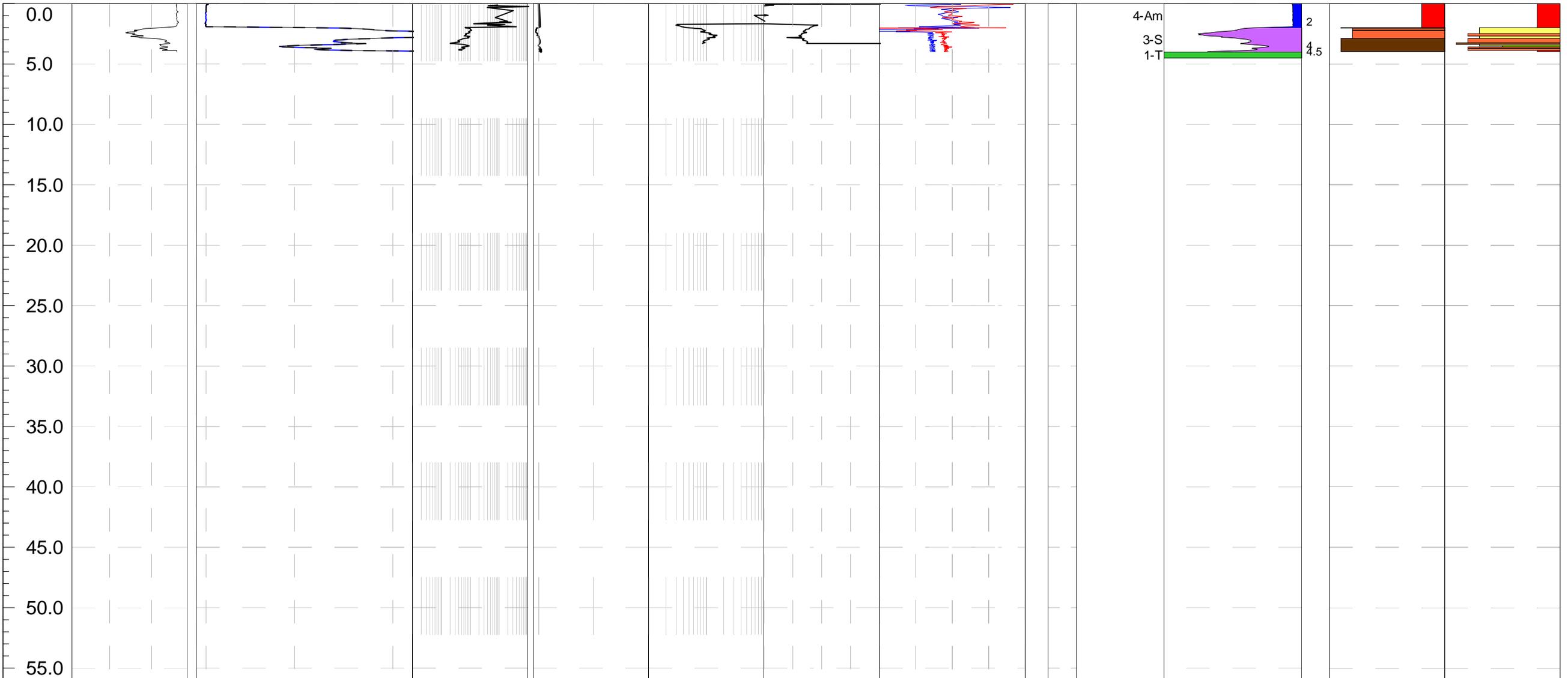
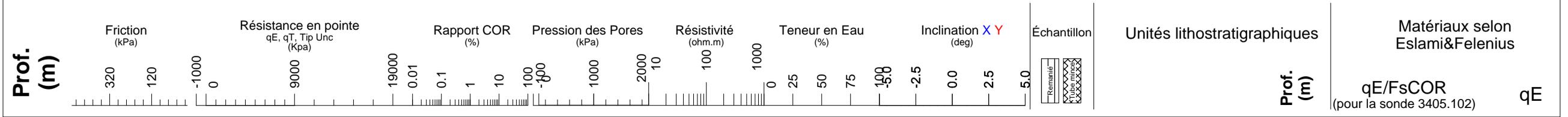
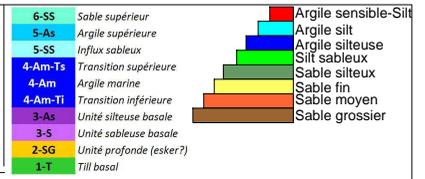
Id Forage: CPT-T08-B
Id Fichier: G28L1001C.DAT

X: Prof. Forage (m): 3.9
Y: Z(préliminaire):

Municipalité:

Description du lieu de forage:

SOLEIL, 50M DE LA ROUTE DERRIERE LA COUR



Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

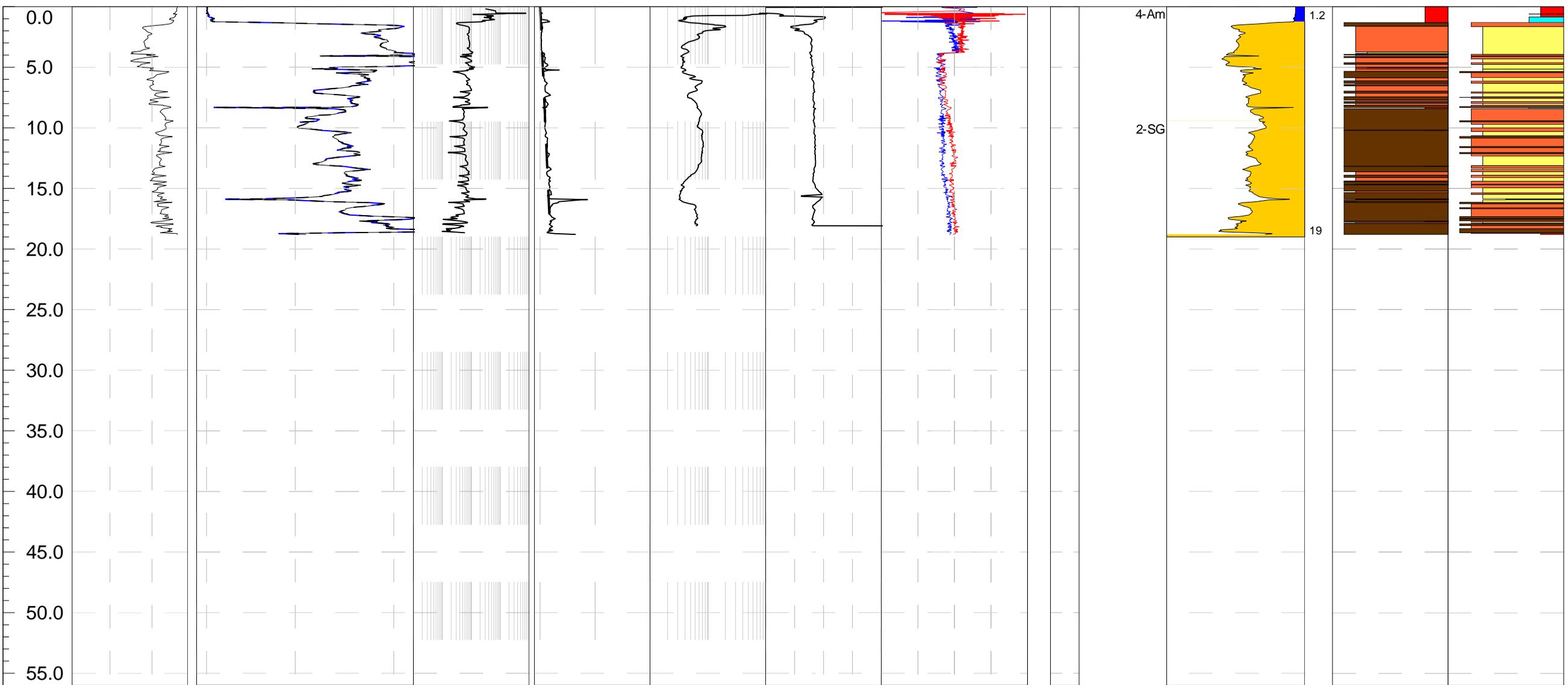
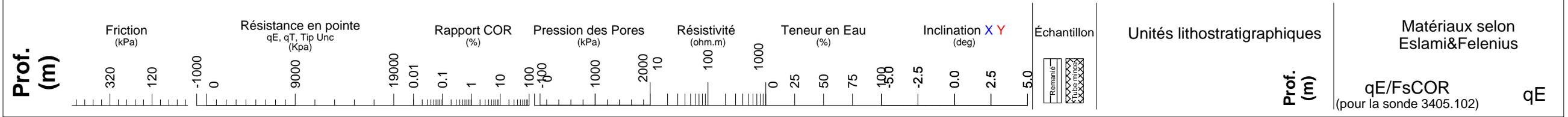
Date: Mon 19/Jul/2010 à: 13:45:38
 Projet: MONTEREGIE_2010
 Client: INRS
 Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-T11-A
 Id Fichier: G19L1002C.DAT
 X: 633679 Prof. Forage (m): 18.7
 Y: 5067218 Z(préliminaire): 22

Municipalité: Calixa-Lavalée
 Description du lieu de forage:
 NUAGEUX, 100M DE LA ROUTE DERRIERE BATIMENT

6-SS Sable supérieur
 5-As Argile supérieure
 5-Ss Influx sableux
 4-Am-Ts Transition supérieure
 4-Am Argile marine
 4-Am-Ti Transition inférieure
 3-As Unité silteuse basale
 3-S Unité sableuse basale
 2-SG Unité profonde (esker?)
 1-I Till basal

Argile sensible-Silt
 Argile silt
 Argile silteuse
 Silt sableux
 Sable silteux
 Sable fin
 Sable moyen
 Sable grossier





Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

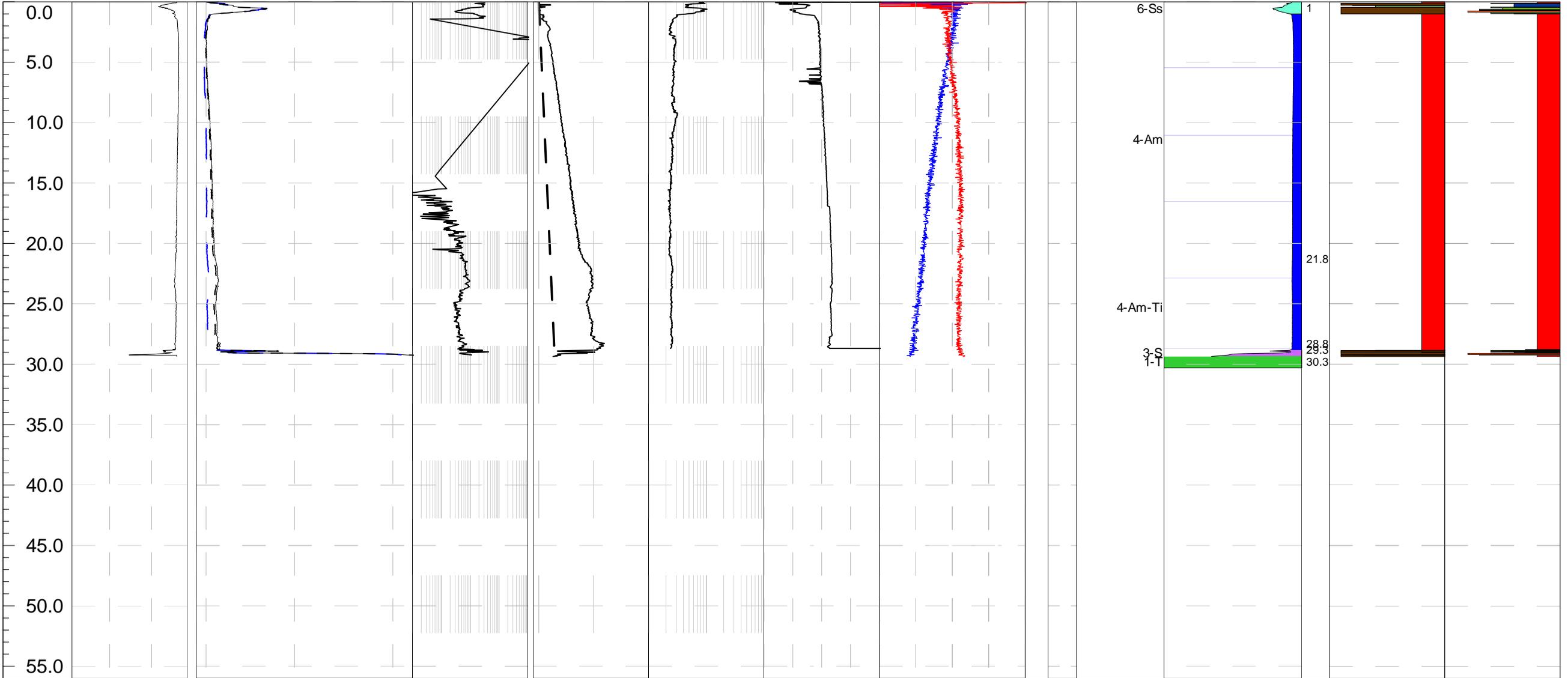
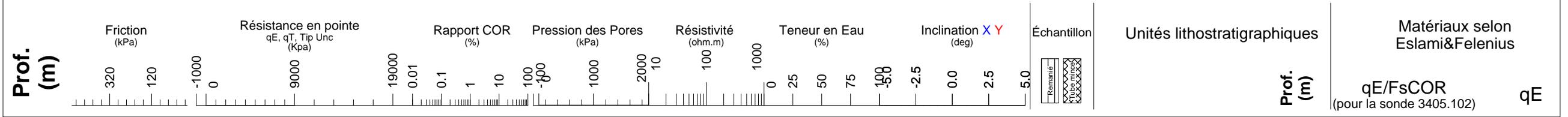
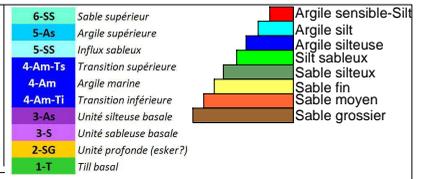
Date: Tue 13/Jul/2010 à: 12:53:24
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-T14-A
Id Fichier: G13L1003C.DAT
X: 657619 Prof. Forage (m): 29.3
Y: 5058909 Z(préliminaire): 33

Municipalité: Saint-Hyacinthe

Description du lieu de forage:

SOILEIL, AU SUD DU TERRAIN SUR BORD DU CHAMPS MAIS





Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

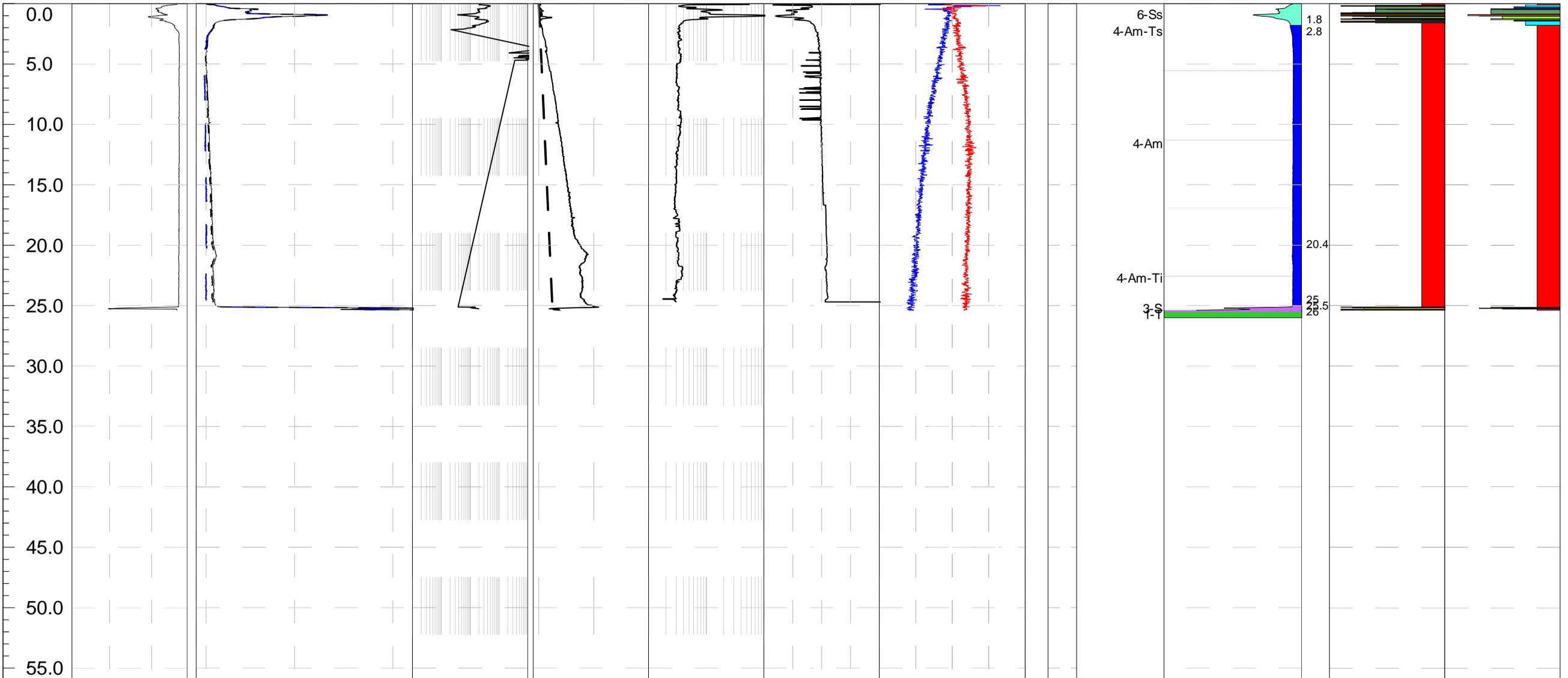
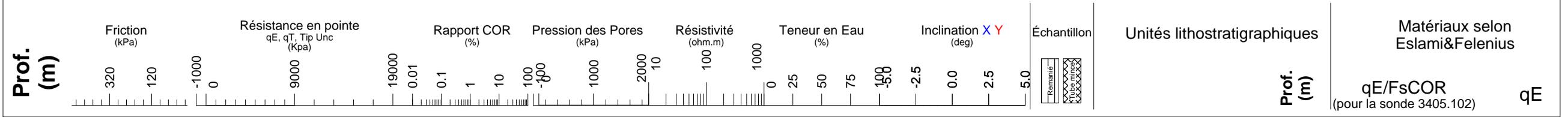
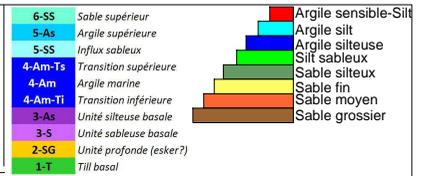
Date: Tue 13/Jul/2010 à: 11:03:08
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

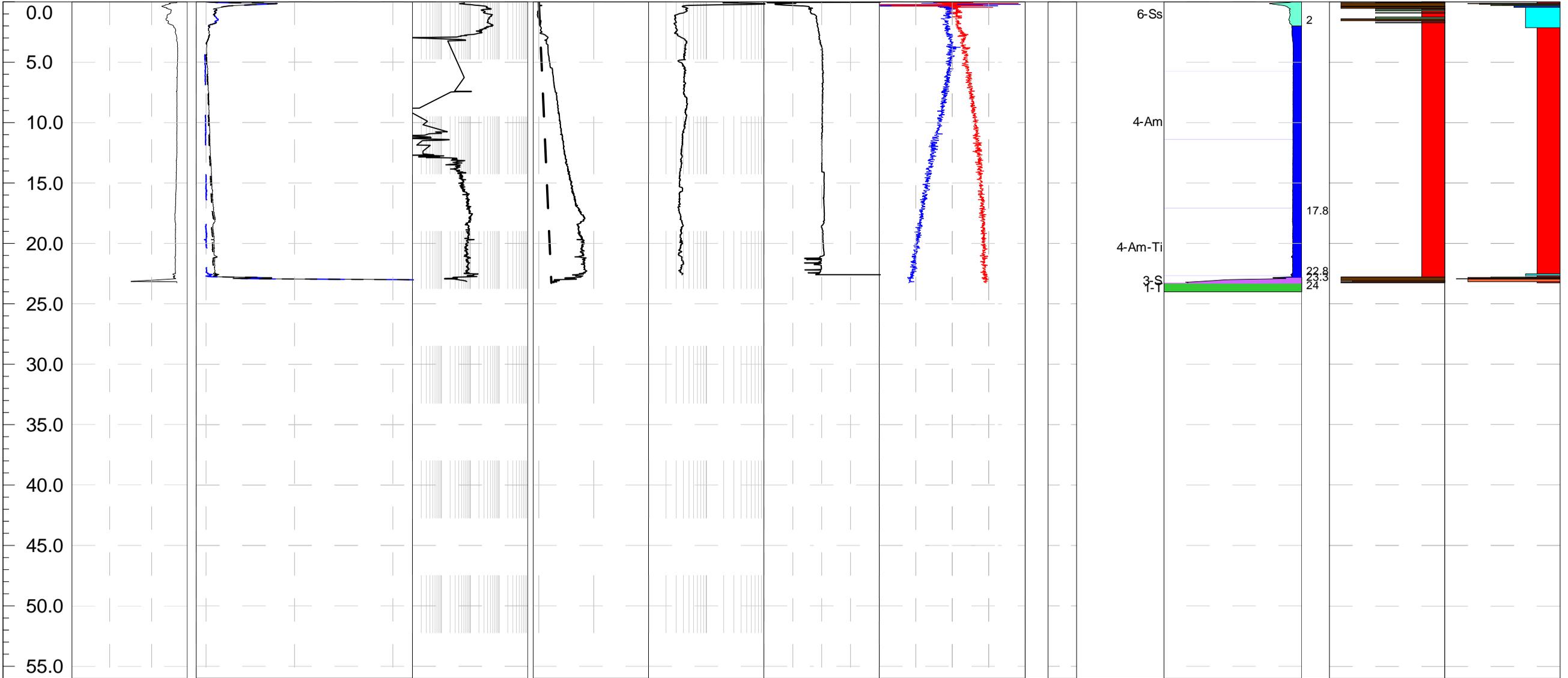
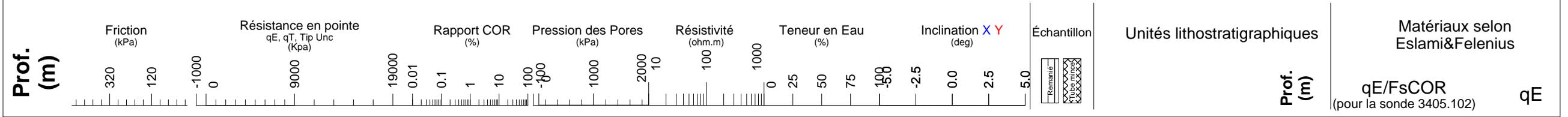
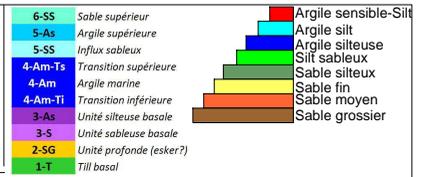
Id Forage: CPT-T14-B
Id Fichier: G13L1002C.DAT
X: 658126 Prof. Forage (m): 25.3
Y: 5062694 Z(préliminaire): 35

