

Document public

Rapport de forages et installation de capteurs de surveillance sur le glissement de terrain de Ballandaz (Planay, 73)

Rapport d'avancement

BRGM/RP –55272-FR
décembre 2006

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Rapport de forages et installation de capteurs de surveillance sur le glissement de terrain de Ballandaz (Planay, 73)

Rapport d'avancement

BRGM/RP -55272-FR
décembre 2006

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Recherche du BRGM 2006

J.C. Gourry
Avec la collaboration de
B. François, B. Chevrier et D. Cazaux

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : G. Grandjean	Nom : H. Modaressi
Date : 15/12/2006	Date : 15/12/2006
Signature :	Signature :
(Ou Original signé par)	(Ou Original signé par)

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

BRGM
3 5000 00049258 6

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés :
Glissement de terrain, surveillance, cellule de pression interstitielle, météorologie, piézométrie, inclinomètre, polarisation spontanée

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Gourry J.C., François B., Chevrier B. et Cazaux D., 2006, Rapport de forages et installation de capteurs de surveillance sur le glissement de terrain de Ballandaz (Planay, 73), Rapport BRGM RP-55272-FR, 71 p, 9 fig., 5 ann.

© BRGM, 2006, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre du projet « mouvement de terrain » du BRGM et du projet ANR-RGCU « SIGMA », le BRGM, associé à la société SAGE Ingénierie et CLS, ont procédé à la réalisation de 4 forages et installé un réseau de capteurs pour la surveillance du glissement dit de Ballandaz situé sur la commune de Planay (Savoie, 73).

Ce rapport décrit le résultat des 4 forages (2 carottés et 2 destructifs) atteignant 35 à 45 m. Par ailleurs, il décrit l'ensemble des capteurs installés (météorologique, sondes TDR, piézomètre, cellules de pression interstitielle, tube inclinométrique et inclinomètres en place). La plupart de ces capteurs sont reliés à une centrale d'acquisition Campbell CR10X dont l'échantillonnage est d'une mesure par 30 minutes.

Sommaire

1. Les forages 7

1.1. OBJECTIFS 7

1.2. FORAGE SC1 8
1.2.1. Réalisation 8
1.2.2. Description 8

1.3. FORAGE SD1 10
1.3.1. Réalisation 10
1.3.2. Description 10

1.4. FORAGE SC2 12
1.4.1. Réalisation 12
1.4.2. Description 12

1.5. FORAGE SD2 12
1.5.1. Réalisation 12
1.5.2. Description 12

2. La surveillance 14

2.1. METEOROLOGIQUE 14

2.2. GEOTECHNIQUE 16
2.2.1. Inclinomètres 16
2.2.2. Inclinomètres en continu 16

2.3. HYDROGEOLOGIQUE 17
2.3.1. Les piézomètres 17
2.3.2. Les cellules de pression interstitielle 17
2.3.3. La teneur en eau des sols 18
2.3.4. La surveillance par polarisation spontanée 18

2.4. CENTRALE D'ACQUISITION CR10X CAMPBELL 20

2.5. ORGANISATION DES DONNEES DANS LES FICHIERS 21
2.5.1. Programme d'acquisition 21
2.5.2. Fichier de sortie 21

3. Bibliographie 23

Liste des illustrations

Figure 1 : Positionnement des forages de Ballandaz 8
Figure 2 : Description géologique de SC1 9
Figure 3 : Paramètres de foration de SD1 11
Figure 4 : Description géologique de SC2 13
Figure 5 : photo des capteurs météorologiques près de la maison de Ballandaz 15
Figure 6 : photo des capteurs météorologiques sur le mât métallique 15
Figure 7 : Schéma du pré-amplificateur des électrodes PS 19
Figure 8 : Implantation des électrodes de surveillance PS 20

Liste des annexes

Annexe 1 Fiches d'étalonnage des cellules de pression interstitielle 25
Annexe 2 Fiches d'étalonnage des inclinomètres 31
Annexe 3 Schéma de cablage sur la centrale Campbell 37
Annexe 4 Programme d'acquisition sur la centrale Campbell 41
Annexe 5 Description géologique et photos des carottes des forages SC1 et SC2 53

1. Les forages

1.1. OBJECTIFS

4 forages ont été réalisés au cours de l'année 2006 entre le 1er juin et le 13 juillet par la société SAF installée à Autun (71). L'un d'entre eux (SC2) avait été commencé en novembre 2005 mais il a été interrompu par la neige et le froid.

2 forages (1 destructif et 1 carotté) se situent à proximité des ruines de Ballandaz, les 2 autres forages (1 destructif et 1 carotté) se situent sur le chemin de Pelapoet, 150 m environ avant la fenêtre 11 EDF.

Les objectifs de ces forages sont :

- la connaissance de la géologie,
- l'identification de nappes phréatiques captives et la mesure de la perméabilité sur des niveaux représentatifs d'un contexte hydrogéologique,
- la pose de 2 cellules de pression interstitielle dans l'un des forages par site,
- la pose de tubes inclinométriques dans un forage par site.