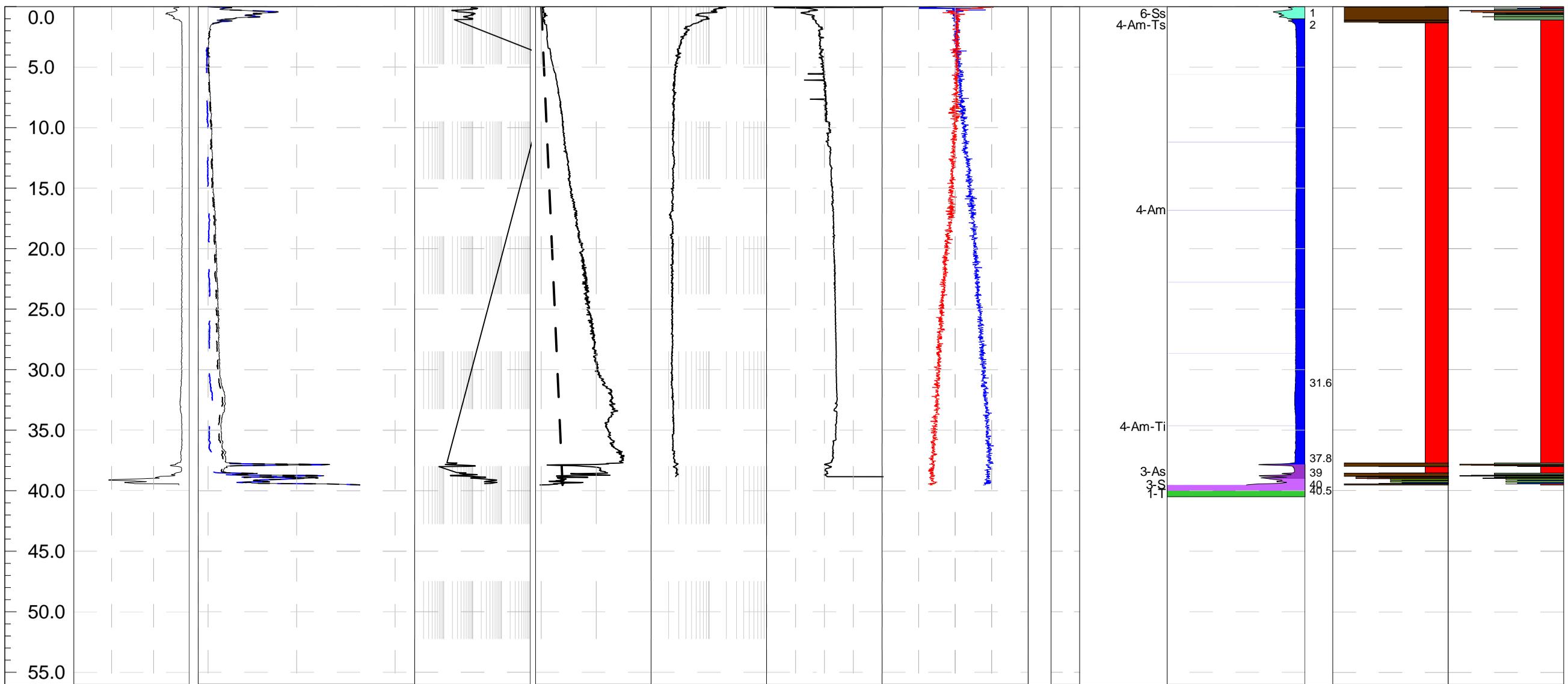
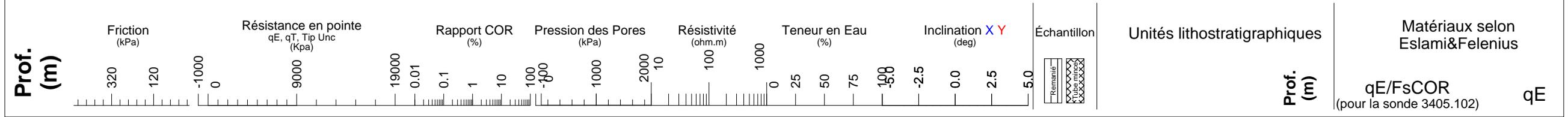
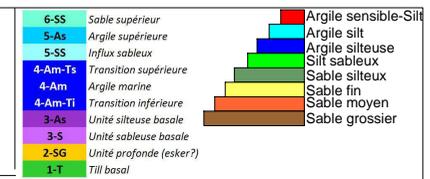
Municipalité: Saint-Barnabé Sud

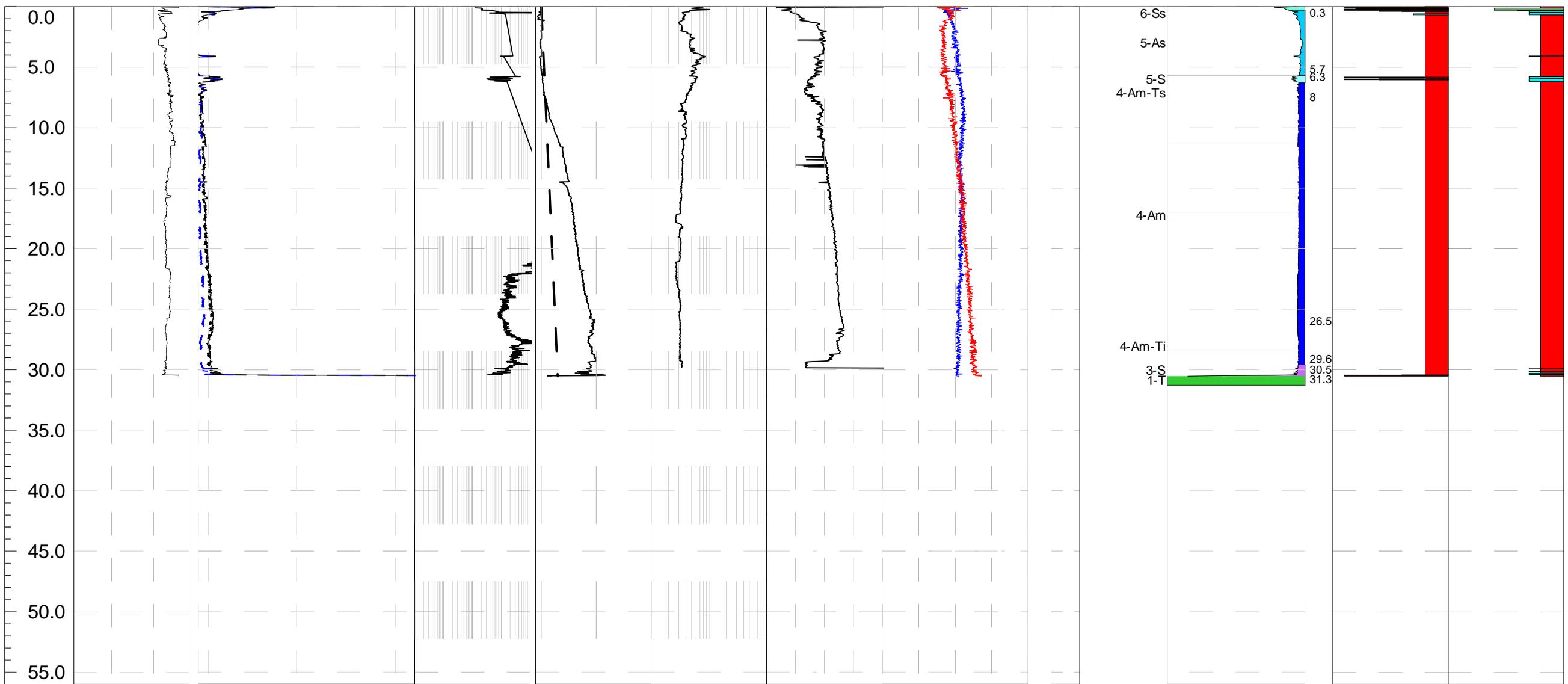
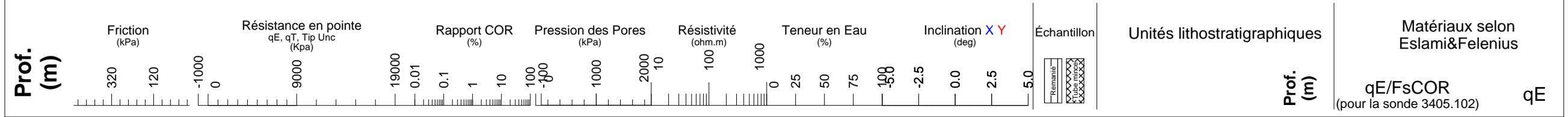
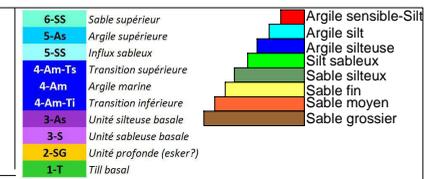
Description du lieu de forage:

SOILEIL, AU SUD DU TERRAIN SUR BORD DE PELOUSE











Sondage CPTu/SMR: 15 cm² ASTM
Modèle: 5405.105AX

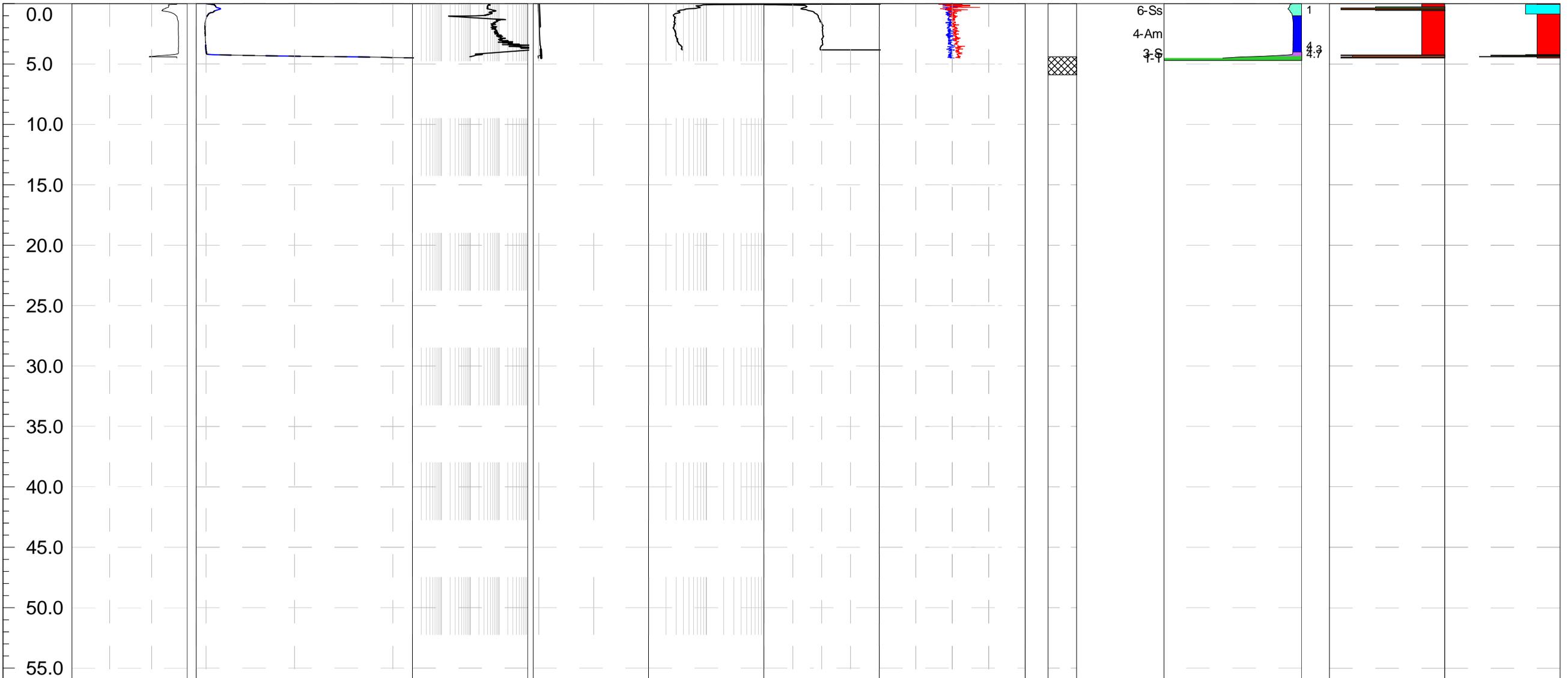
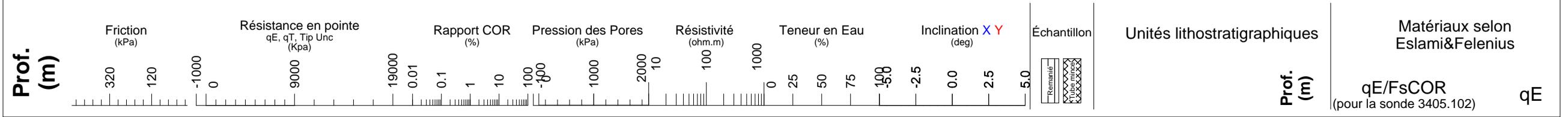
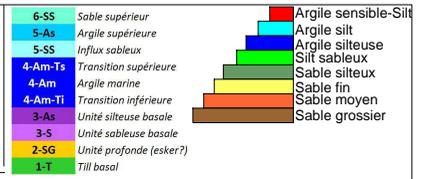
Date: Mon 26/Jul/2010 à: 13:28:56
Projet: MONTEREGIE_2010
Client: INRS
Opérateurs: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-X21
Id Fichier: G26L1002C.DAT

X: 643644 Prof. Forage (m): 4.5
Y: 5026914 Z(préliminaire): 40

Municipalité: Mont St-Grégoire

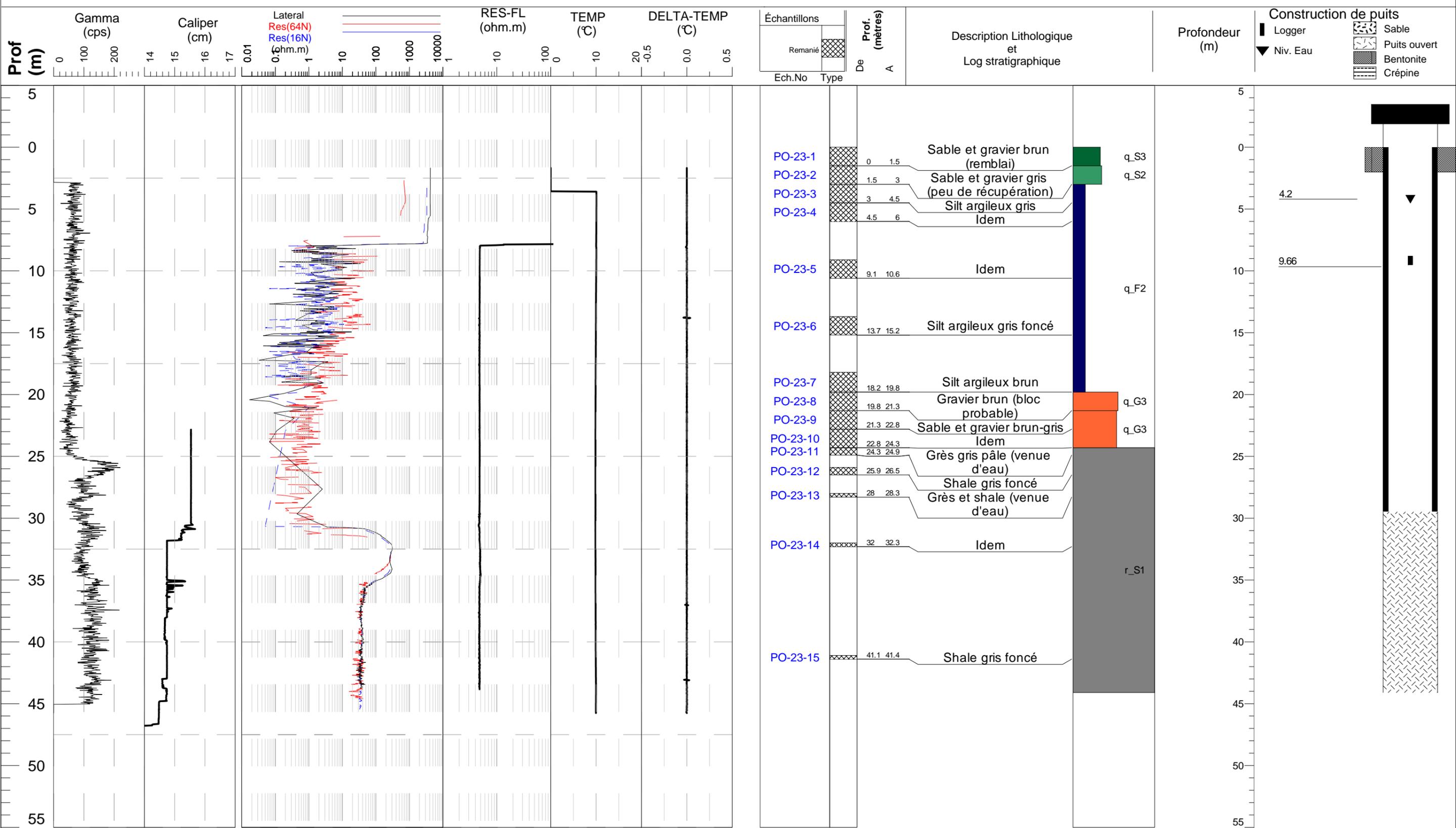
Description du lieu de forage:
SOLEIL, 100M DE LA ROUTE DERRIERE LE TERRAIN



	NForage PO-23	Projet Montérégie Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: 630537 Y: 5025247 Z: 34		Info-Forage Prof. forage estimée Date: 11/01/10 (m) 44.196 De: - À -		Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 1.07 Prof. Sondée (m)-Diag 46.7 Diag Effectuées C,M,ATV,S Slug test aucun bon		ID Levellogger 1048040	ID barologger 1047427	Prof. d'installation 9.66	Date et heure de départ 20-11-2010 13:00
			Niveau d'eau 1 4.2	Date de mesure 1 18-11-2010	Niveau d'eau 2 8.08	Date de mesure 2 11/03/10						

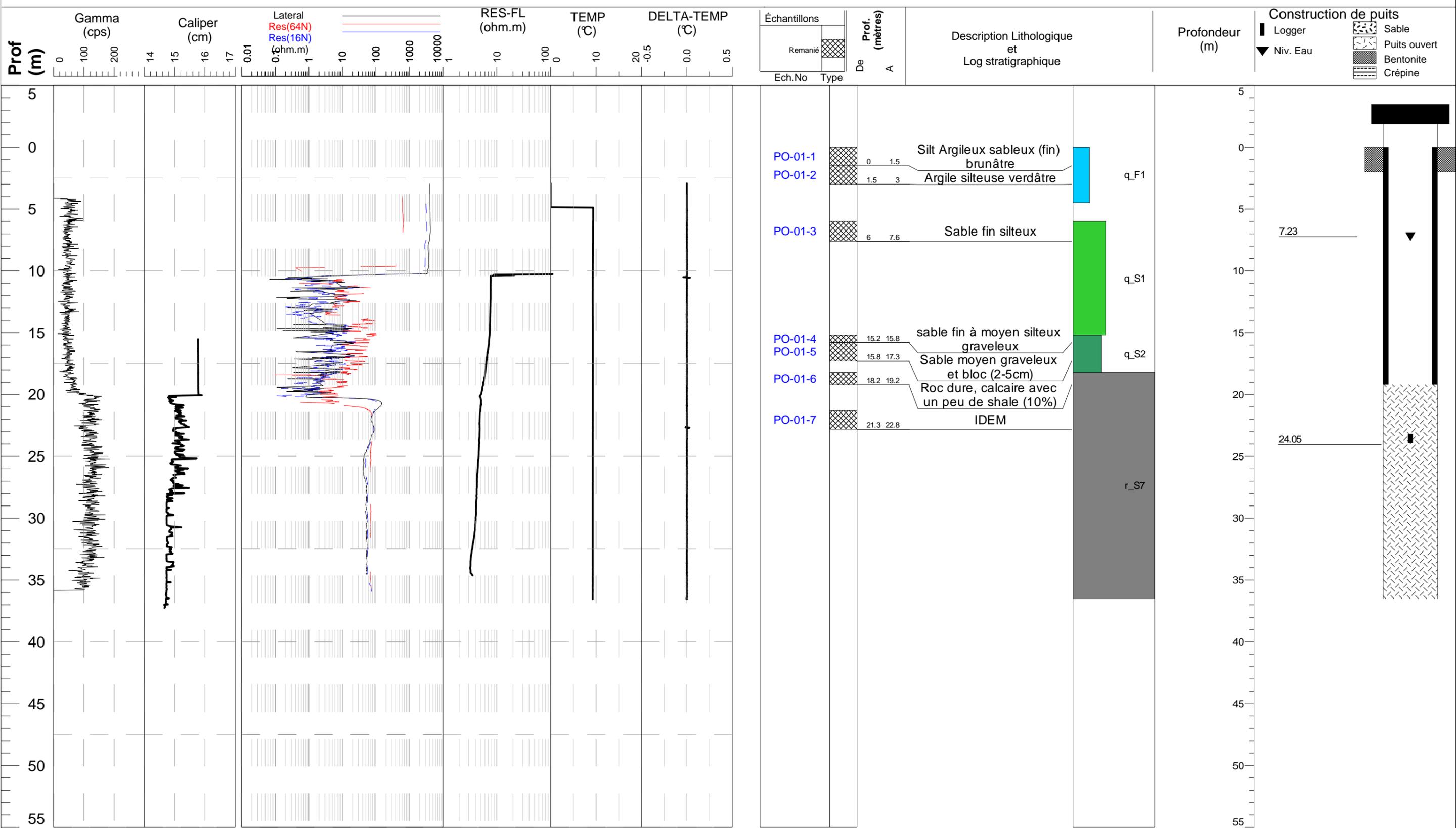
Adresse: rue Eugène Saint Jean sur Richelieu

Puits à très faible remontée, les loggers sont démarrés 2 jours après le pompage
 Le niveau est en remontée naturelle car le forage est récent. Le niveau de la nappe libre devrait être à env. <1m de la surface (assez boueux, et ruisseaux fossés pas loin)



	NForage PO-01	Projet Montérégie Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: 633773 Y: 5067244,28 Z: 22	Info-Forage Prof. forage estimée Date: 10/13/10 (m) 36.576 De: 8h15 À 16h00	Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 0.96 Prof. Sondée (m)-Diag 37.3 Diag Effectuées C,M,ATV,S Slug test pseudo	ID Levelogger 1047642 Niveau d'eau 1 7.23	ID barologger 1048409 Date de mesure 1 17-11-2010	Prof. d'installation 24.05 Niveau d'eau 2 10.575	Date et heure de départ 25-11-2010 7:00 Date de mesure 2 11/09/10
			Adresse: 771 chemin de la Beauce Calixa-Lavallé						

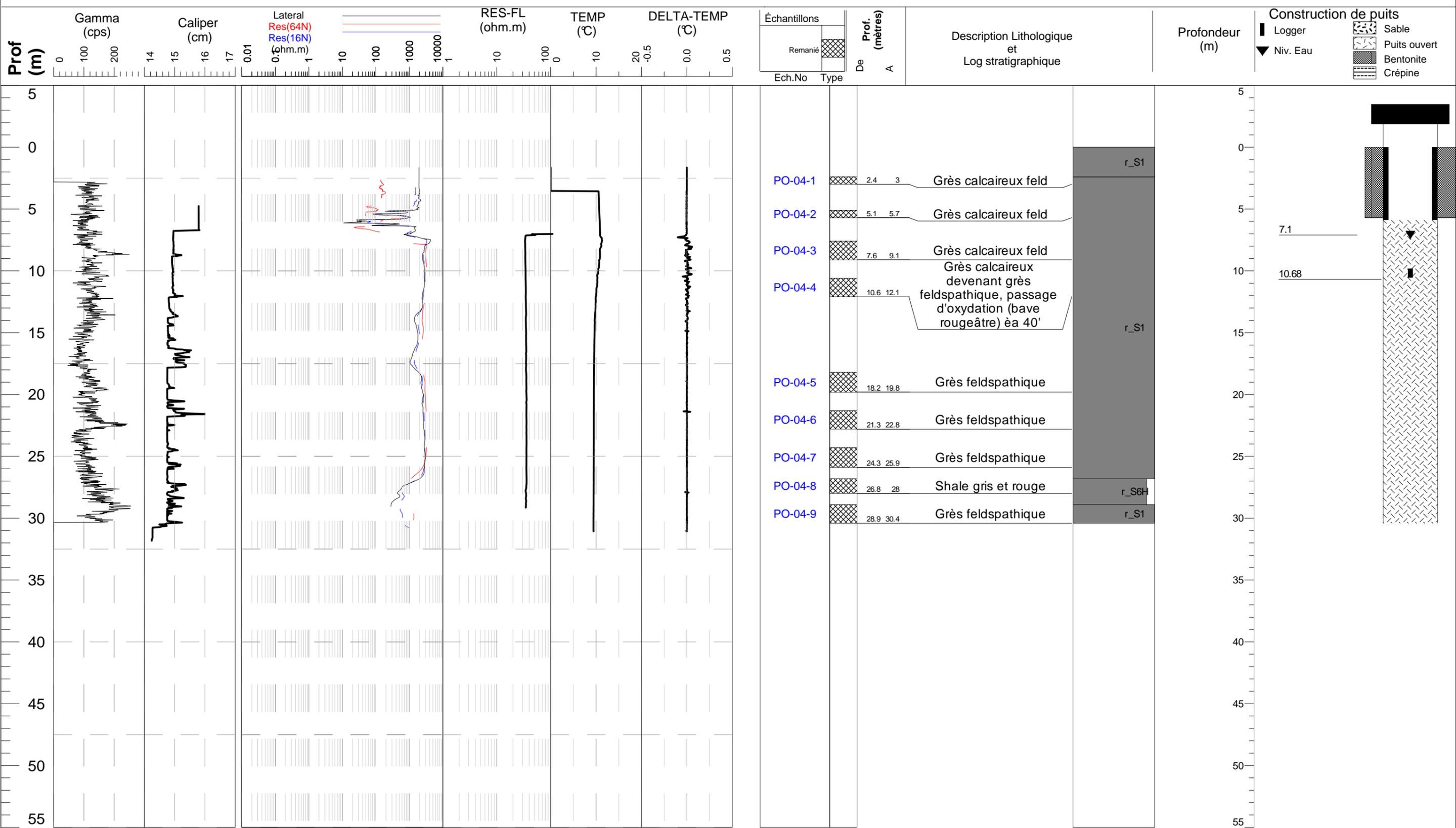
Débit de pompage autour de 4L/min|23-11-2010: Remonté à 22,08m-Remplacement du logger pour un à 20m de rabattement avec augmentation de la longueur du fil pour qu'il aille entre 23 et 25m
 Le forage est très imperméable car aucun signe de retour au niveau initial après insertion de la sonde mp, même pas 1cm!