Initialement prévu pour 30 m, les 4 forages ont atteint une profondeur située entre 37 et 45 m. Ils ont été arrêtés sur décision du BRGM avant d'avoir atteint le socle composé de schistes sériciteux ou de quartzites pour les raisons suivantes : (i) comme on se situe dans une incision glaciaire profonde, il est difficile d'estimer a priori la profondeur du socle, (ii) dans l'objectif de l'étude d'un glissement de terrain présumée avec une surface de glissement se situant à plus de 30 m n'engendrant qu'un mouvement très lent non mesurable à l'échelle annuelle, il a été décidé de n'étudier que les 30 à 40 premiers mètres, en supposant que les terrains de profondeur inférieure à 30 m sont stables.

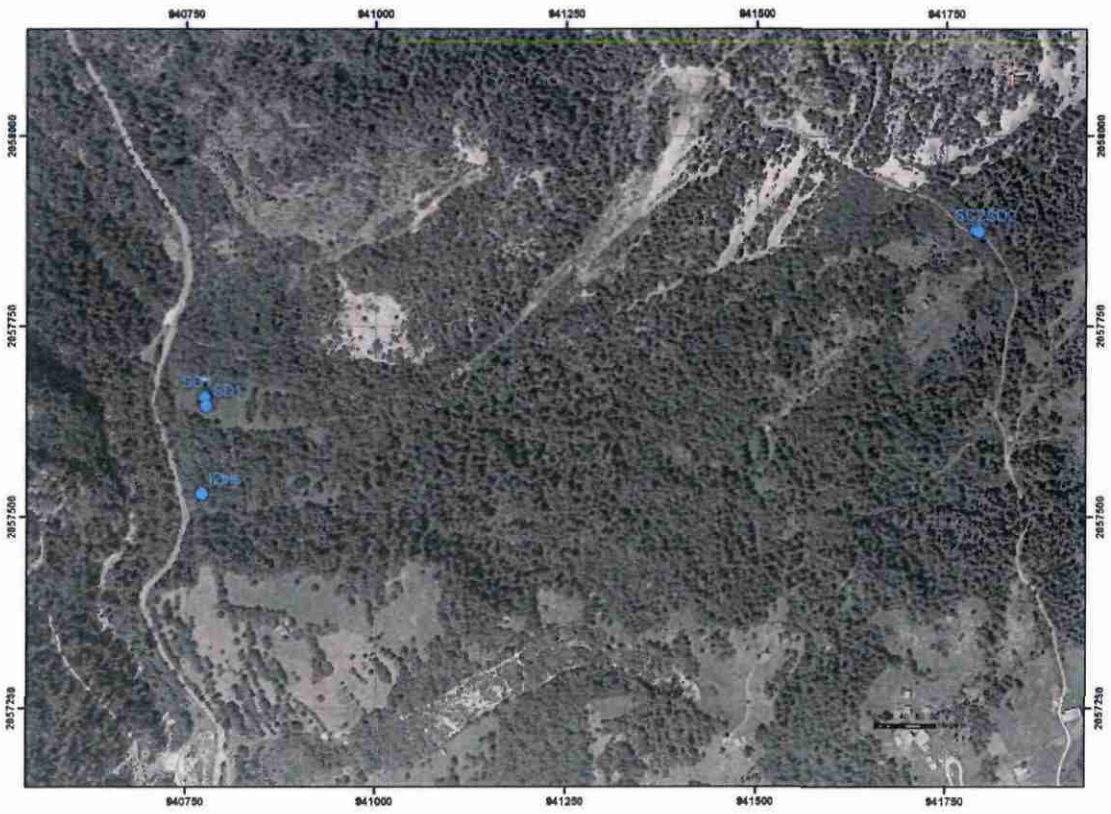


Figure 1 : Positionnement des forages de Ballandaz

1.2. FORAGE SC1

1.2.1. Réalisation

Le forage carotté SC1 a été réalisé à l'eau en diamètre 115 mm avec des passes d'1.5 m. Les taux de récupération sont médiocres. La dureté des terrains rencontrés est très variable sur une même passe et la foration à l'eau a lessivé les terrains mous. Il atteint 45 m de profondeur.

Ce forage est destiné à l'étude du régime hydrologique : nappe libre et nappes captives. Il est équipé d'une crépine de -4 à -14 m. Le tubage est en PVC plein au dessus avec un tubage métallique scellé en tête. 2 CPI sont installées dans ce forage (voir chapitre 2.3.2).

Il est positionné en X= 940774 m, Y=2057657 m (coordonnées Lambert II étendu).

1.2.2. Description

La nappe phréatique libre se situait à 7.5 m par rapport au niveau du sol en juin 2006. Un niveau d'eau captif a été atteint à 15 m de profondeur. Le niveau d'eau est remonté

à 5.70 m après plusieurs heures de stabilisation. La perméabilité hydraulique est de l'ordre de 3.10^{-5} m/s à cette profondeur alors qu'elle est de 6.10^{-7} m/s au dessus et de 5.10^{-6} au dessous.