	NForage PO-04	Projet	Montréal Est	Coordonnées	X: 674619	Info-Forage	Info-Diagraphie	ID Levelogger	ID barologger	Prof. d'installation	Date et heure de départ
		Compagnie forage	PUITBEC	Y: 5045095	Prof. forage estimée (m)	Date: 10/07/10	Hauteur Tubage (m)	0.99	Diag Effectuées	C,M,ATV,S	10.68
				Z: 63	30.48	De: 8h45	À 14h30	Niveau d'eau 1	Date de mesure 1	Niveau d'eau 2	Date de mesure 2
								7.1	29-11-2010	7.36	10/15/10

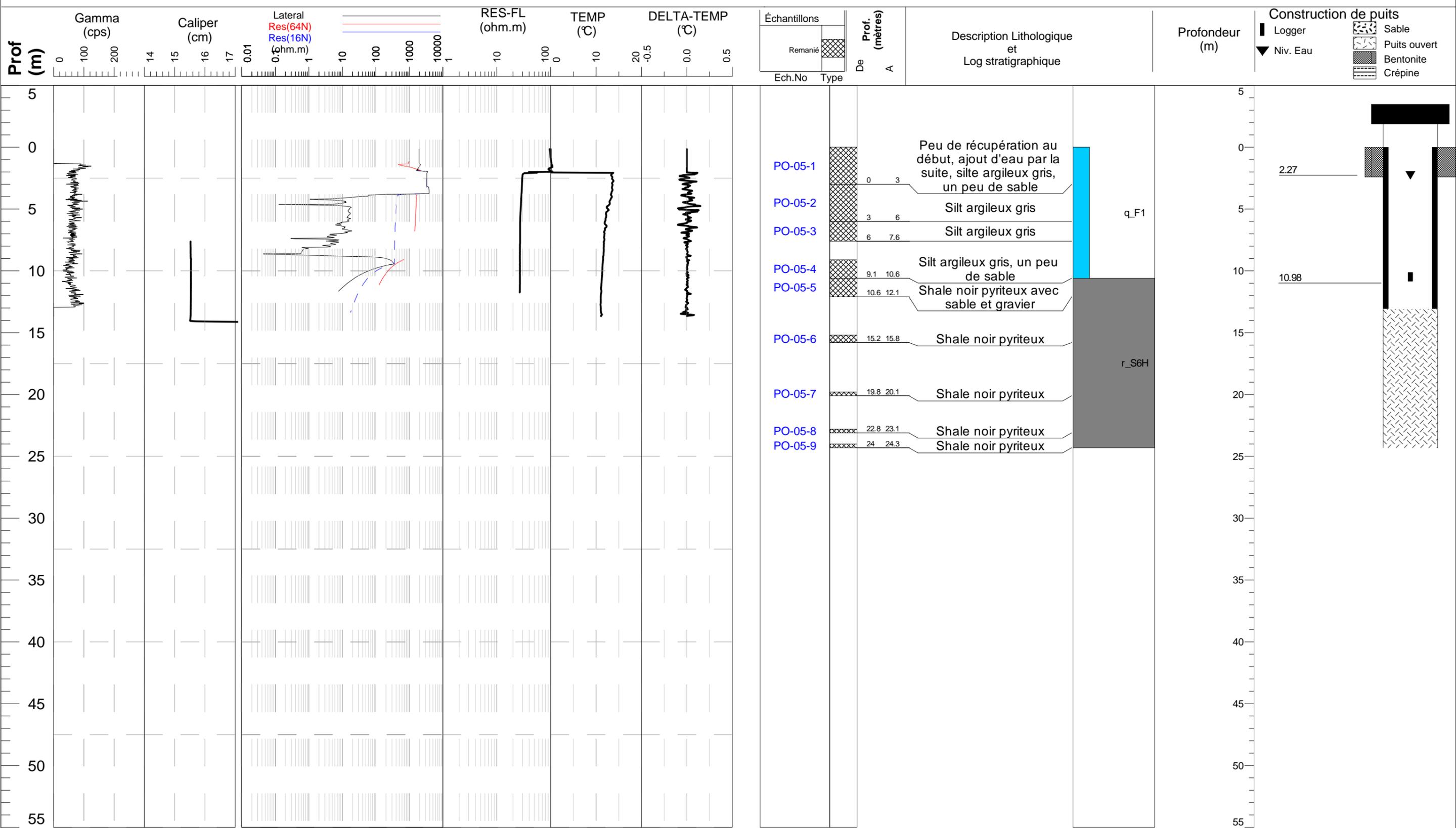
Adresse: 652 Rang de l'Egypte Saint Valérien de Milton

puits a moyenne permeabilite. eau saumatre qui pu.Chatelaine a hate de decôlisser
 Déçu et fâché que Puitbec ne vienne pas nettoyer. Son drain se remplit de bentonite !!! (en date du 16 oct 2010). Par ailleurs, mon slug test a été fait au gaz, et n'a pas très bien fonctionné, par manque d'expérience.



	NForage PO-05	Projet Montérégie Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: 633183 Y: 5000387 Z: 41	Info-Forage Prof. forage estimée Date: 10/18/10 (m) 24.384 De: À	Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 0.84 Prof. Sondée (m)-Diag 14.3	Diag Effectuées C,M Slug test aucun bon	ID Levelogger 1048789 Niveau d'eau 1 2.27	ID barologger 1056534 Date de mesure 1 25-11-2010	Prof. d'installation 10.98 Niveau d'eau 2 2.134146341463415	Date et heure de départ 26-11-2010 7:00 Date de mesure 2 11/04/10
			Adresse: 326 74em Avenue Saint Paul de l'île aux Noix							

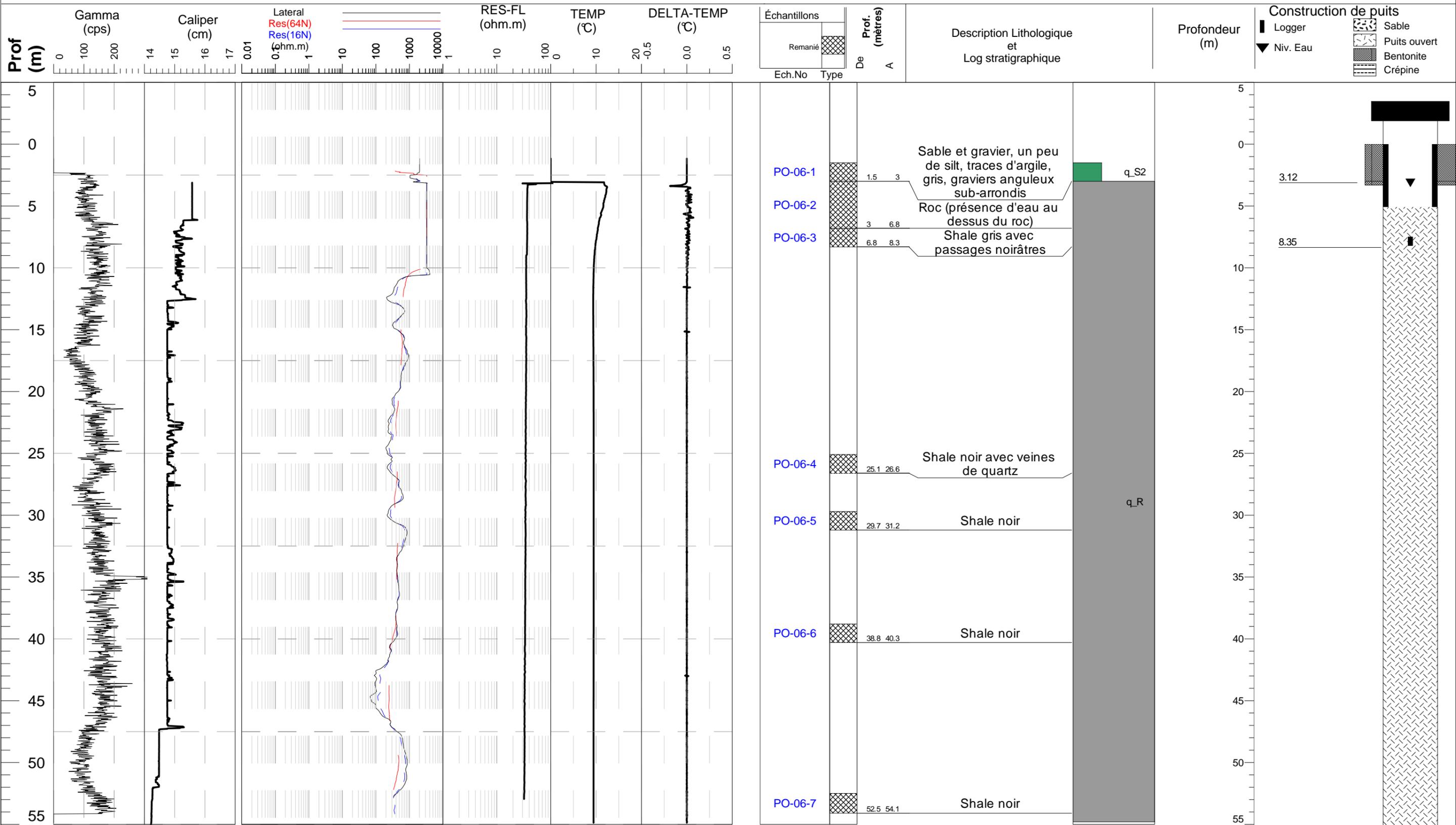
on entend ruisseler mais le debit est faible. utilise le meme baro que PO-17.
 ore dans les sédiments à la fin du tubage. Cela expliquerait l'effondrement/ colmatage du forage. Quant à la localisation du forage, elle n'est pas idéale pour un suivi des niveaux car il y a un puits pompé juste à côté (<20m), aux mêmes profondeurs, pour la ferm



	NForage PO-06	Projet Montréal Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: 688098 Y: 5060825 Z: 110		Info-Forage Prof. forage estimée Date: 10/05/10 (m) 54.864 De: 8h45 À 13h30		Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 0.95 Diag Effectuées C,M,ATV,S,FM Prof. Sondée (m)-Diag 55.8 Slug test pneumatique tenté		ID Levellogger 1056671	ID barologger 1056538	Prof. d'installation 8.35	Date et heure de départ 18-11-2010 7:00
			Niveau d'eau 1 3.12	Date de mesure 1 16-11-2010	Niveau d'eau 2 3.61	Date de mesure 2 10/16/10						

Adresse: 172 Route du petit 6em rang Saint Théodore d'Acton

Mesures par rapport à la margelle
 A côté d'une grange. Contact: Stéphane Gauthier (fils), propriétaire: Jean-Marc Gauthier (père).



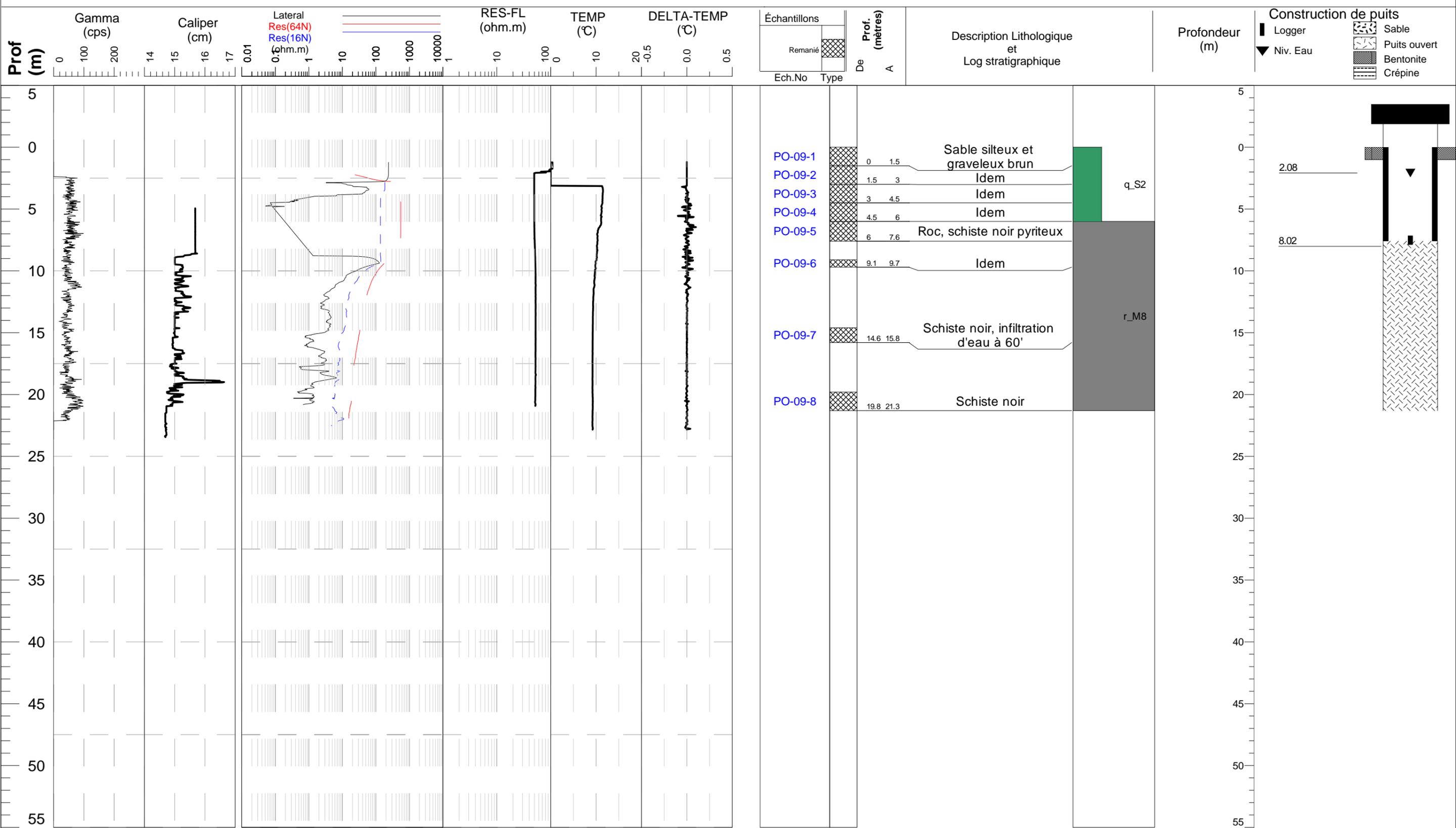
Décrit par: Châtelaine Beaudry

Décrit par: -

Décrit par: 02/08/11

	NForage PO-09	Projet Montérégie Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: 709917 Y: 5039902 Z: 210	Info-Forage Prof. forage estimée Date: 11/03/10 (m) 21.336 De: - À -	Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 0.91 Prof. Sondée (m)-Diag 23.5	Diag Effectuées C,M,ATV,S,FM Slug test pseudo	ID Levelogger 1056737 Niveau d'eau 1 2.08	ID barologger 1056522 Date de mesure 1 22-11-2010	Prof. d'installation 8.02 Niveau d'eau 2 2.134146341463415	Date et heure de départ 23-11-2010 7:00 Date de mesure 2 11/07/10
			Adresse: 5581 rue de l'aéroport Valcourt							

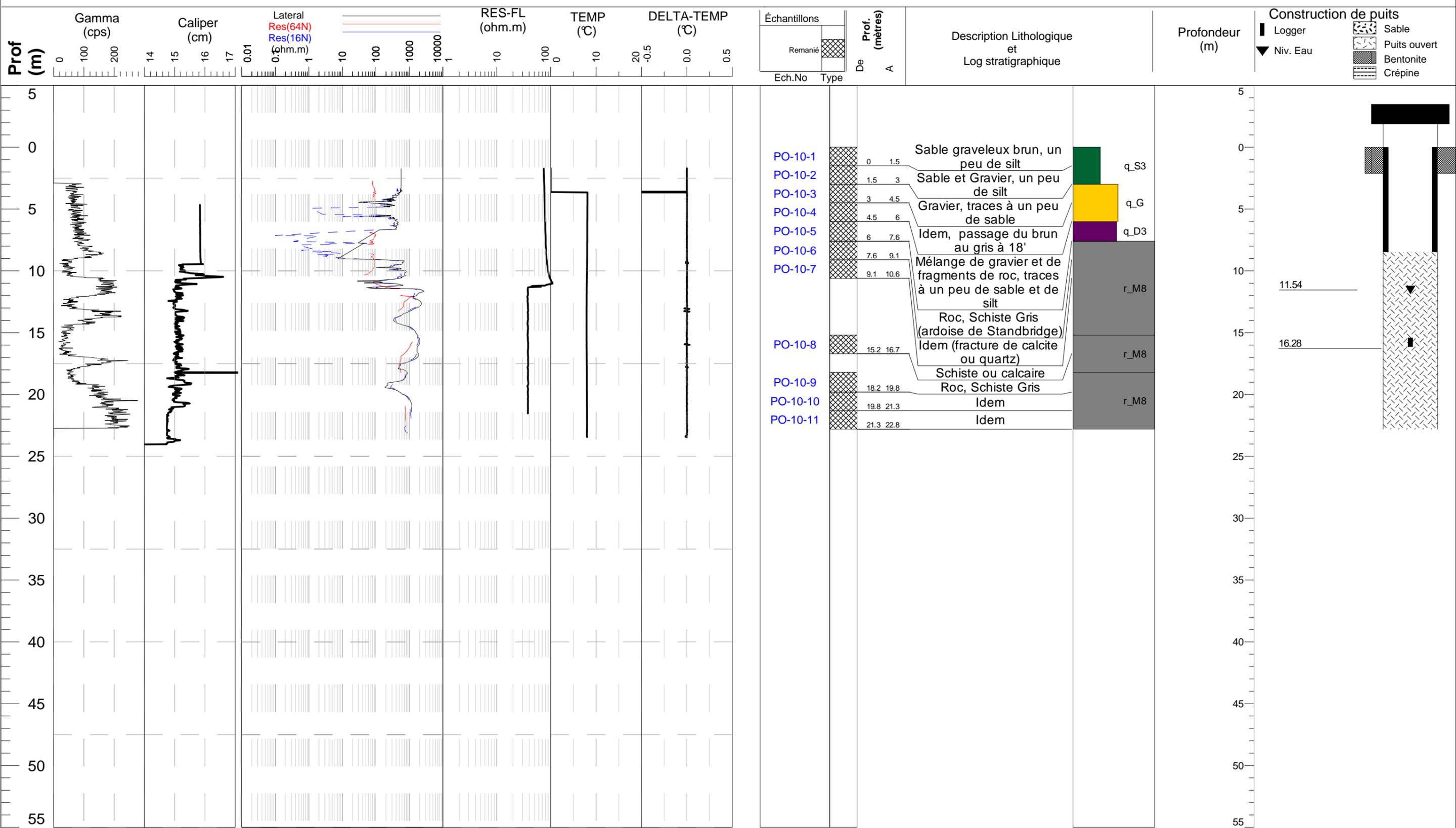
Bon débit-rien d'autre à signaler
 Près de 2 fossés à angle droit, du garage municipal et de la route 243N (<10m), donc vulnérabilité potentielle si connexion verticale de la nappe favorisée par les fractures.



	NForage PO-10	Projet Montérégie Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: 667516 Y: 4992441 Z: 99		Info-Forage Prof. forage estimée Date: 10/20/10 (m) 22.86 De: À		Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 0.78 Diag Effectuées C,M,ATV,S Prof. Sondée (m)-Diag 24 Slug test pseudo		ID Levelogger 1056721	ID barologger 1056508	Prof. d'installation 16.28	Date et heure de départ 11-12-2010 7:00
			Niveau d'eau 1 11.54	Date de mesure 1 08-12-2010	Niveau d'eau 2 11.575	Date de mesure 2 11/05/10						

Adresse: Chemin des Chutes Frelighsburg

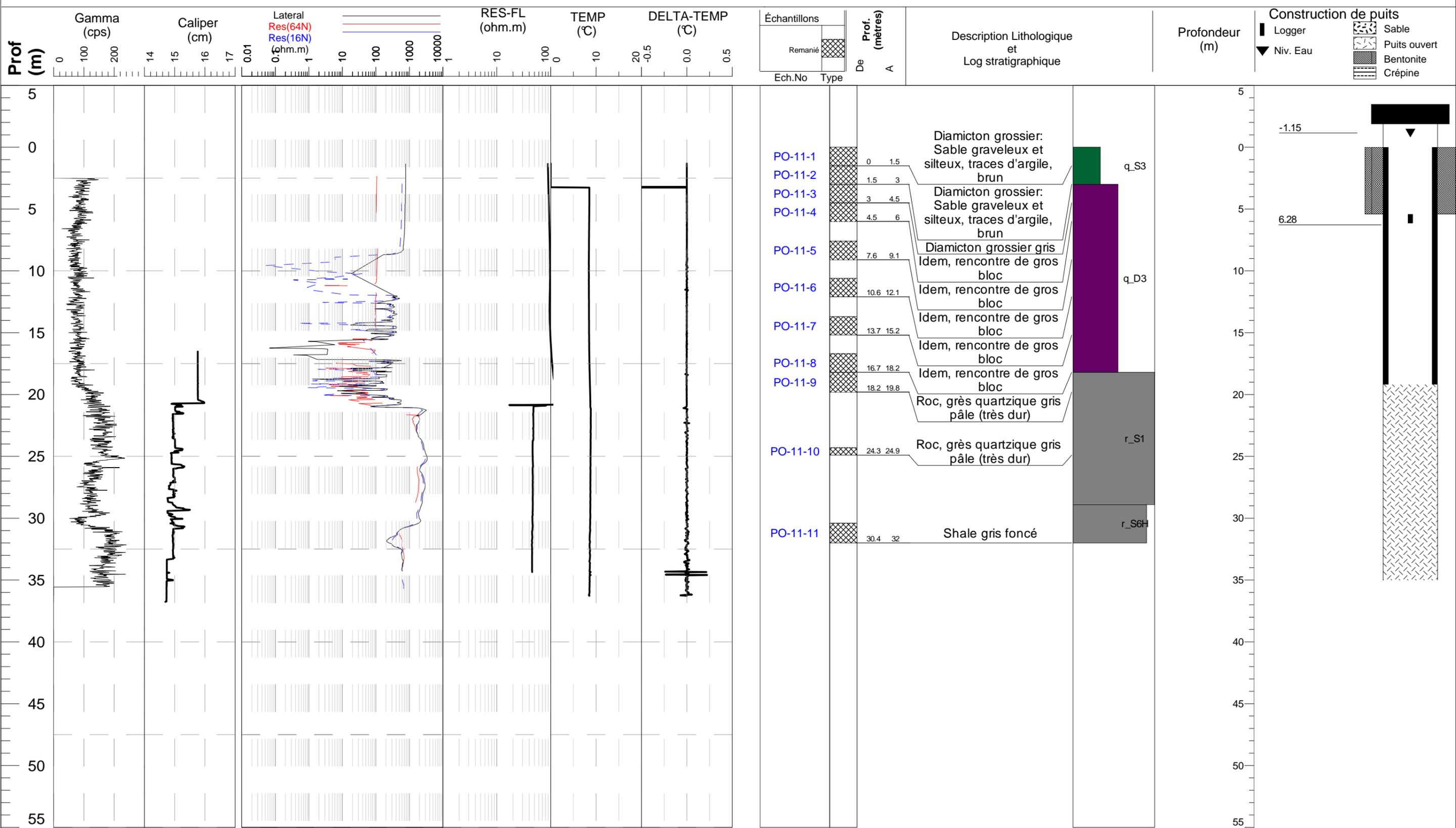
niveau d'au bas et remontée lente (5mm en 50sec)
 Remontée lente du niveau d'eau du puits depuis son forage (en linéaire ça donnerait un taux d'augm. dh/dt = 75 cm/j)



	NForage PO-11	Projet Montréal Est	Coordonnées X: 692958.56 Y: 5031734.63 Z: 159	Info-Forage Prof. forage estimée Date: 11/03/10 (m) 35.052 De: - À -	Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 1.19 Prof. Sondée (m)-Diag 36.8	ID Levelogger 1056673 Niveau d'eau 1 -1.15	ID barologger 1056522 Date de mesure 1 29-11-2010	Prof. d'installation 6.28 Niveau d'eau 2 21.08	Date et heure de départ 02-12-2010 7:00 Date de mesure 2 11/07/10
		Compagnie forage PUITBEC							

Adresse: Camping la Rivière du Passant, 330 Chemin Cyr Saint Joachim de Sheford

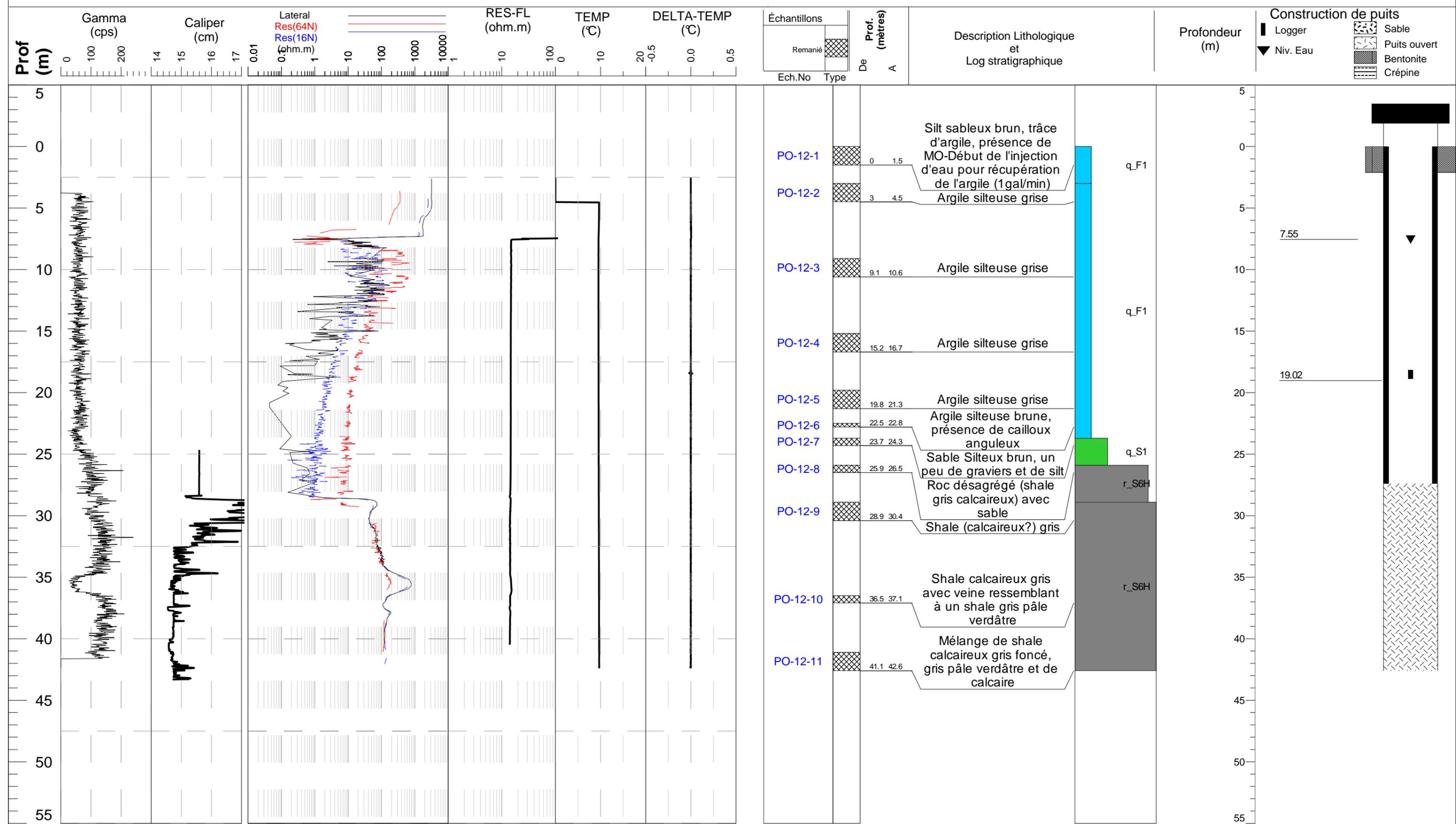
puits coulant gelé en surface sur à peu près 20cm mais qui fourni pas. meme baro que PO-09
 Forage fait récemment (3 nov.) donc le niveau dans le puits n'est pas encore en équilibre avec le milieu ni donc représentatif de celui-ci. Augmentation linéaire du niveau d'env. 3.96 m/j.



	NForage PO-12	Projet Montréal Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: - Y: - Z: 35	Info-Forage Prof. forage estimée Date: 10/06/10 (m) 42.672 De: 7h40 À 13			Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 0.9 Diag Effectuées C,M,ATV,S,FM Prof. Sondée (m)-Diag 43.3 Slug test pseudo et pneumatique			ID Levelogger 1034117	ID barologger 1056501	Prof. d'installation 19.02	Date et heure de départ 30-11-2010 19:00
				Niveau d'eau 1 7.55	Date de mesure 1 30-11-2010	Niveau d'eau 2 7.44	Date de mesure 2 10/18/10						

Adresse: 466, rang du Haut-Corbin Saint Damase

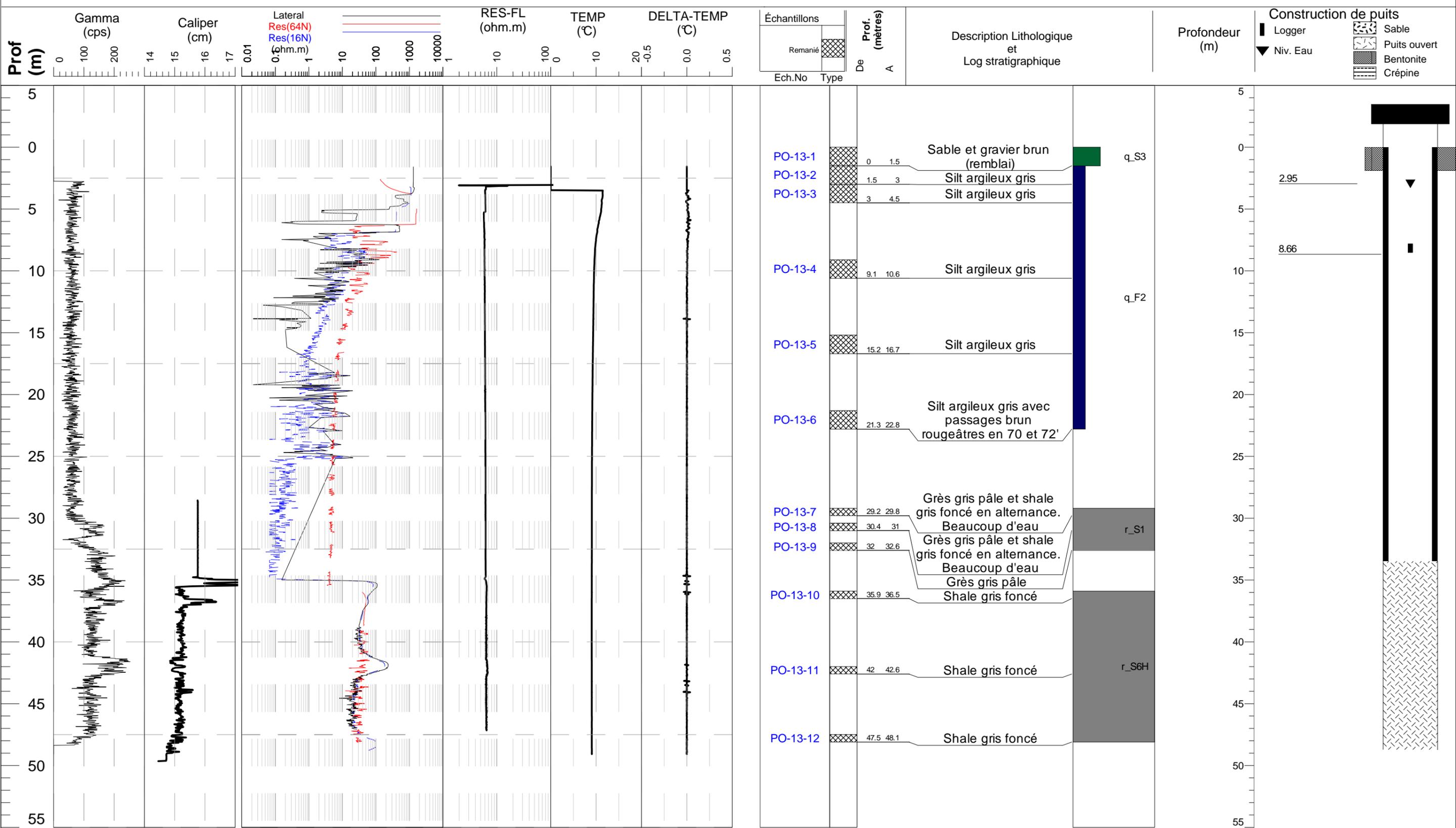
puits a fort debit. Après 20 minutes de pompage a fort debit,rabattement de 60cm.Même baro que PO-19. dist:7km l ^h:70m
 Accès correct, même après une bonne pluie, à condition de garder une certaine distance entre le camion et le forage, entouré de terre molle effectivement.



	NForage PO-13	Projet Montréal Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: 631348.37 Y: 5055267.29 Z: 48		Info-Forage Prof. forage estimée Date: 02 nov. 2010 (m) 48.768 De: 07h À 16h		Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 1.07 Diag Effectuées C,M,ATV,S,FM Prof. Sondée (m)-Diag 49.7 Slug test pneumatique		ID Levelogger 1055132	ID barologger 1056558	Prof. d'installation 8.66	Date et heure de départ 17-11-2010 13:00
			Niveau d'eau 1 2.95	Date de mesure 1 17-11-2010	Niveau d'eau 2 3.025	Date de mesure 2 11/09/10						

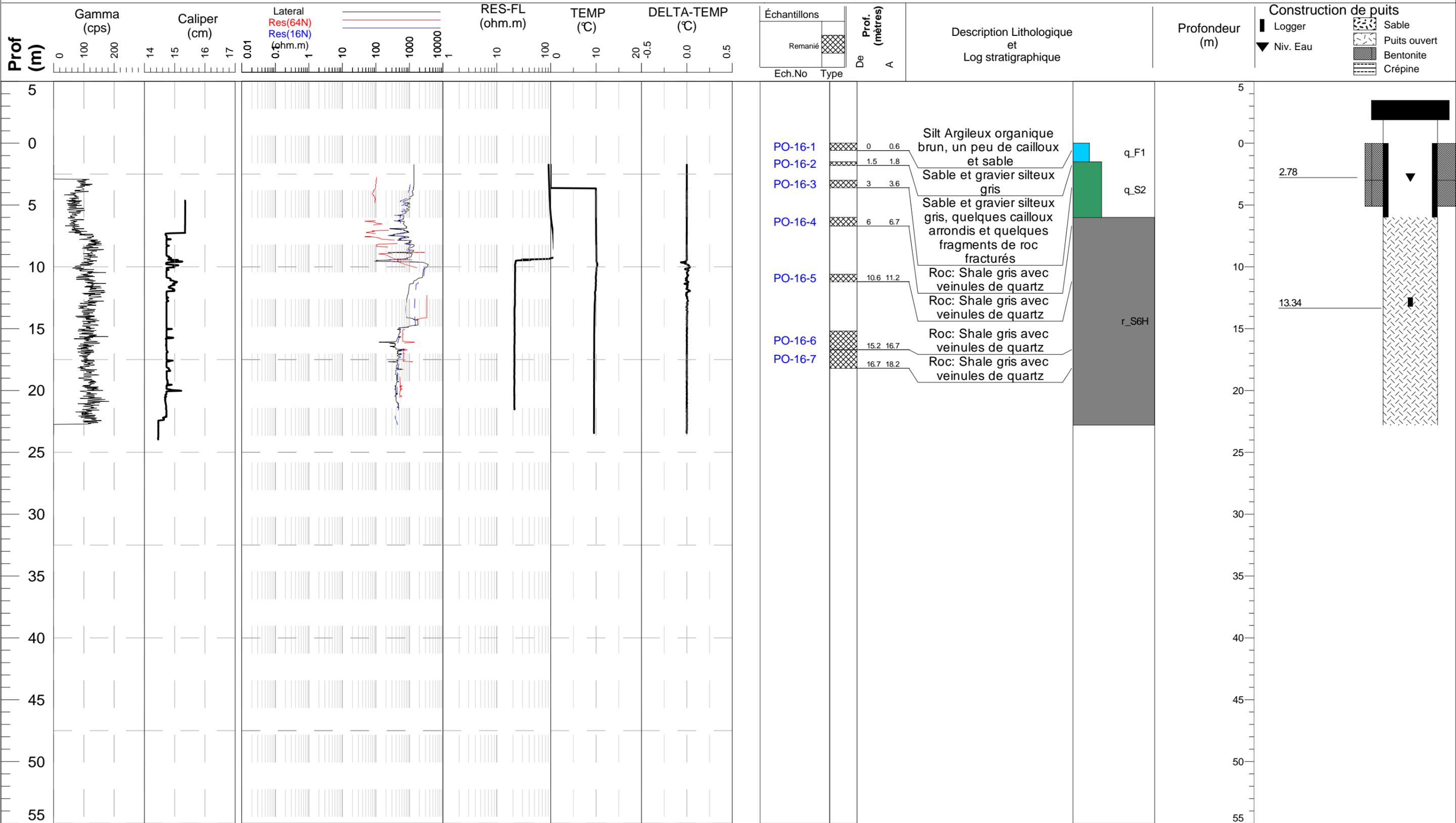
Adresse: 297 rue Principale Saint Amable

Pluie, le puits fourni amplement de l'eau, Après 1h de pompage à 17L/min, rabattement de 7cm-Mesure par rapport à la margelle
 La seule zone productive démontrée par le FM est la limite roche-casing. Réponse hydraulique très rapide.



	NForage PO-16	Projet Montréal Est	Coordonnées X: 662696 Y: 5004695 Z: 85	Info-Forage Prof. forage estimée Date: 10/19/10 (m) 22.86 De: - À -	Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 0.93 Prof. Sondée (m)-Diag 24	Diag Effectuées C,M,ATV,S Slug test pseudo	ID Levelogger 1047237 Niveau d'eau 1 2.78	ID barologger 1046542 Date de mesure 1 08-12-2010	Prof. d'installation 13.34 Niveau d'eau 2 9.73	Date et heure de départ 11-12-2010 7:00 Date de mesure 2 11/04/10
		Compagnie forage PUITBEC	Adresse Chemin Louise, Saint Ignace de Standbridge Saint Ignace de Standbridge							

eau claire, faible remontée. baro du p-10



	NForage PO-20	Projet Monterégie Est Compagnie forage PUITBEC	Coordonnées X: 690294 Y: 5006053 Z: 200		Info-Forage Prof. forage estimée Date: 28 oct. 2010 (m) 53.9496 De: À		Info-Diagraphie Hauteur Tubage (m) 0.81 Prof. Sondée (m)-Diag 54.5 Diag Effectuées C,M,ATV,S Slug test pseudo		ID Levelogger 1048034	ID barologger 1047402	Prof. d'installation 8.5	Date et heure de départ 26-11-2010 1:00
			Niveau d'eau 1 2.08	Date de mesure 1 24-11-2010	Niveau d'eau 2 1.905	Date de mesure 2 11/05/10						

Adresse: 490, chemin Vallée Brome

Fourni un peu. Remonté faible, démarrage dans 2 jours par sécurité
 Surface de l'eau dans le puits a des reflets huileux colorés, étranges, et pas semblables au trouble des eaux du fossé immédiat.

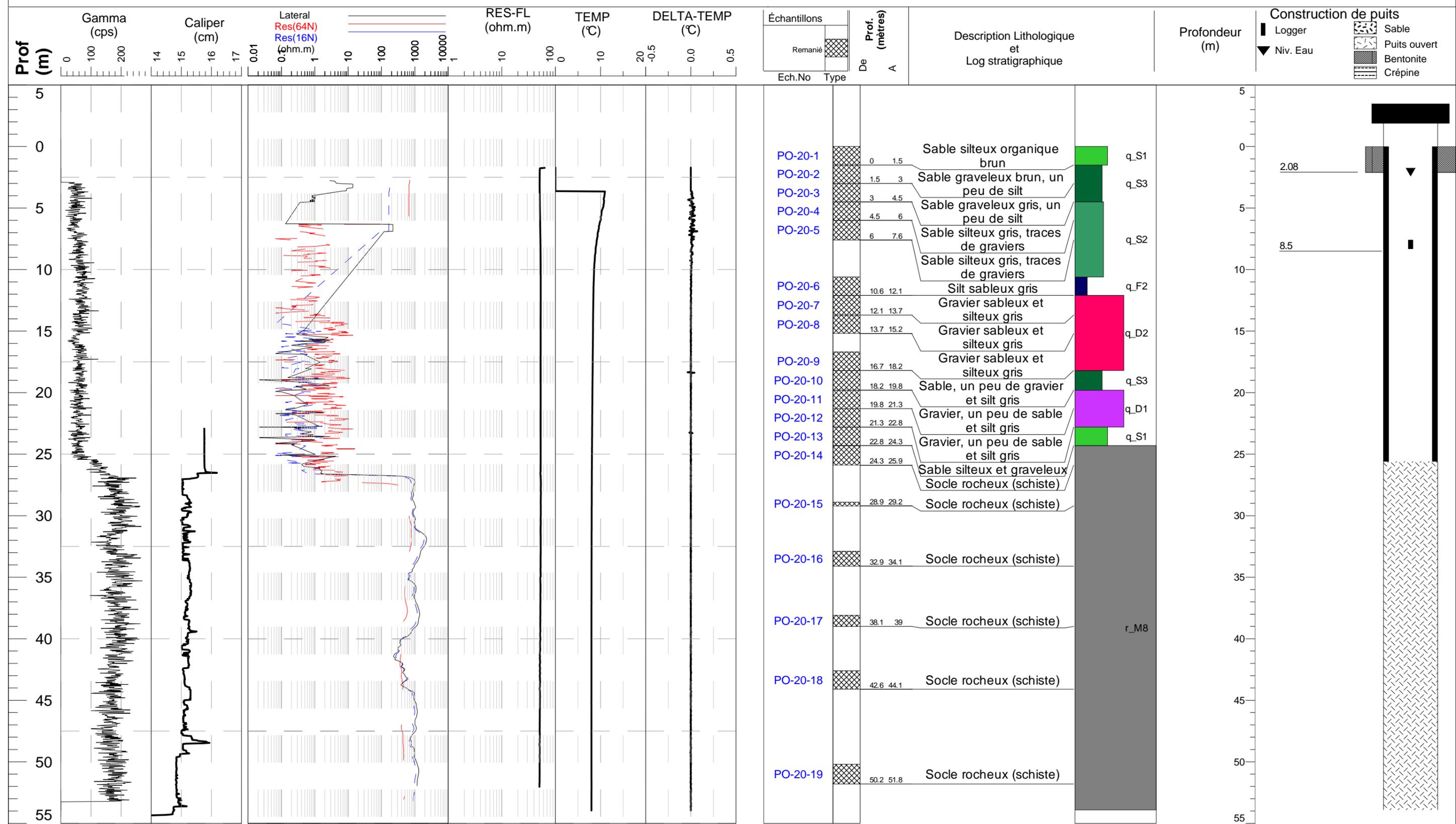


Figure 80

	Id.Forage	Coordonnées	Prof. atteinte (m)	Projet	Date:
	RS-04	X: 668170 Y: 5076451 Z: 36	23.4696	Compagnie forage Boart Longyear Canada	De: 10-11-2010 À:
ID Levelogger 1047632	ID barologger 1047422	Prof. d'installation 14.87	Date et heure de départ 07-12-2010 13:00	Niveau d'eau 4.55	Date de mesure 06-12-2010

Adresse: **4e Rang Saint-Hugues**

Remarques:

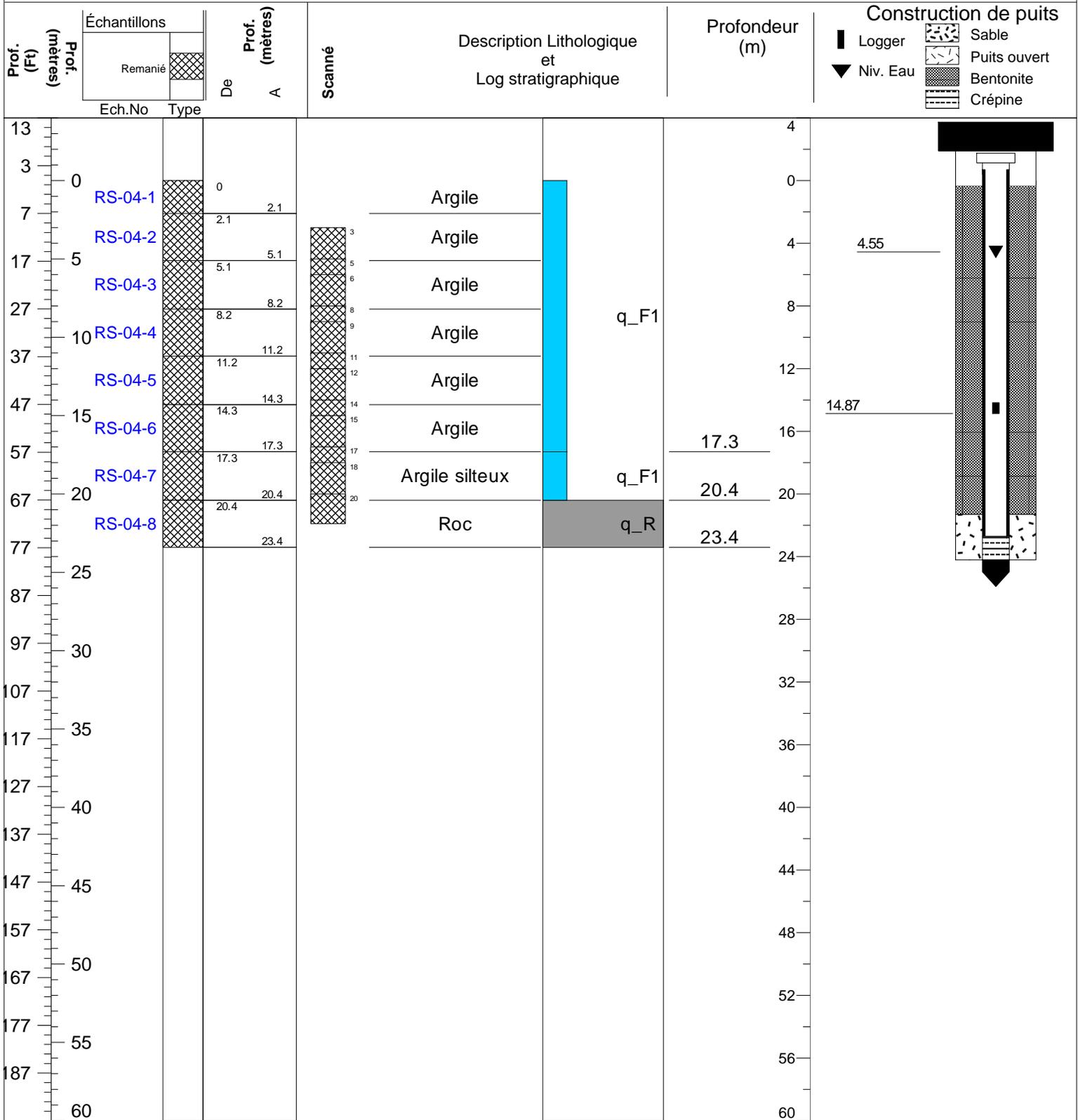


Figure 81

	Id.Forage	Coordonnées	Prof. atteinte (m)	Projet	Date:
	RS-05	X: 650686 Y: 5034101 Z: 52	32.3088	Compagnie forage Boart Longyear Canada	De: 10-11-2010 À:
ID Levelogger 1047632	ID barologger 1047422	Prof. d'installation 14.87	Date et heure de départ 07-12-2010 13:00	Niveau d'eau 4.55	Date de mesure 06-12-2010

Adresse: **76, chemin de Marieville** **Rougemont**

Remarques:

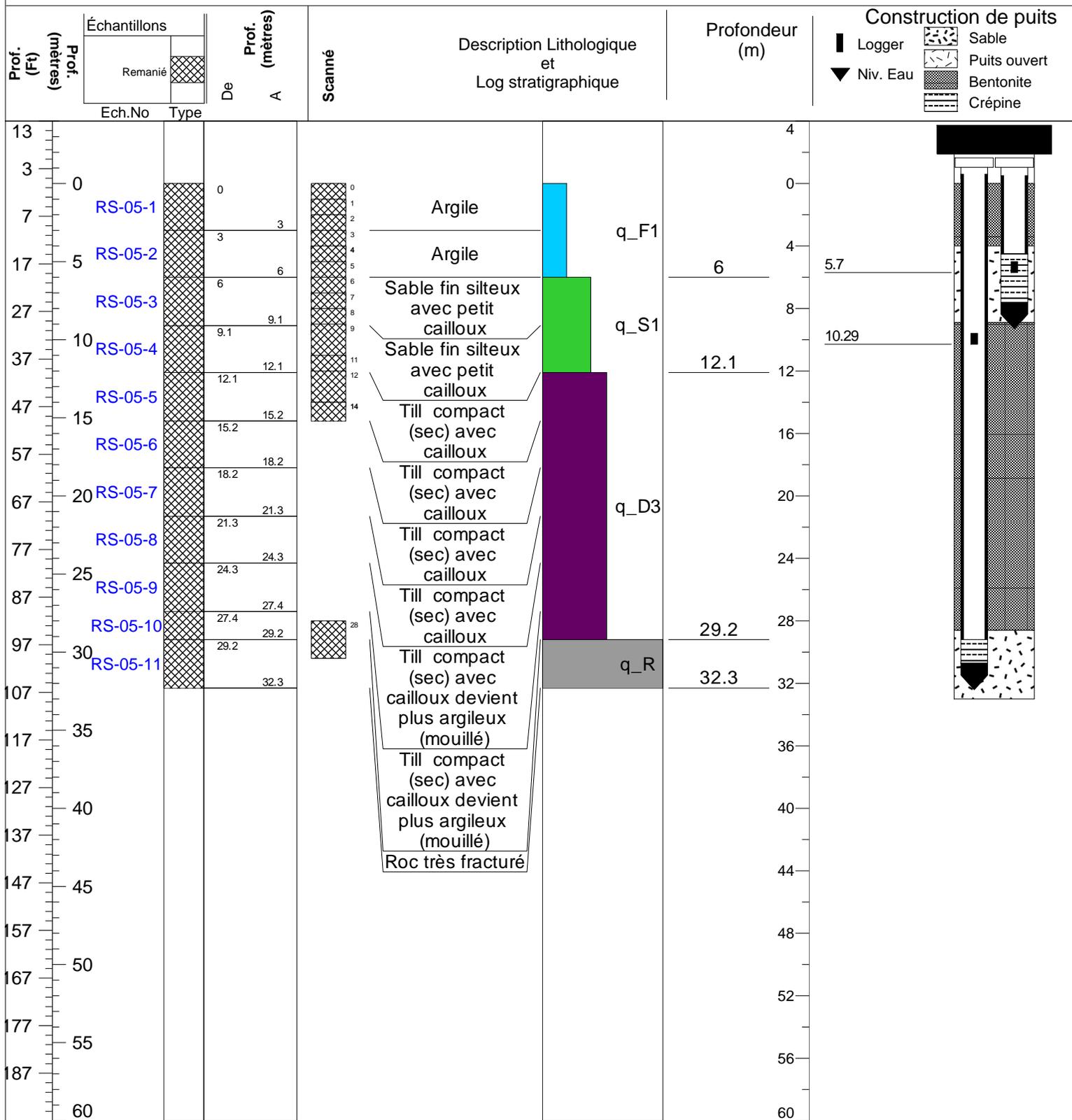
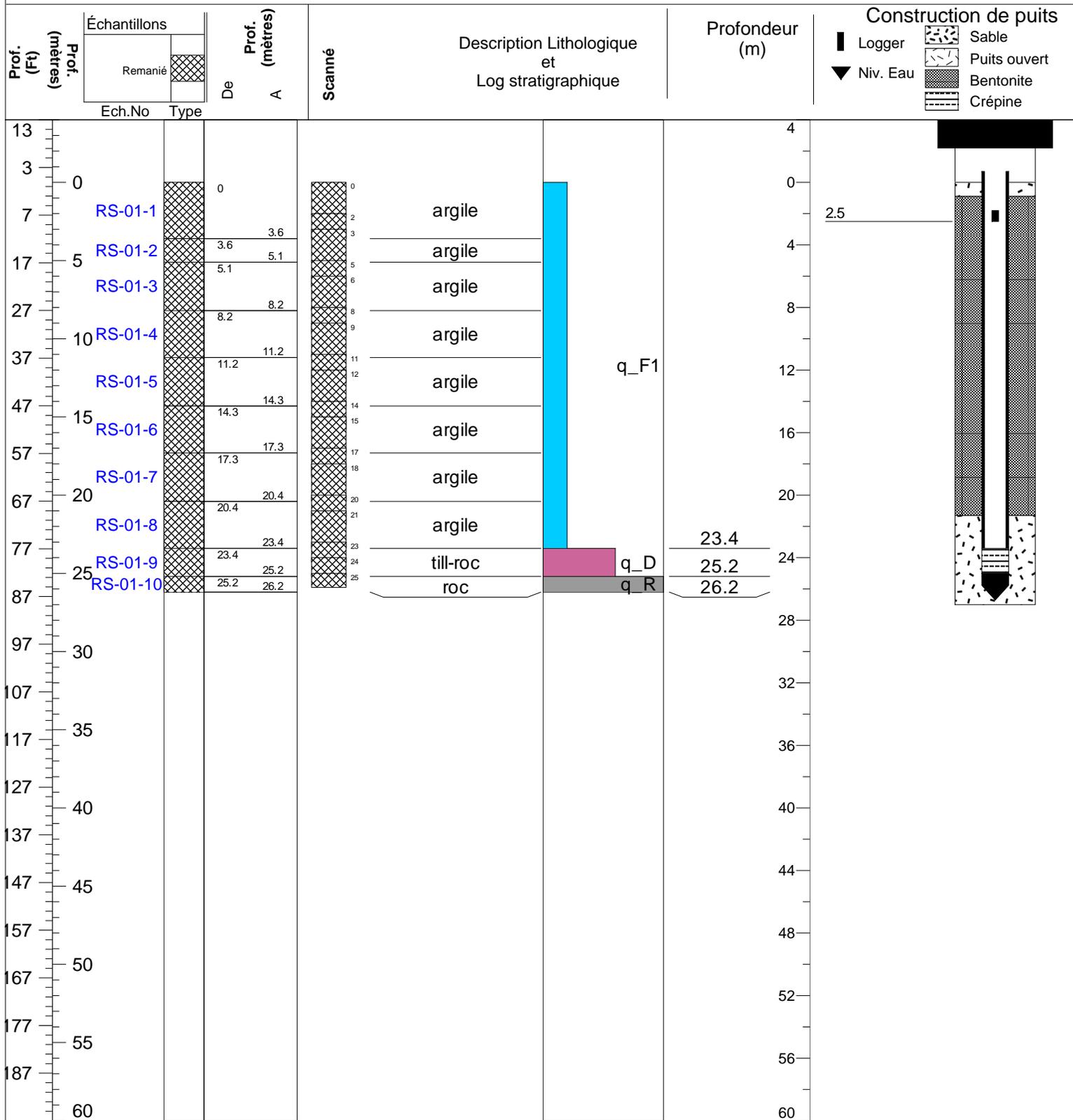


Figure 82

	Id.Forage	Coordonnées	Prof. atteinte (m)	Projet	Date:
	RS-01	X: 647787 Y: 5090376 Z: 18	26.2128	Boart Longyear Canada	De: 15-11-2010 À: 16/11/2010
ID Levelogger	ID barologger	Prof. d'installation	Date et heure de départ	Niveau d'eau	Date de mesure
1047632	1047422	14.87	07-12-2010 13:00	4.55	06-12-2010

Adresse: **263, montée Sainte-Victoire** **Sainte-Victoire-de-Sorel**

Remarques:



Réalisé par: **Nicolas Benoit**

Vérfié par: -

Date de modification:

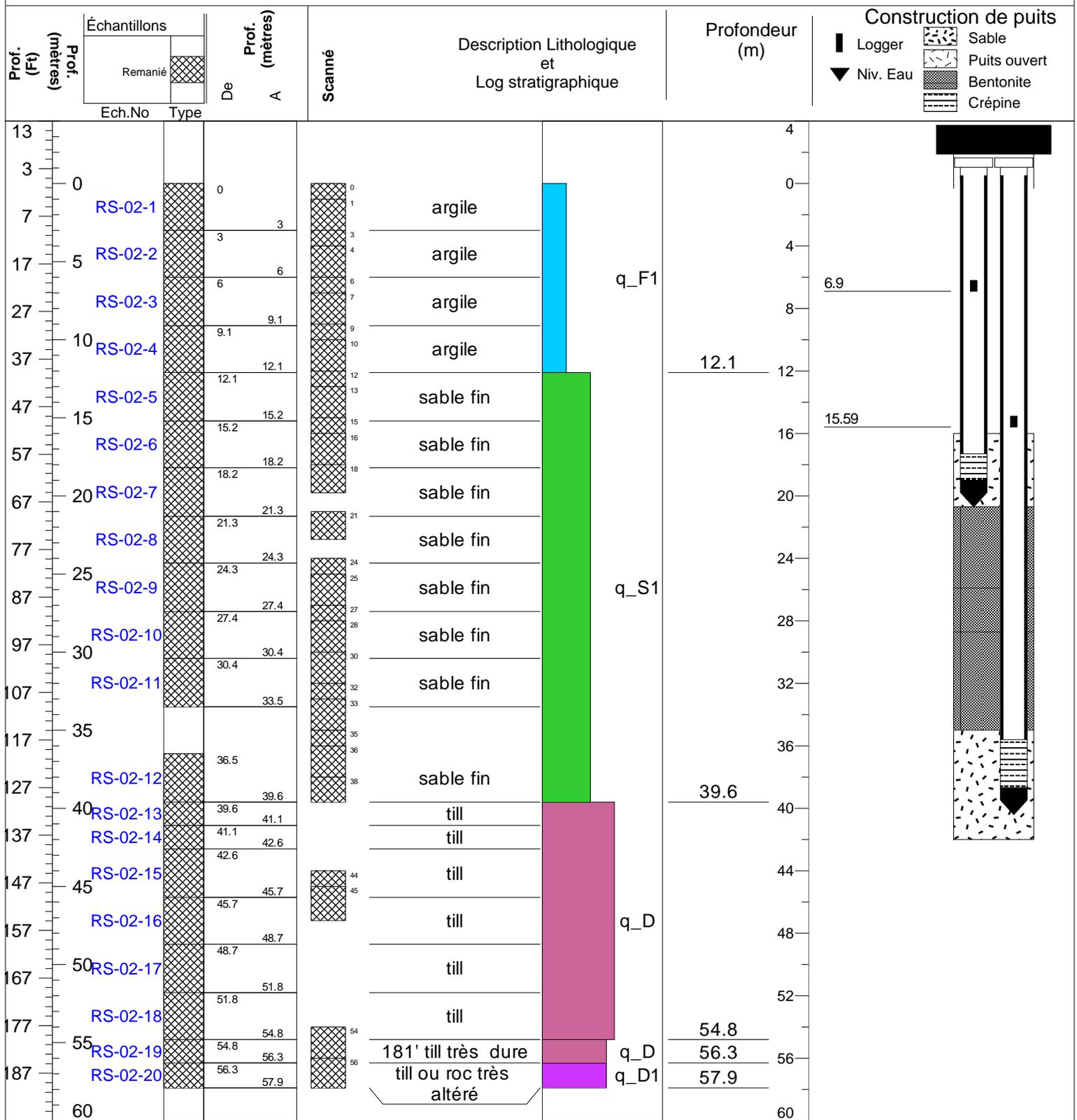
02/22/11

Figure 83

	Id.Forage RS-02	Coordonnées X: 645005 Y: 5057711 Z: 35		Prof. atteinte (m) 57.912	Projet Compagnie forage Boart Longyear Canada	Date: De: 16/11/2010 À: 01/12/2010
		ID Levelogger 1047632	ID barologger 1047422	Prof. d'installation 14.87	Date et heure de départ 07-12-2010 13:00	Niveau d'eau 4.55

Adresse:

Remarques:





Date: Tue 29/Jun/2010 à:
 Projet: MONT-RPSS
 Client: INRS
 Opérateur: JMB XAVIER

Id Forage: CPT-S09D
 Id Fichier: G29U1001C.DAT
 X: 672097 Prof. Forage (m): 6.126
 Y: 5073016 Z(préliminaire): 51

Municipalité: Saint-Hugues
 Description du lieu de forage:
 NUAGEUX, O, APPROX 10M

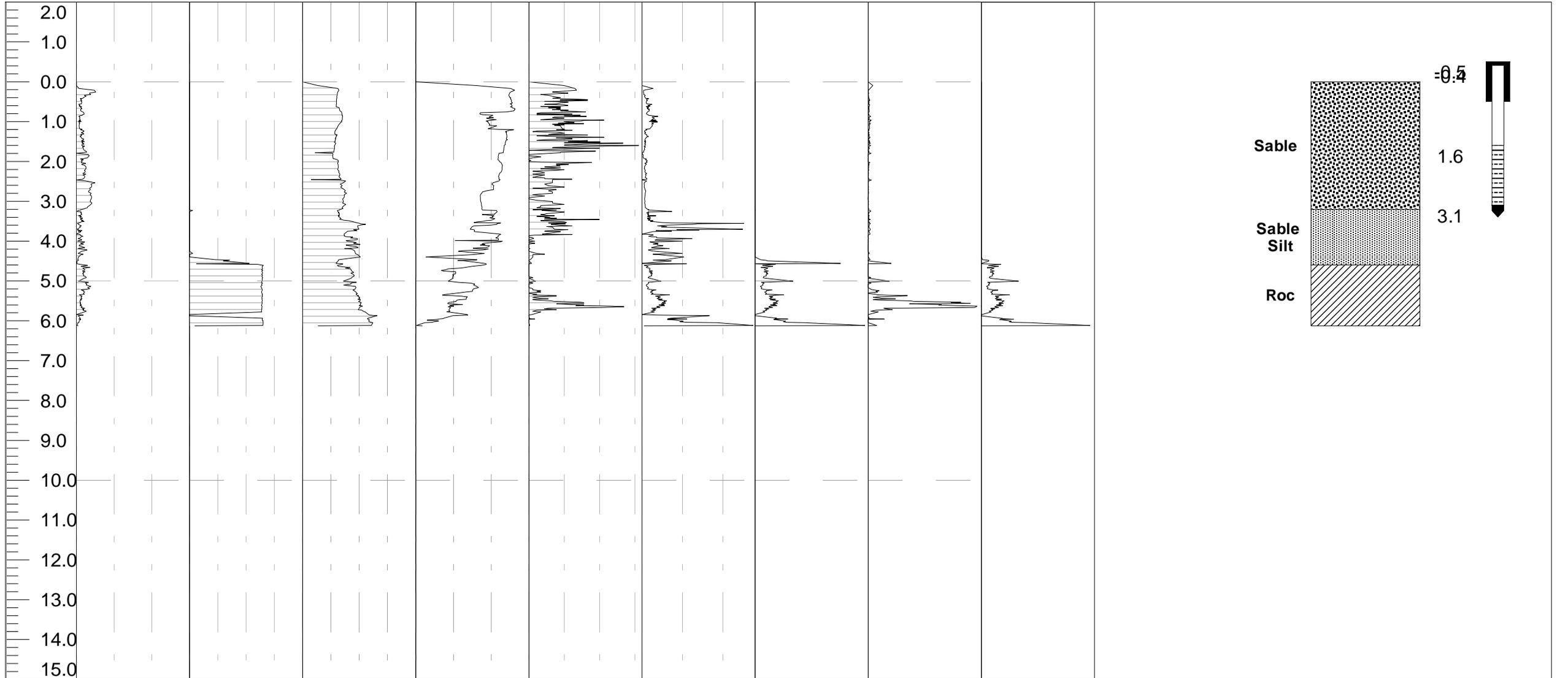
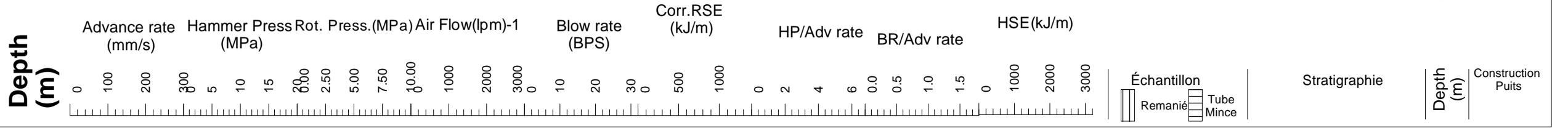
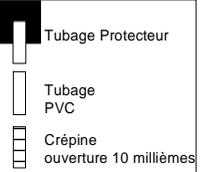
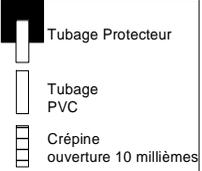
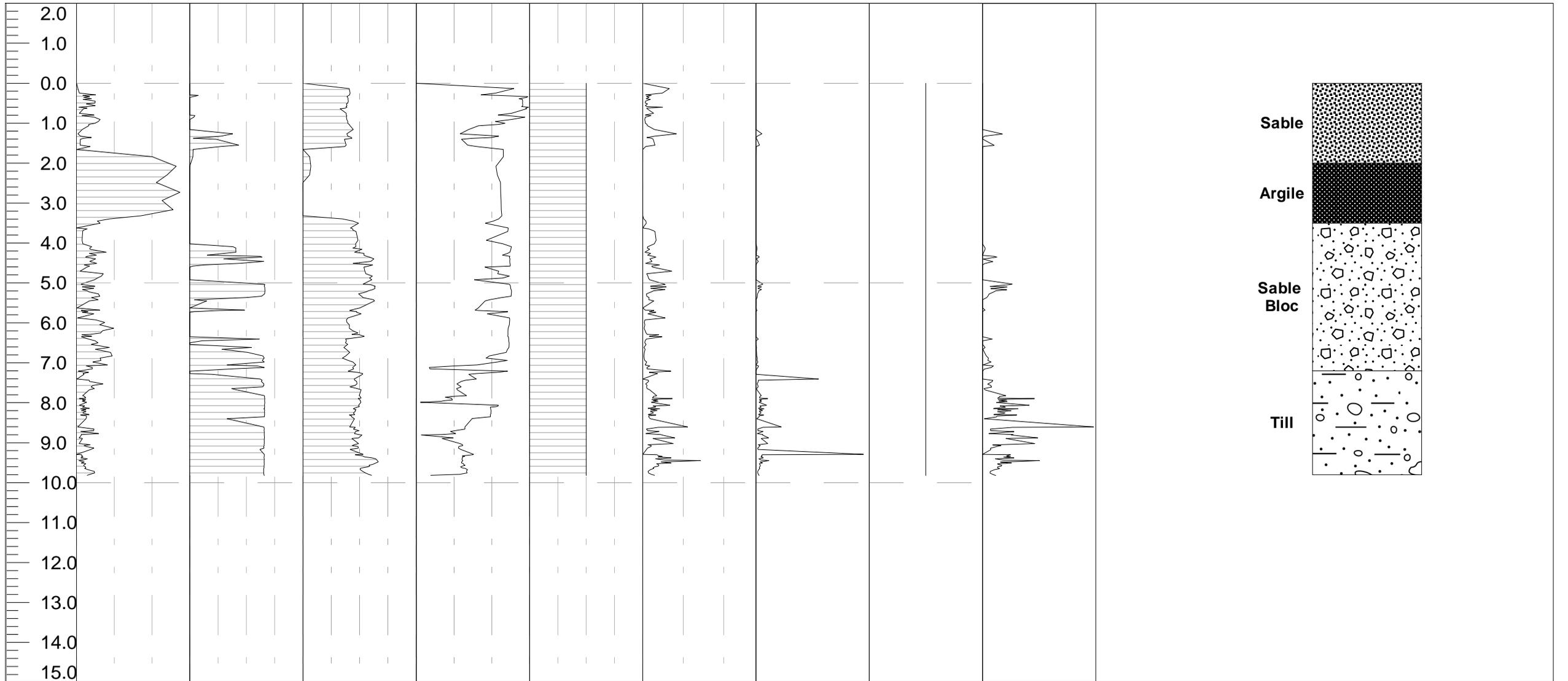


Figure 85

	Date: Wed 11/Aug/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-S12-A Id Fichier: G11G1001C.DAT X: 631440 Prof. Forage (m): 9.816 Y: 5000311 Z(préliminaire): 49	Municipalité: St-Paul-de-l'Île-aux-Noix Description du lieu de forage: SOLEIL, RPSS APRES CPT					
	Advance rate (mm/s) Hammer Press Rot. Press. (MPa) Air Flow (lpm)-1 Blow rate (BPS) Corr.RSE (kJ/m) HP/Adv rate BR/Adv rate HSE (kJ/m)			Stratigraphie				
Depth (m)								Depth (m) Construction Puits



	Date: Thu 05/Aug/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-T02-A Id Fichier: G05G1002C.DAT X: 665748 Prof. Forage (m): 9.43 Y: 5029958 Z(préliminaire): 66	Municipalité: Saint-Paul d'Abbotsford Description du lieu de forage: NUAGEUX, APPROX , RG PAPINEAU, MILIEU COUR BORD DE CHAMPS RPSS ET PUIITS ET ECHANTILLON	
	Advance rate (mm/s) Hammer Press Rot. Press.(MPa) Air Flow(lpm)-1 Blow rate (BPS) Corr.RSE (kJ/m) HP/Adv rate BR/Adv rate HSE(kJ/m)			Échantillon Remanié Tube Mince

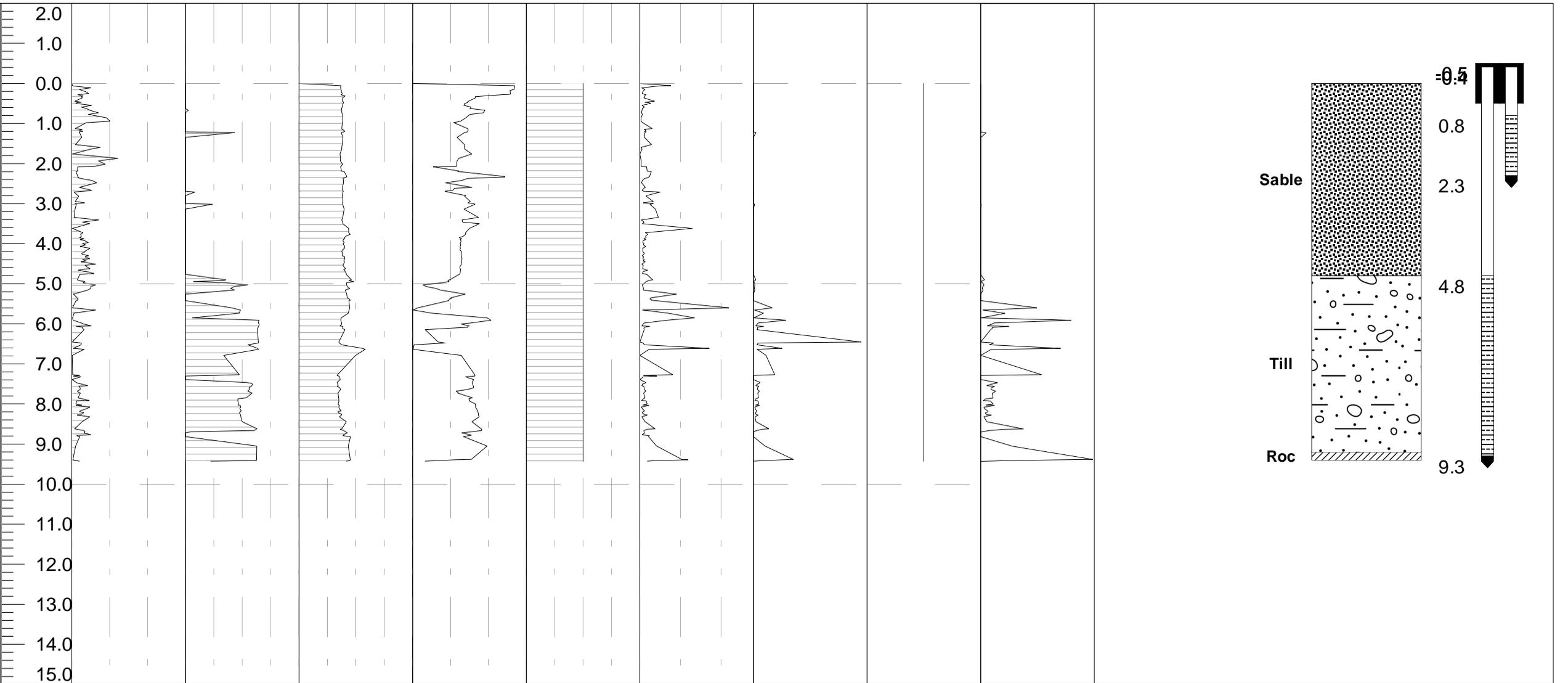
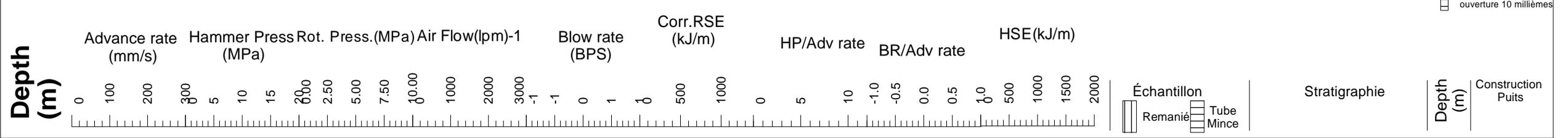
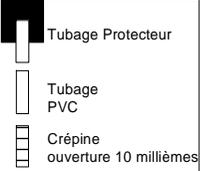
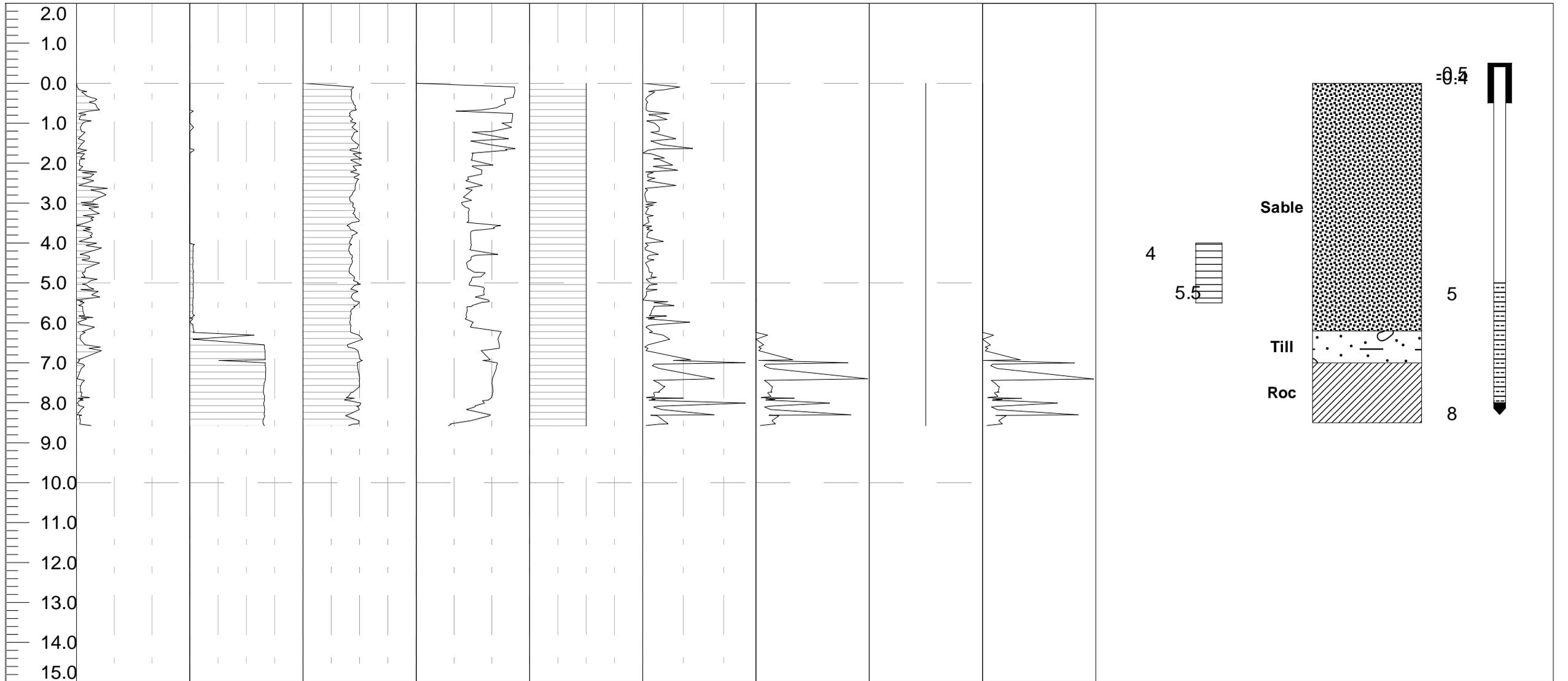


Figure 87

	Date: Thu 05/Aug/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-T06-E Id Fichier: G05G1001C.DAT X: 667591 Prof. Forage (m): 8.569 Y: 5061478 Z(préliminaire): 41	Municipalité: Saint-Simon Description du lieu de forage: NUAGEUX, APPROX , 4 EME RANG, 5M FOND COUR, RPSS ET Puits ET ECHANTILLON		
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> <p>Depth (m)</p> <p>0 100 200 300 400 5 10 15 20.0 2.50 5.00 7.50 10.00 1000 2000 3000</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>Advance rate (mm/s)</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>Hammer Press Rot. Press.(MPa)</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>Air Flow(lpm)-1</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>Blow rate (BPS)</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>Corr.RSE (kJ/m)</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>HP/Adv rate</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>BR/Adv rate</p> </div> <div style="width: 15%;"> <p>HSE(kJ/m)</p> </div> </div>				Stratigraphie





Date: Wed 28/Jul/2010 à:
 Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010
 Client: INRS
 Opérateur: JMB XAVIER

Id Forage: RPSS-T08-A
 Id Fichier: G28L1002C.DAT
 X: 638760 Prof. Forage (m): 6.946
 Y: 5040358 Z(préliminaire): 14

Municipalité: Saint-Mathias-sur-Richelieu

Description du lieu de forage:

SOLEIL, APPROX 100M DE LA ROUTE DERRIERE LE GARAGE ROND

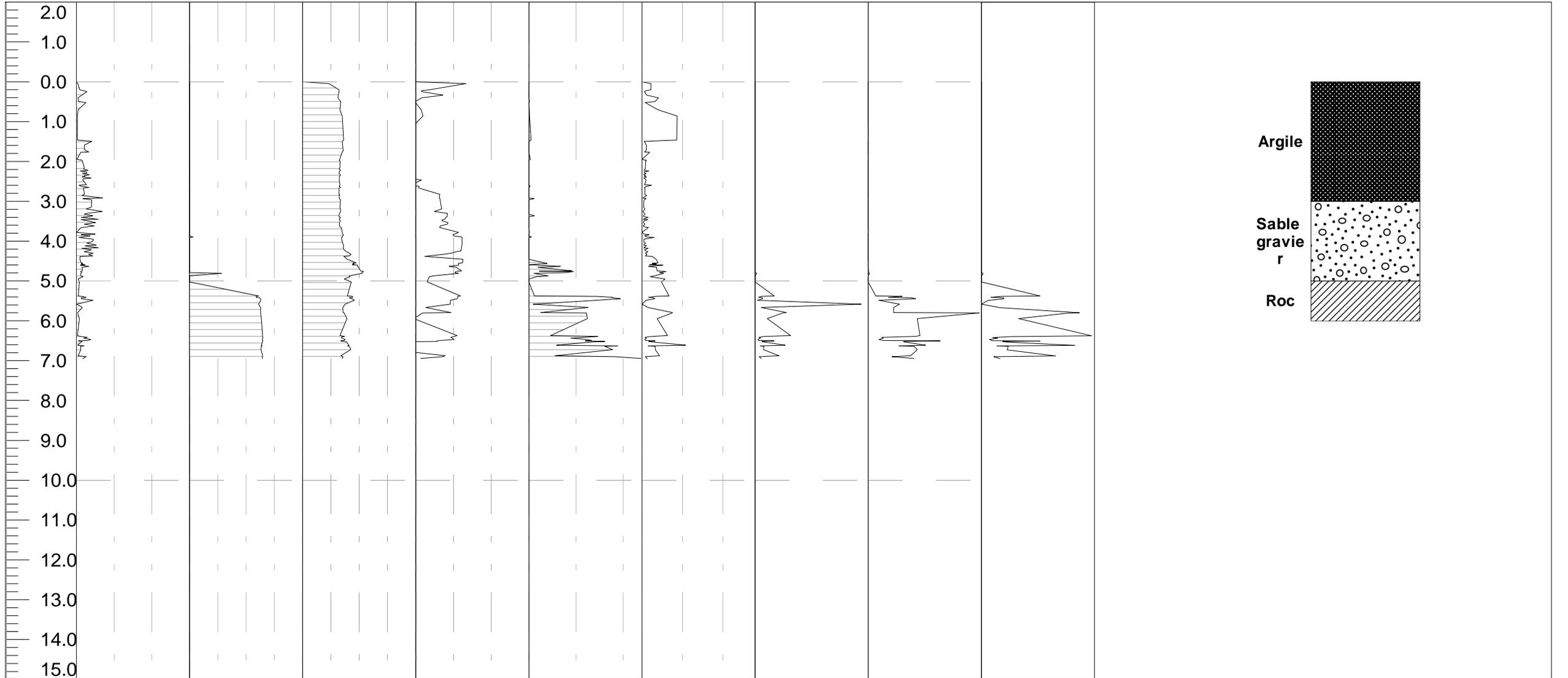
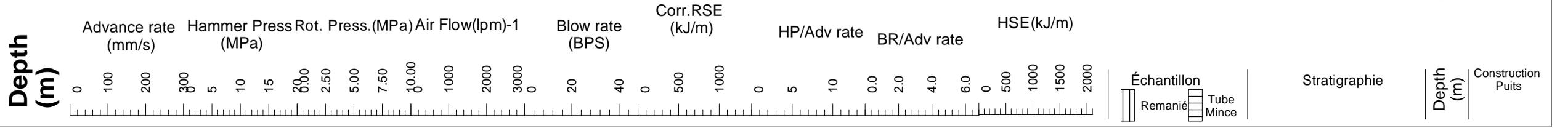
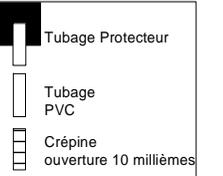
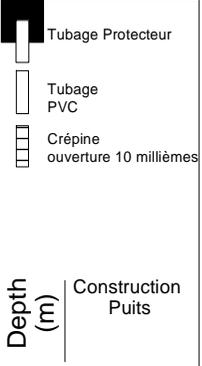
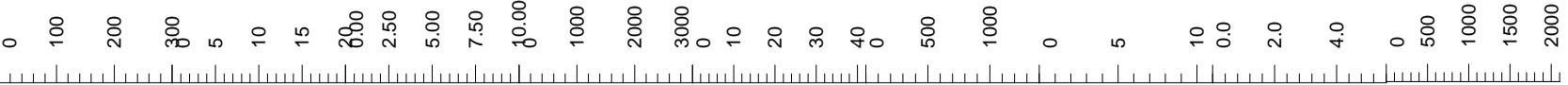


Figure 89

	Date: Wed 28/Jul/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-T08-B Id Fichier: G28L1001C.DAT X: 637784 Prof. Forage (m): 6.141 Y: 5037055 Z(préliminaire): 11	Municipalité: Saint-Mathias-sur-Richelieu Description du lieu de forage: SOLEIL, APPROX 100M DE LA ROUTE EN BAS PASSE LE RUISSEAU						
	Advance rate (mm/s) Hammer Press Rot. Press. (MPa) Air Flow (lpm)-1 Blow rate (BPS) Corr.RSE (kJ/m) HP/Adv rate BR/Adv rate HSE (kJ/m)								
Depth (m)								Stratigraphie	Depth (m) Construction Puits

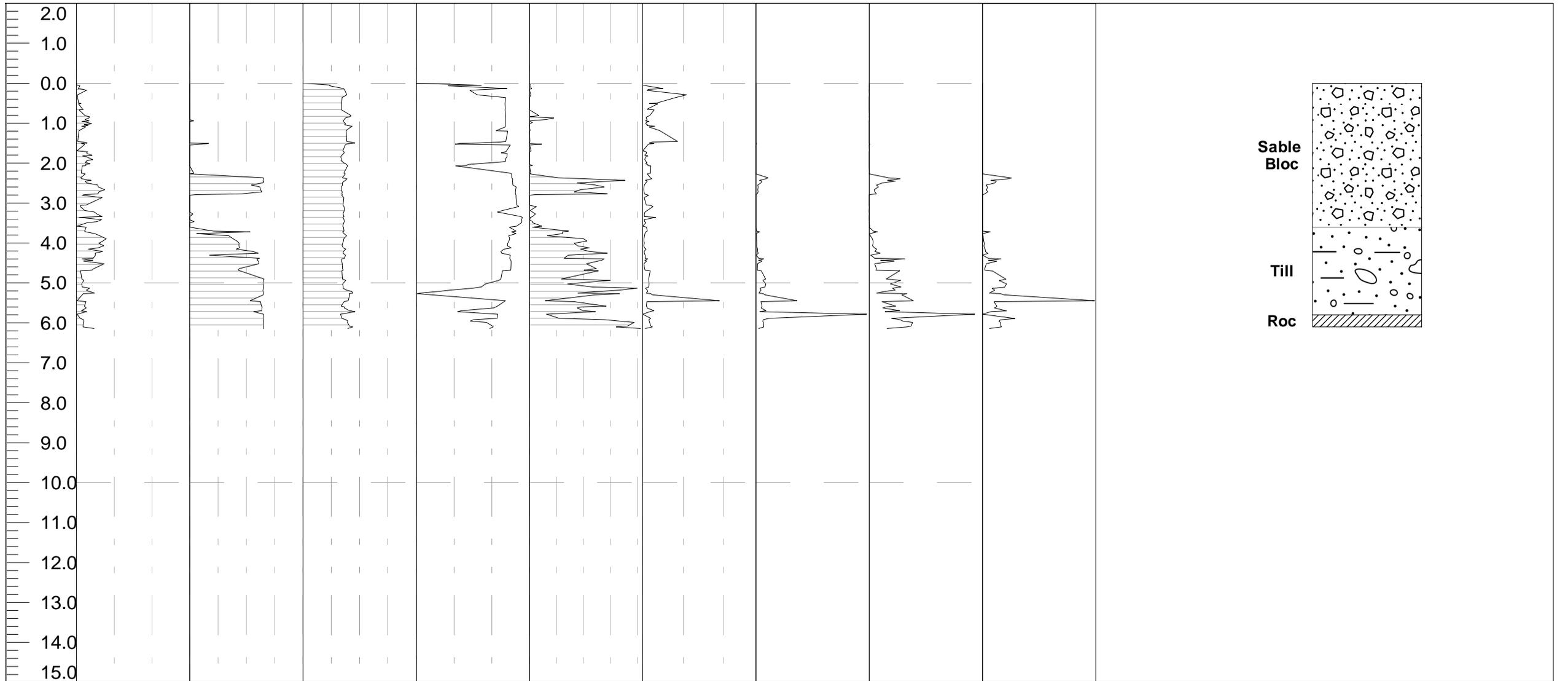
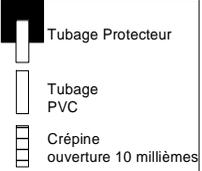


Figure 90

	Date: Tue 20/Jul/2010 à:	Id Forage: RPSS-T09-B	Municipalité: Ange Gardien	
	Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010	Id Fichier: G20L1001C.DAT	Description du lieu de forage: NUAGEUX, O, APPROX 10M 50M DE LA ROUTE COTE GARAGE	
	Client: INRS	X: 668440 Prof. Forage (m): 3.628		
	Opérateur: JMB XAVIER	Y: 5025910 Z(préliminaire): 98		

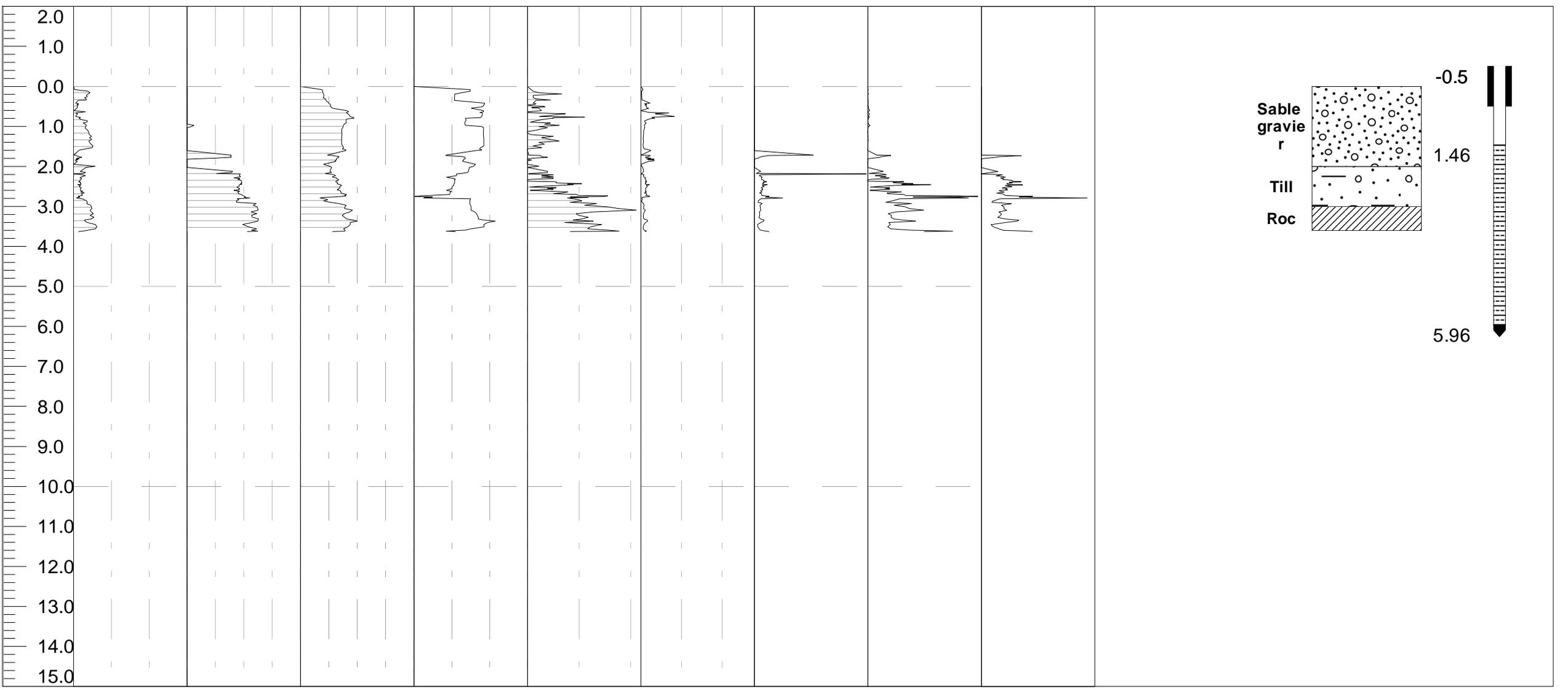
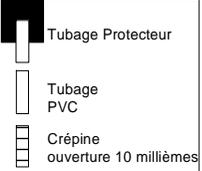


Figure 91

	Date: Thu 29/Jul/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-T12-B Id Fichier: G29L1001C.DAT	Municipalité: Description du lieu de forage: SOLEIL, APPROX 100M COTE NORD DES POULAILLERS, 1M DU CPT	
	X: Prof. Forage (m): 14.617 Y: Z(préliminaire):			

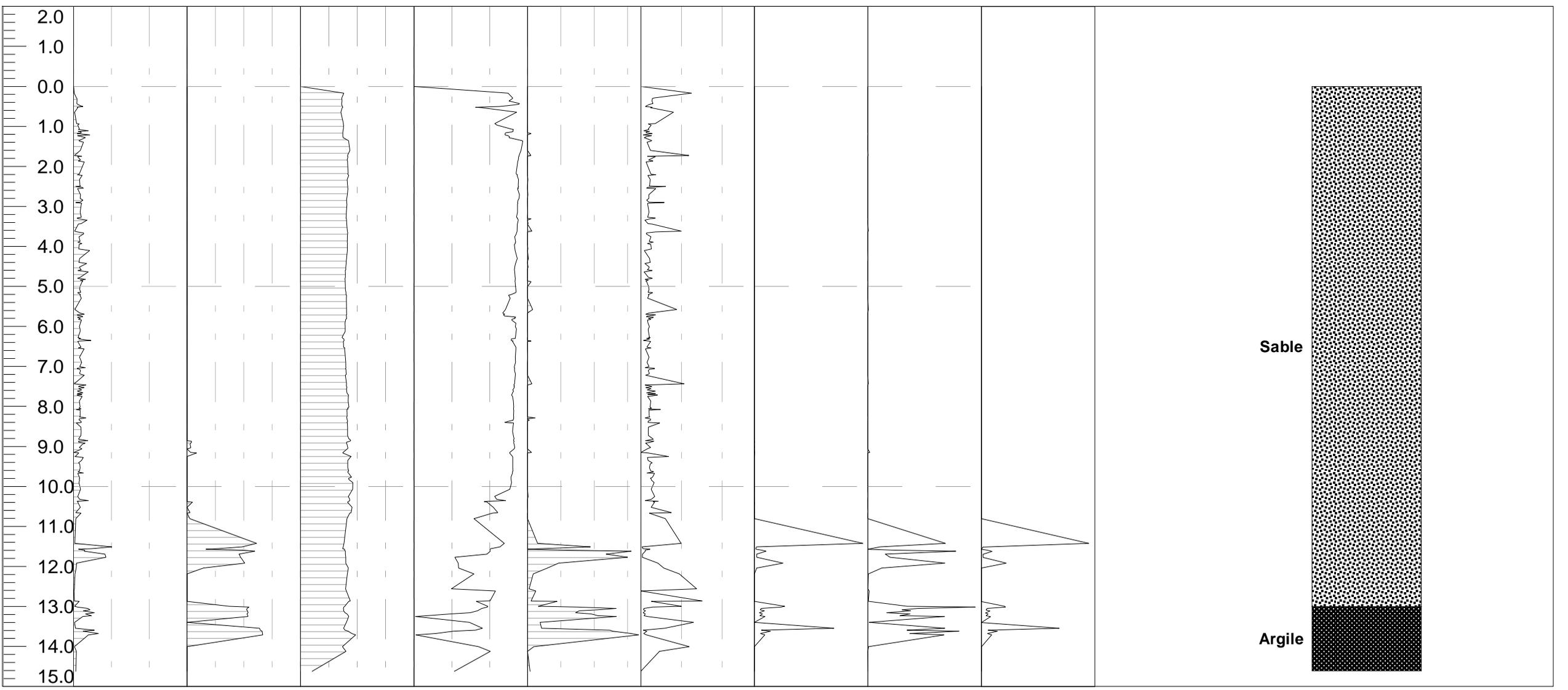


Figure 92

	Date: Tue 27/Jul/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-T13-A Id Fichier: G27L1001C.DAT X: 670368 Prof. Forage (m): 7.537 Y: 5041733 Z(préliminaire): 44	Municipalité: Saint-Cécile de Milton Description du lieu de forage: SOLEIL, APPROX 100M DE LA ROUTE EN BAS PASSE LE RUISSEAU	 Tubage Protecteur  Tubage PVC  Crépine ouverture 10 millèmes																	
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">Advance rate (mm/s)</td> <td style="text-align: center;">Hammer Press Rot. Press. (MPa)</td> <td style="text-align: center;">Air Flow (lpm)-1</td> <td style="text-align: center;">Blow rate (BPS)</td> <td style="text-align: center;">Corr.RSE (kJ/m)</td> <td style="text-align: center;">HP/Adv rate</td> <td style="text-align: center;">BR/Adv rate</td> <td style="text-align: center;">HSE (kJ/m)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0 100 200 300</td> <td style="text-align: center;">5 10 15</td> <td style="text-align: center;">2000 3000</td> <td style="text-align: center;">0 20 40</td> <td style="text-align: center;">0 500 1000</td> <td style="text-align: center;">0 20 40</td> <td style="text-align: center;">0.0 2.0 4.0</td> <td style="text-align: center;">0 500 1000 1500</td> </tr> </table>			Advance rate (mm/s)	Hammer Press Rot. Press. (MPa)	Air Flow (lpm)-1	Blow rate (BPS)	Corr.RSE (kJ/m)	HP/Adv rate	BR/Adv rate	HSE (kJ/m)	0 100 200 300	5 10 15	2000 3000	0 20 40	0 500 1000	0 20 40	0.0 2.0 4.0	0 500 1000 1500	Échantillon  Remanié  Tube Mince	Stratigraphie
Advance rate (mm/s)	Hammer Press Rot. Press. (MPa)	Air Flow (lpm)-1	Blow rate (BPS)	Corr.RSE (kJ/m)	HP/Adv rate	BR/Adv rate	HSE (kJ/m)														
0 100 200 300	5 10 15	2000 3000	0 20 40	0 500 1000	0 20 40	0.0 2.0 4.0	0 500 1000 1500														

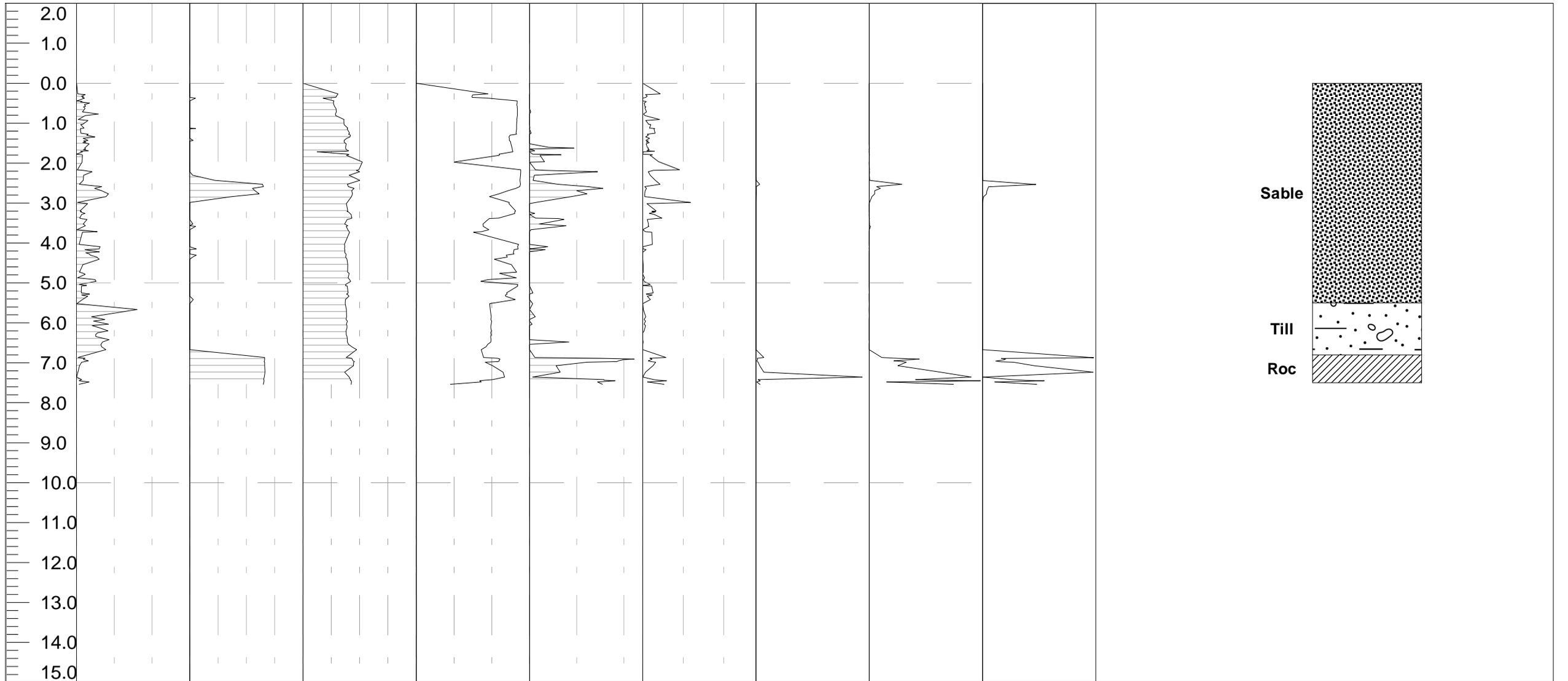
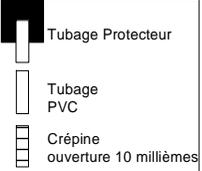


Figure 93

	Date: Mon 02/Aug/2010 à:	Id Forage: RPSS-X01	Municipalité: Pike River	
	Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010	Id Fichier: G02G1002C.DAT	Description du lieu de forage: SOLEIL, APPROX 100M LE LONG DE ST-MARIE, RPSS ET PUIIS	
	Client: INRS	X: 649011 Prof. Forage (m): 7.254		
	Opérateur: JMB XAVIER	Y: 5004778 Z(préliminaire): 50		

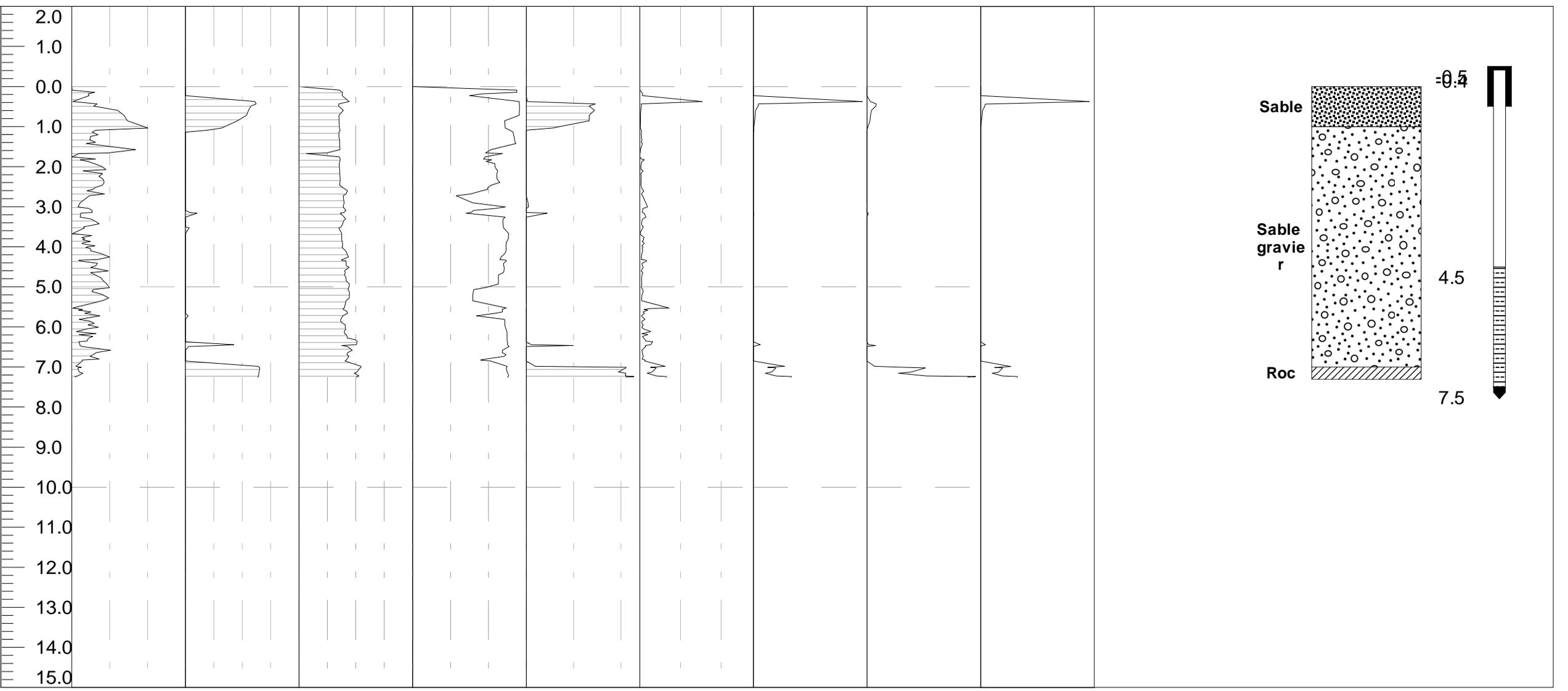
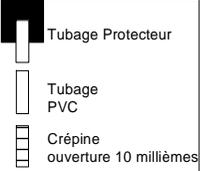
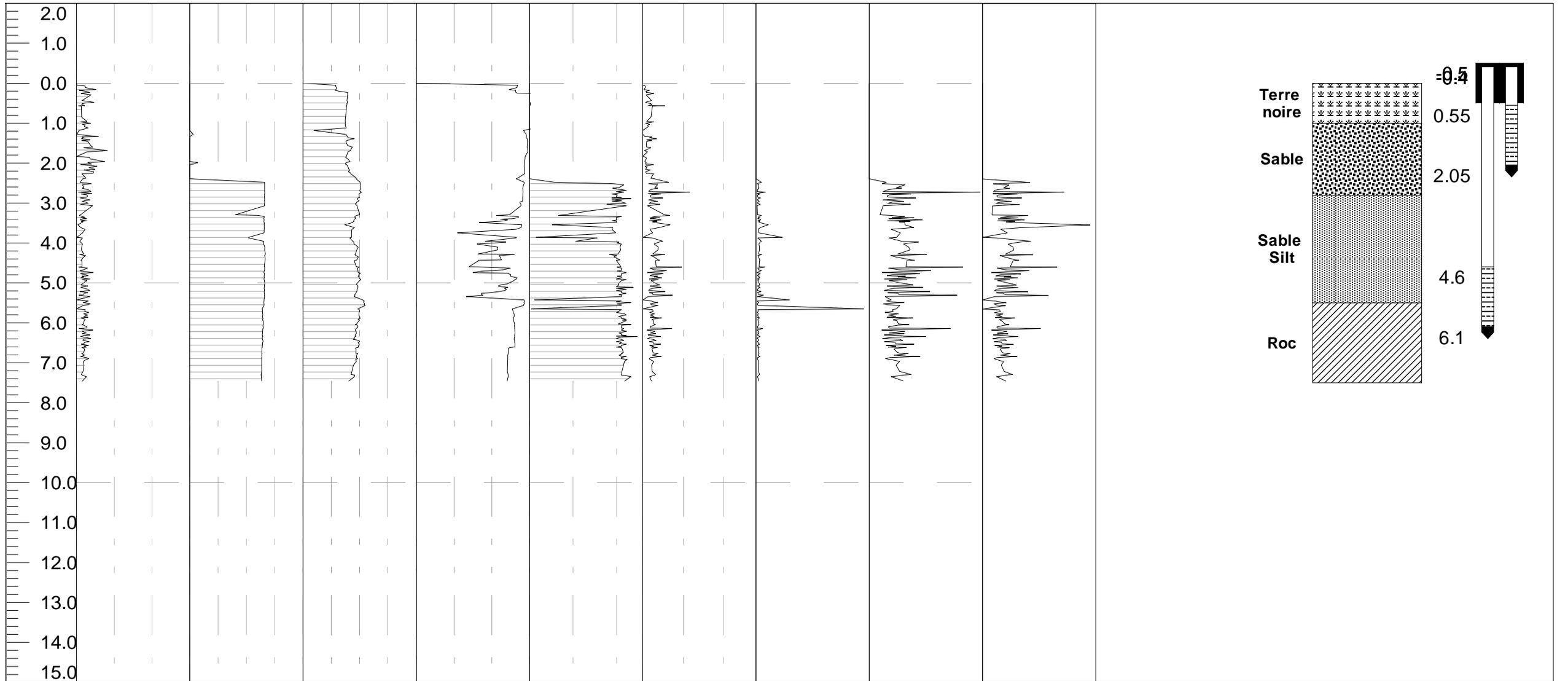
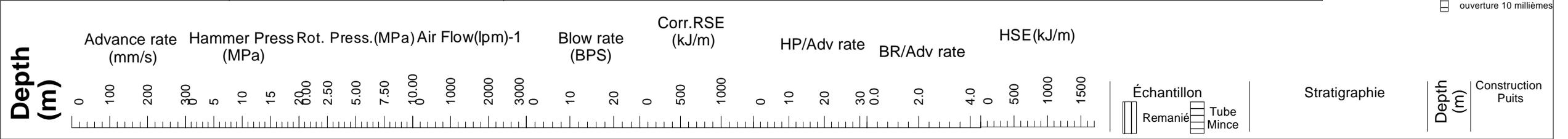


Figure 94

	Date: Mon 02/Aug/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-X02 Id Fichier: G02G1001C.DAT X: 648688 Prof. Forage (m): 7.45 Y: 5002231 Z(préliminaire): 44	Municipalité: St-Sébastien (Paroisse) Description du lieu de forage: SOLEIL, APPROX 20M LE LONG DE ST-MARIE, RPSS ET PUIITS	
	Advance rate (mm/s) Hammer Press Rot. Press. (MPa) Air Flow (lpm)-1 Blow rate (BPS) Corr.RSE (kJ/m) HP/Adv rate BR/Adv rate HSE (kJ/m)			





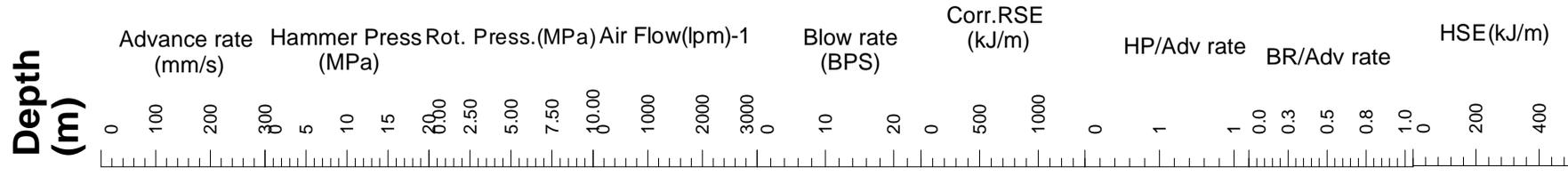
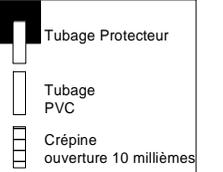
Date: Tue 03/Aug/2010 à:
 Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010
 Client: INRS
 Opérateur: JMB XAVIER

Id Forage: RPSS-X03
 Id Fichier: G03G1002C.DAT
 X: 651657 Prof. Forage (m): 6.301
 Y: 5002213 Z(préliminaire): 41

Municipalité: Notre Dame de Stanbridge

Description du lieu de forage:

NUAGEUX, APPROX 30M LE LONG DE ST-CHARLES, RPSS ET Puits ET ECHANTILLON



Stratigraphie

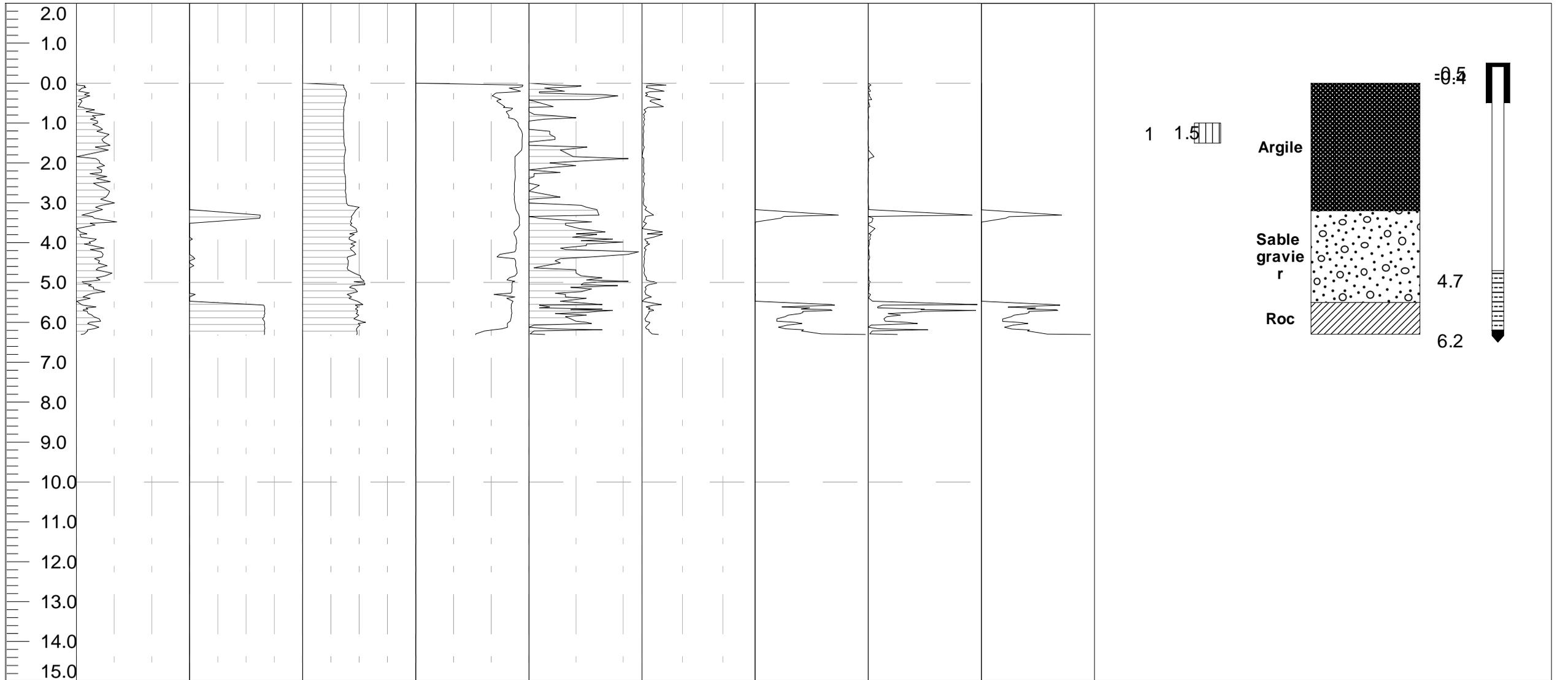
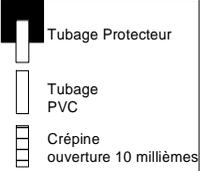


Figure 96

	Date: Tue 03/Aug/2010 à:	Id Forage: RPSS-X04	Municipalité:	
	Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010	Id Fichier: G03G1001C.DAT	Description du lieu de forage:	
Client: INRS	Opérateur: JMB XAVIER	X: 648741 Prof. Forage (m): 5.825	NUAGEUX, APPROX 30M LE LONG DE ST-MARIE, RPSS ET PUIIS	
		Y: 5000892 Z(préliminaire): 42		

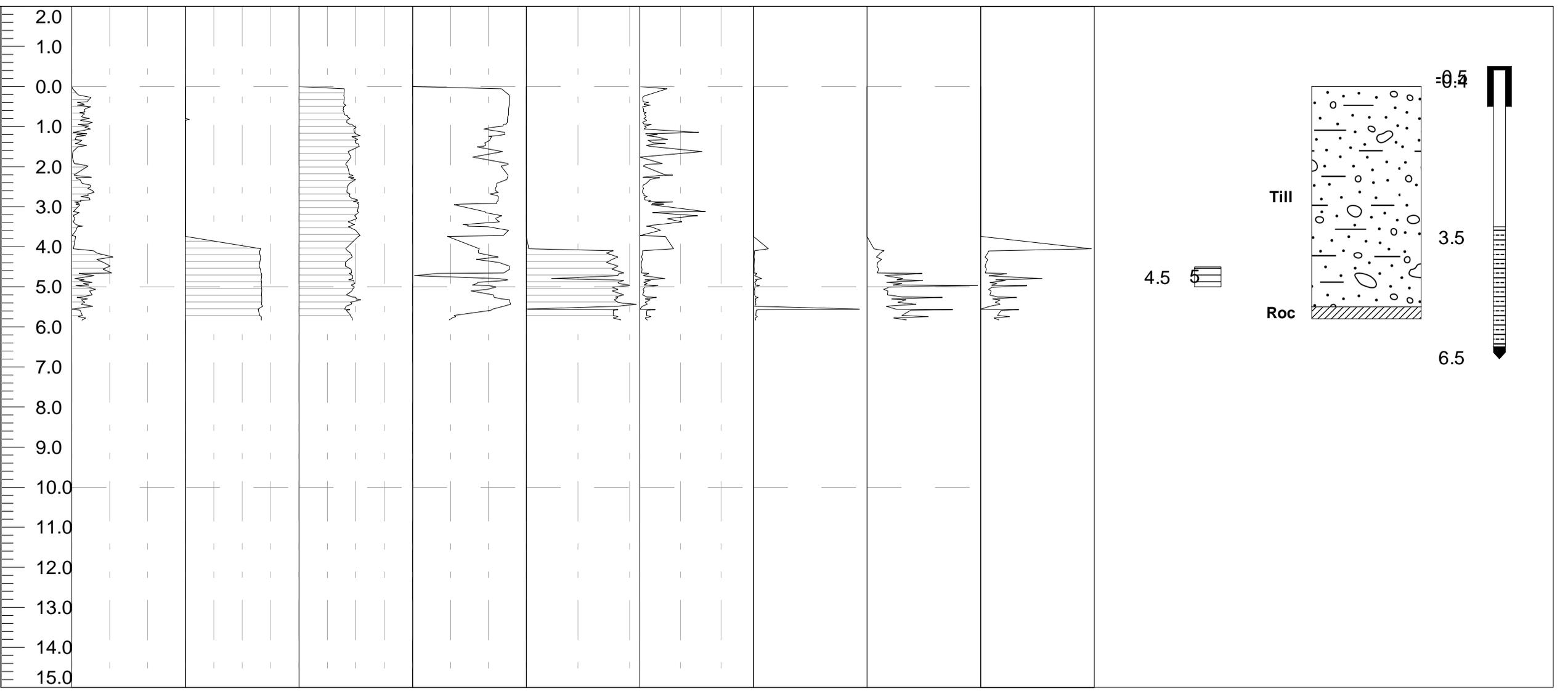
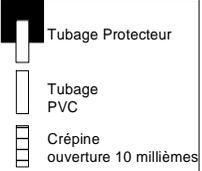


Figure 97

	Date: Wed 04/Aug/2010 à:	Id Forage: RPSS-X05	Municipalité: St-Ignace-de-Stanbridge	
	Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010	Id Fichier: G04G1001C.DAT	Description du lieu de forage: NUAGEUX, APPROX 10M LE LONG DE ST-IGNACE, RPSS ET Puits ET ECHANTILLON	
	Client: INRS	X: 658829 Prof. Forage (m): 5.363		
	Opérateur: JMB XAVIER	Y: 5003909 Z(préliminaire): 64		

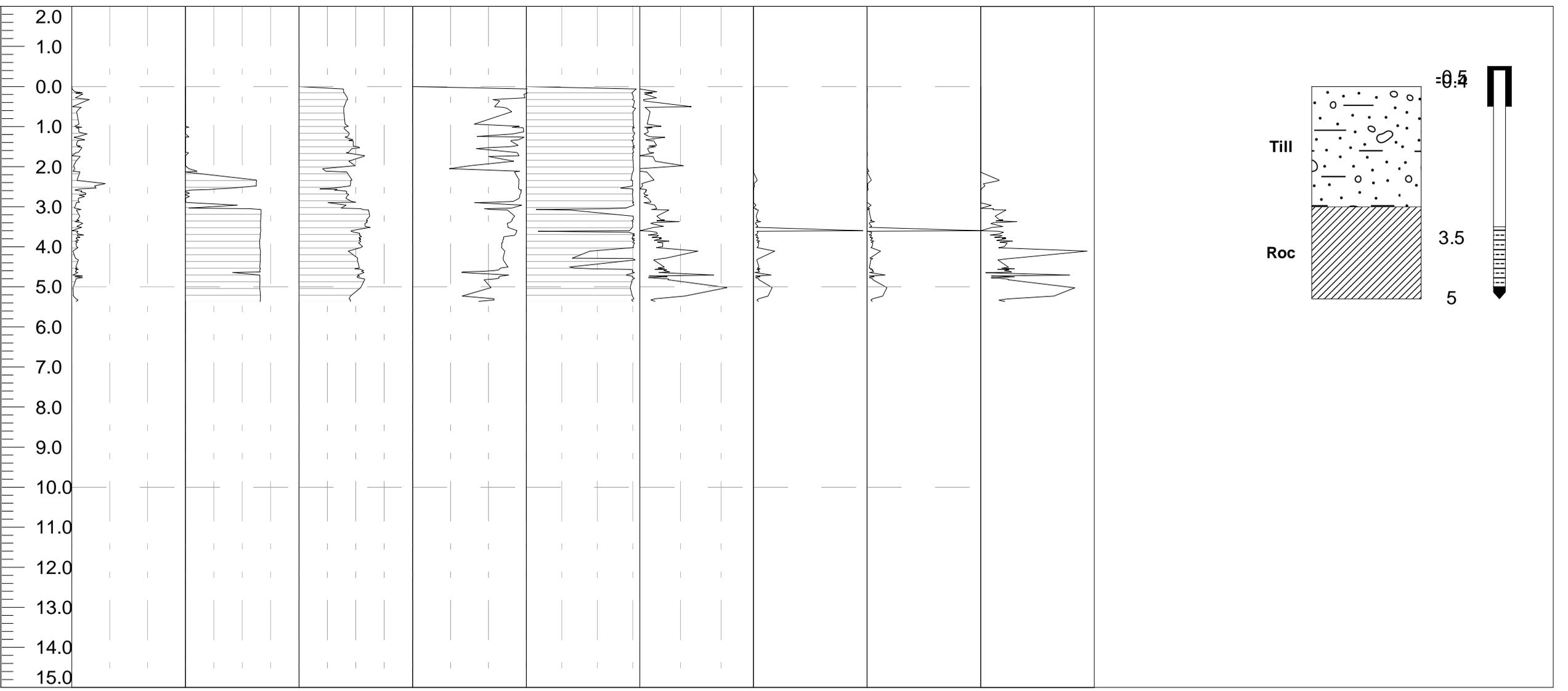


Figure 98

	Date: Tue 03/Aug/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-X06 Id Fichier: G03G1003C.DAT X: 660979 Prof. Forage (m): 4.852 Y: 5004005 Z(préliminaire): 72	Municipalité: St-Ignace-de-Stanbridge Description du lieu de forage: NUAGEUX, APPROX 10M LE LONG DE ST-IGNACE, RPSS ET Puits ET ECHANTILLON	Tubage Protecteur Tubage PVC Crépines ouverture 10 millèmes
	Advance rate (mm/s) Hammer Press Rot. Press. (MPa) Air Flow (lpm)-1 Blow rate (BPS) Corr.RSE (kJ/m) HP/Adv rate BR/Adv rate HSE (kJ/m)			Échantillon Remanié Tube Mince

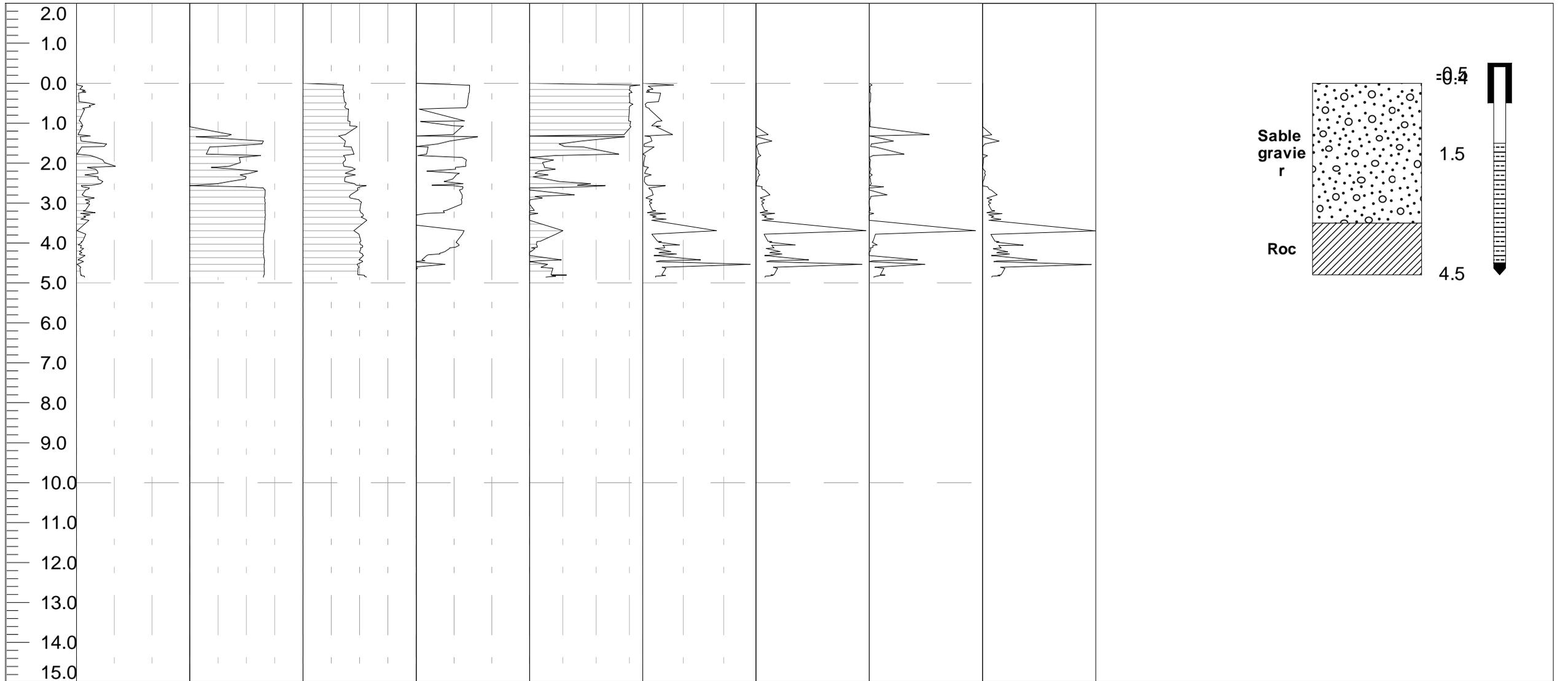
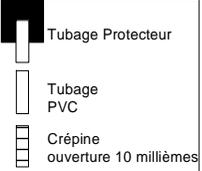


Figure 99

	Date: Wed 04/Aug/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-X07 Id Fichier: G04G1002C.DAT X: 662717 Prof. Forage (m): 5.266 Y: 5004722 Z(préliminaire): 82	Municipalité: St-Ignace-de-Stanbridge Description du lieu de forage: NUAGEUX, APPROX 1000M fond du cul de sac, RPSS ET PUITES ET ECHANTILLON																		
	<table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="width:10%; text-align: center;">Advance rate (mm/s)</td> <td style="width:10%; text-align: center;">Hammer Press Rot. Press.(MPa)</td> <td style="width:10%; text-align: center;">Air Flow(lpm)-1</td> <td style="width:10%; text-align: center;">Blow rate (BPS)</td> <td style="width:10%; text-align: center;">Corr.RSE (kJ/m)</td> <td style="width:10%; text-align: center;">HP/Adv rate</td> <td style="width:10%; text-align: center;">BR/Adv rate</td> <td style="width:10%; text-align: center;">HSE(kJ/m)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0 100 200 300</td> <td style="text-align: center;">5 10 15</td> <td style="text-align: center;">2000 2500 5000 7.50 10.00</td> <td style="text-align: center;">0 10 20 30</td> <td style="text-align: center;">0 500 1000</td> <td style="text-align: center;">0 1 1 2</td> <td style="text-align: center;">0.0 1.0 2.0 3.0</td> <td style="text-align: center;">0 250 500 750</td> </tr> </table>			Advance rate (mm/s)	Hammer Press Rot. Press.(MPa)	Air Flow(lpm)-1	Blow rate (BPS)	Corr.RSE (kJ/m)	HP/Adv rate	BR/Adv rate	HSE(kJ/m)	0 100 200 300	5 10 15	2000 2500 5000 7.50 10.00	0 10 20 30	0 500 1000	0 1 1 2	0.0 1.0 2.0 3.0	0 250 500 750	<table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="width:50%;"> Échantillon  </td> <td style="width:50%; text-align: center;"> Stratigraphie </td> </tr> </table>	Échantillon 
Advance rate (mm/s)	Hammer Press Rot. Press.(MPa)	Air Flow(lpm)-1	Blow rate (BPS)	Corr.RSE (kJ/m)	HP/Adv rate	BR/Adv rate	HSE(kJ/m)														
0 100 200 300	5 10 15	2000 2500 5000 7.50 10.00	0 10 20 30	0 500 1000	0 1 1 2	0.0 1.0 2.0 3.0	0 250 500 750														
Échantillon 	Stratigraphie																				

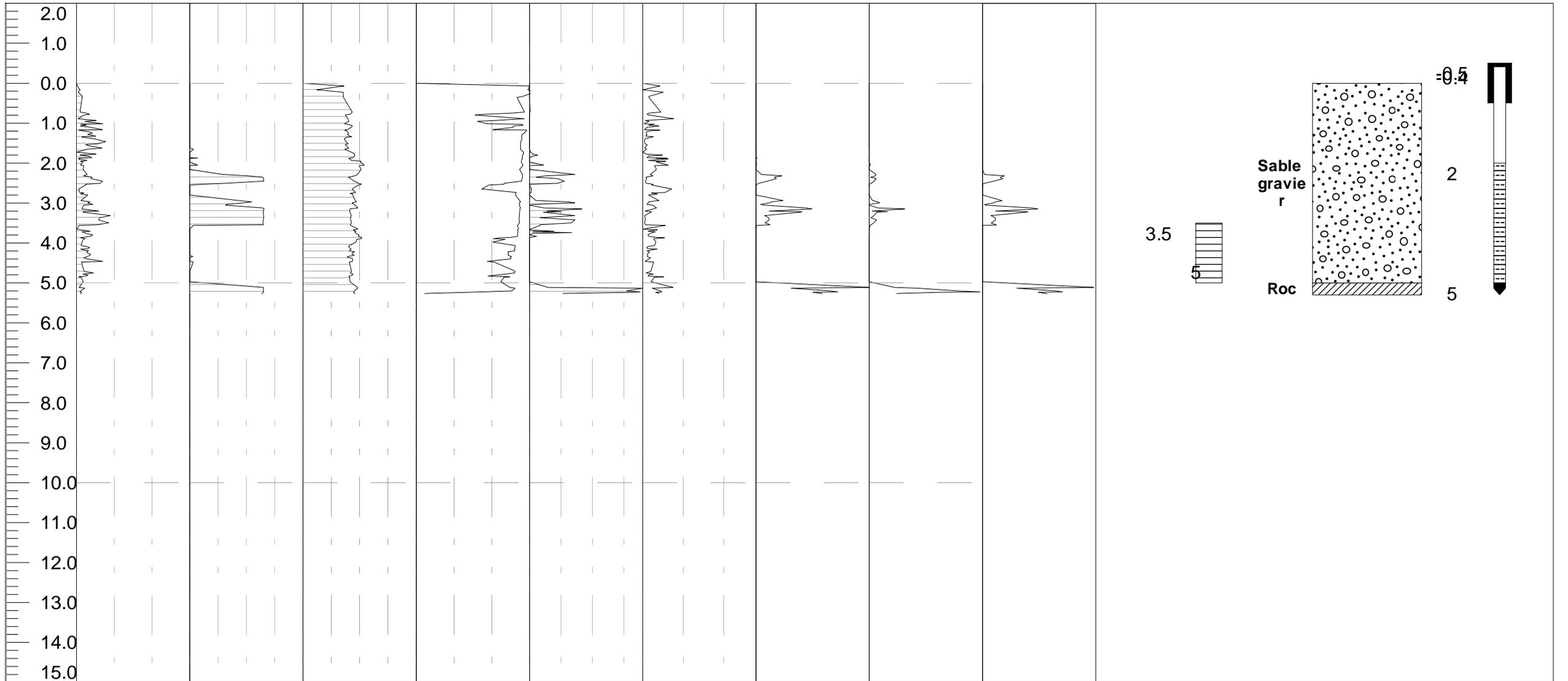
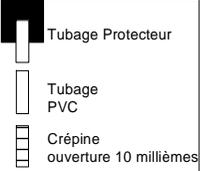


Figure 100

	Date: Wed 04/Aug/2010 à:	Id Forage: RPSS-X08	Municipalité: St-Ignace-de-Stanbridge	
	Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010	Id Fichier: G04G1003C.DAT	Description du lieu de forage: NUAGEUX, APPROX 2IEME RG NORD 1000M fond du CHAMPS RPSS ET PUIES ET ECHANTILLON	
Client: INRS	Opérateur: JMB XAVIER	X: 664470 Prof. Forage (m): 3.601		
		Y: 5005152 Z(préliminaire): 96		

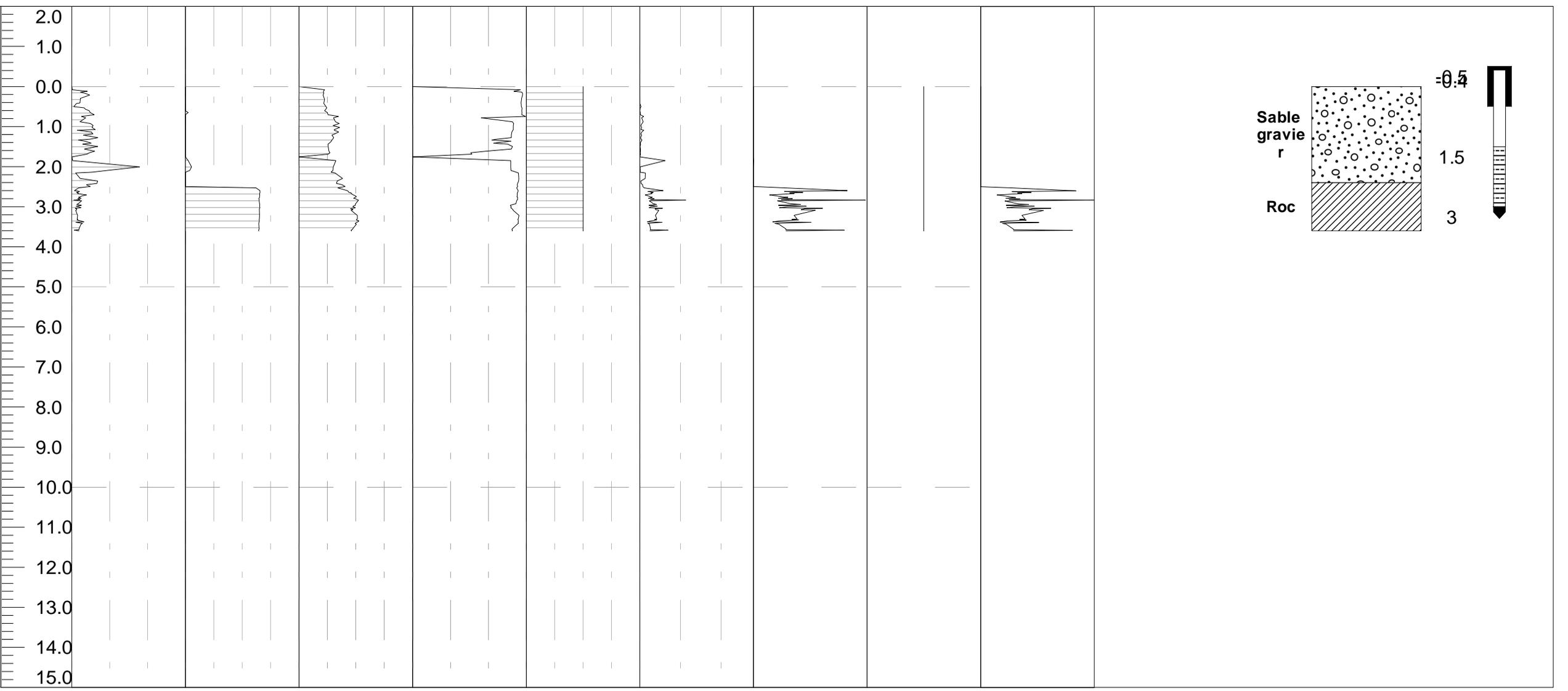
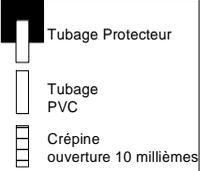
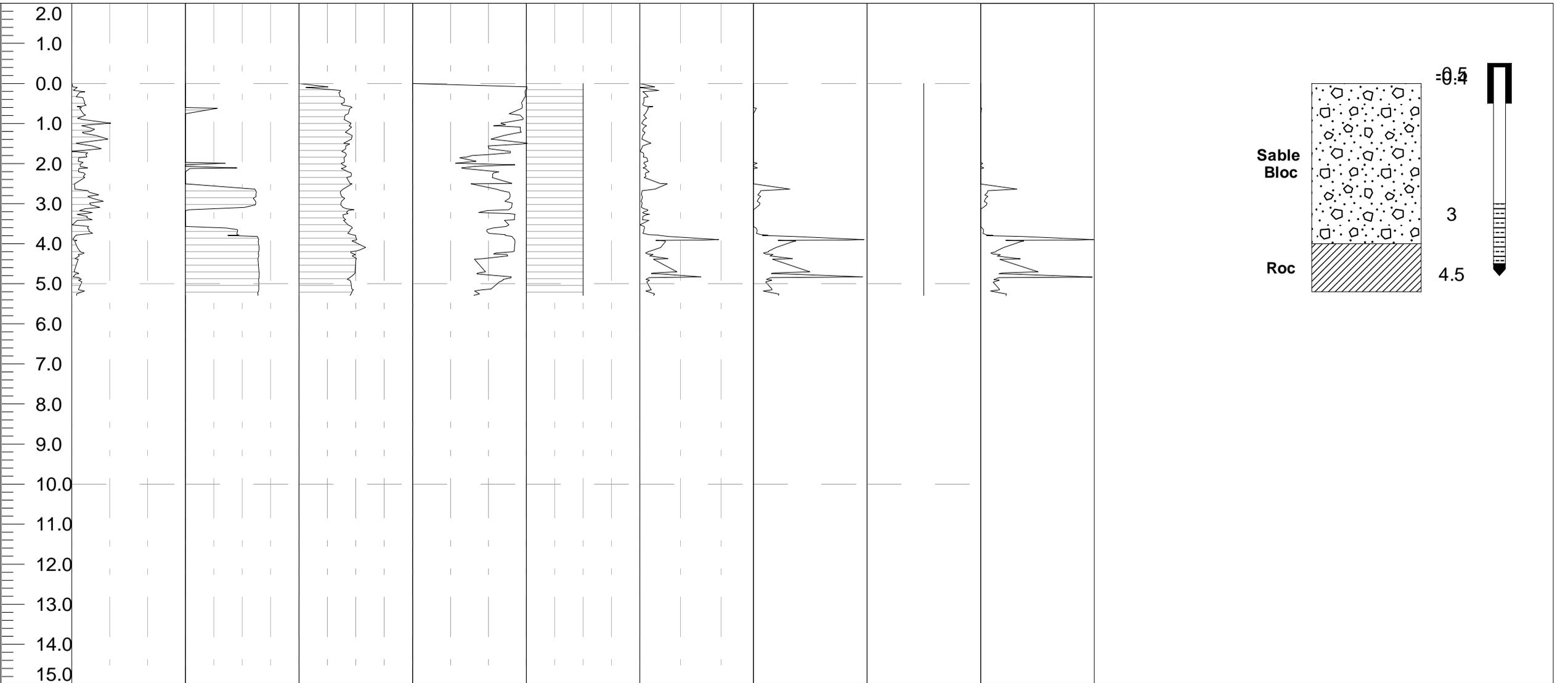


Figure 101

	Date: Wed 04/Aug/2010 à:	Id Forage: RPSS-X09	Municipalité: St-Ignace-de-Stanbridge	
	Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010	Id Fichier: G04G1004C.DAT	Description du lieu de forage: NUAGEUX, APPROX 10M BORD du CHAMPS, 2 I RG NORD, RPSS ET PUIES ET ECHANTILLON	
	Client: INRS	X: 663756 Prof. Forage (m): 5.289		
	Opérateur: JMB XAVIER	Y: 5006730 Z(préliminaire): 97		





Date: Wed 21/Jul/2010 à:
 Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010
 Client: INRS
 Opérateur: JMB XAVIER

Id Forage: RPSS-X10
 Id Fichier: G21L1001C.DAT
 X: 679454 Prof. Forage (m): 9.239
 Y: 5060607 Z(préliminaire): 72

Municipalité: Upton
 Description du lieu de forage:
 NUAGEUX, O, APPROX 5M 50M DE LA ROUTE EN FACE DE LA MAISON

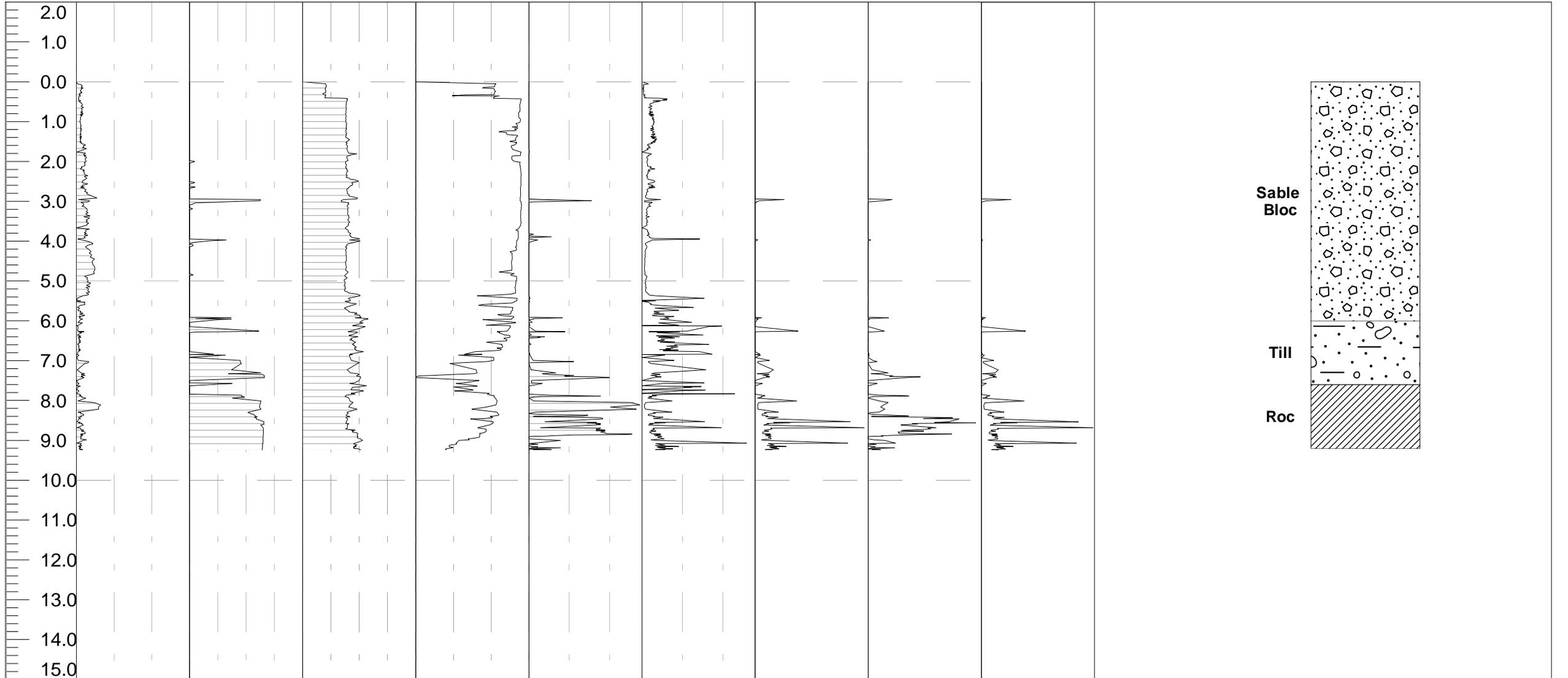
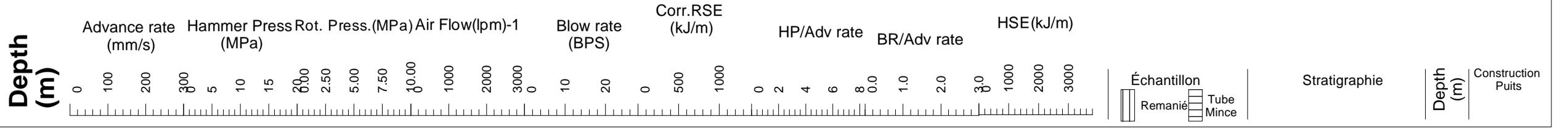
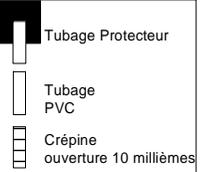
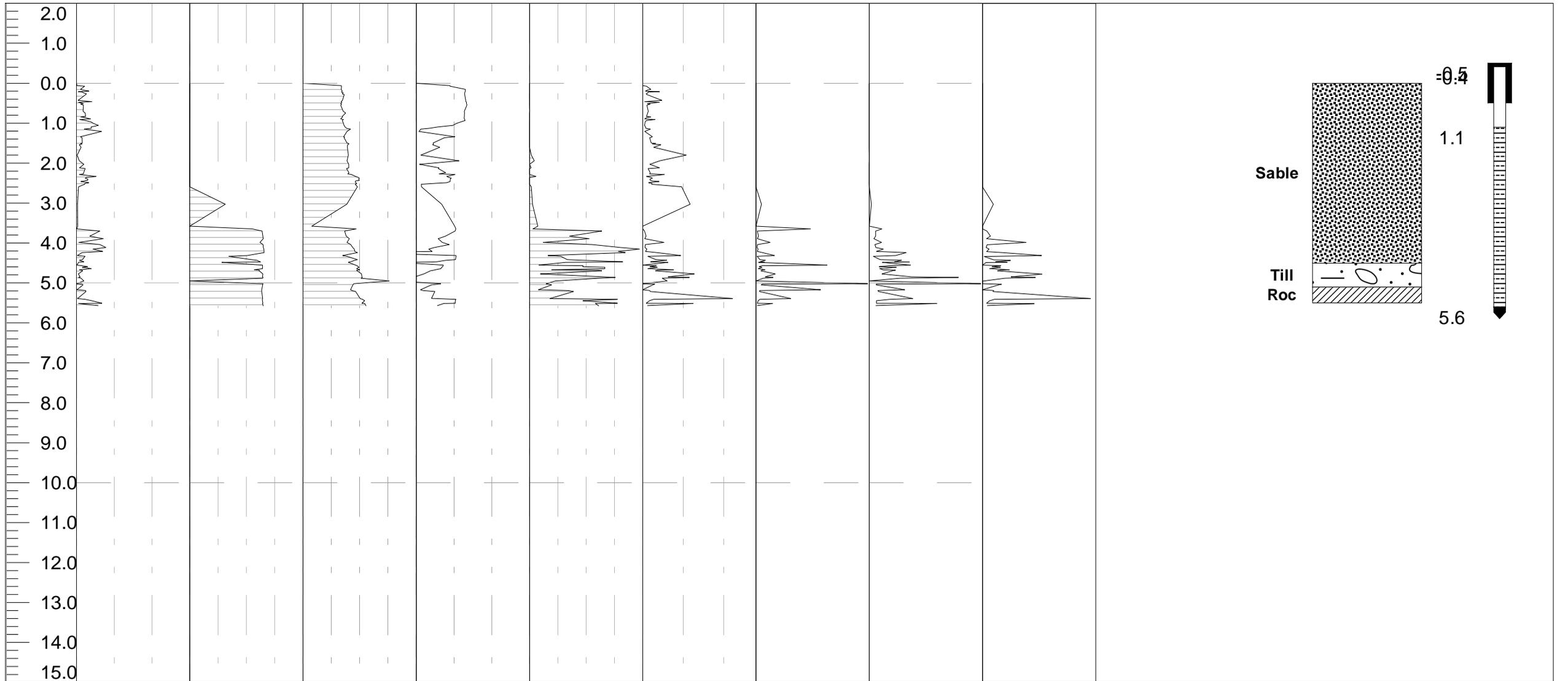


Figure 103

	Date: Wed 21/Jul/2010 à: Projet: MONTEREGIE_RPSS_2010 Client: INRS Opérateur: JMB XAVIER	Id Forage: RPSS-X12 Id Fichier: G21L1002C.DAT X: 693445 Prof. Forage (m): 5.568 Y: 5059187 Z(préliminaire): 122	Municipalité: Acton Vale Description du lieu de forage: SOLEIL, APPROX 10M DE LA ROUTE COTE DE LA MAISON	 Tubage Protecteur  Tubage PVC  Crépîne ouverture 10 millèmes
	Advance rate (mm/s) Hammer Press Rot. Press.(MPa) Air Flow(lpm)-1 Blow rate (BPS) Corr.RSE (kJ/m) HP/Adv rate BR/Adv rate HSE(kJ/m)			Échantillon  Remanié  Tube Mince



Annexe 5 : Descriptions des mesures XRF

Note : Les descriptions sont préliminaires et sujettes à révision