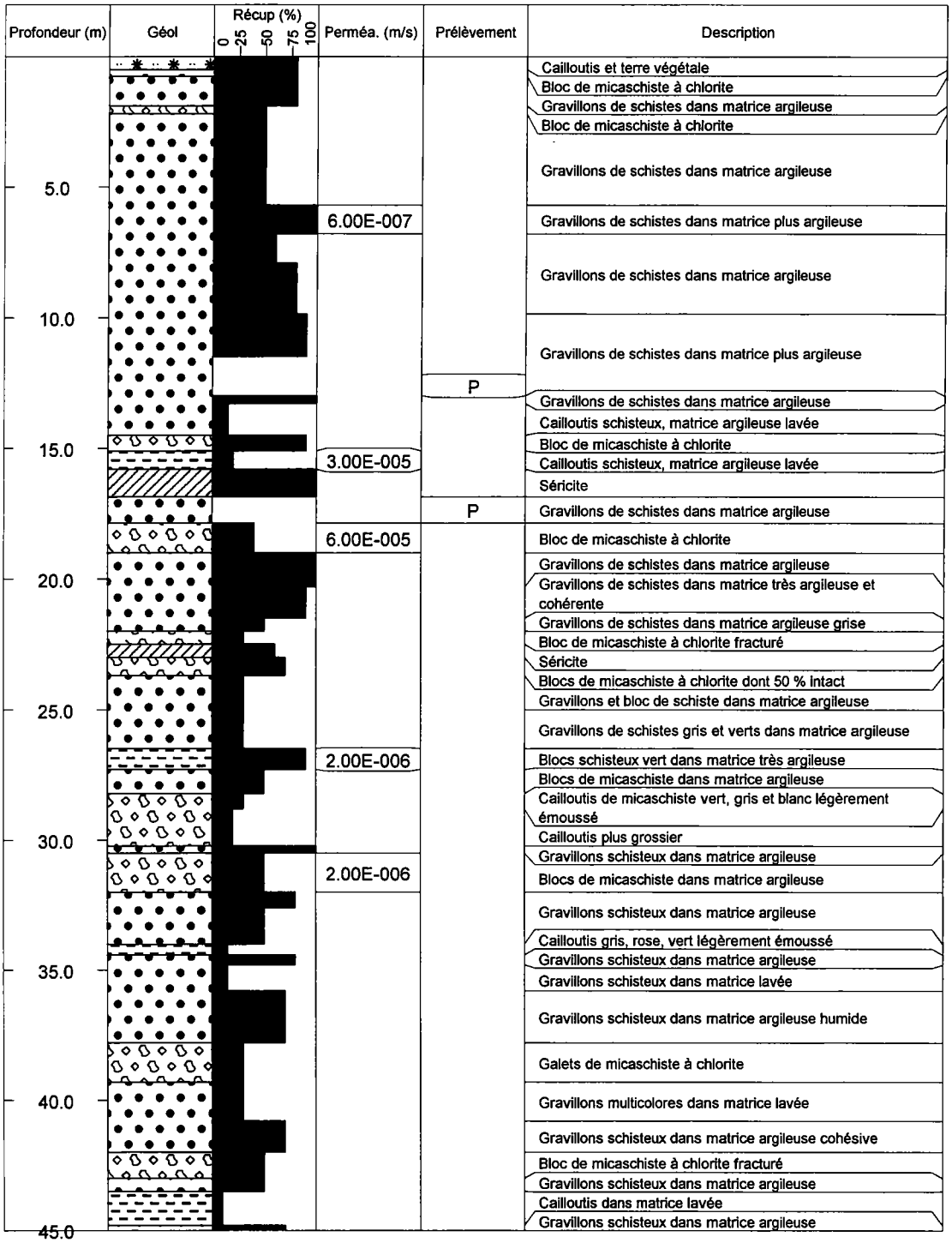


Figure 2 : Description géologique de SC1

La description géologique et diverses observations sont résumées sur la Figure 2. On trouvera une description du forage SC1 réalisée par le CETE de Lyon, ainsi que les photos des carottes en Annexe 5.

1.3. FORAGE SD1

1.3.1. Réalisation

Le forage destructif SD1 a été réalisé au tricône à l'air en diamètre 115 mm. Il atteint 37 m de profondeur.

Ce forage est destiné à l'étude de la déformation des terrains superficiels par la pose d'un tube inclinométrique.

Il est positionné en X= 940776m, Y=2057646m (coordonnées Lambert II étendu).

1.3.2. Description

Les cuttings remontés en surface n'ont pas permis d'établir un log géologique : ils sont composés essentiellement d'argile et de matériaux schisteux. Les paramètres de forage (pression d'outil, vitesse d'avancement) ont été enregistrés (Figure 3).

Le niveau de nappe libre a été mesuré à 7.5 m de profondeur en juin 2006. Le niveau de nappe a brutalement remonté vers 15 m de profondeur, correspondant vraisemblablement à une nappe captive.

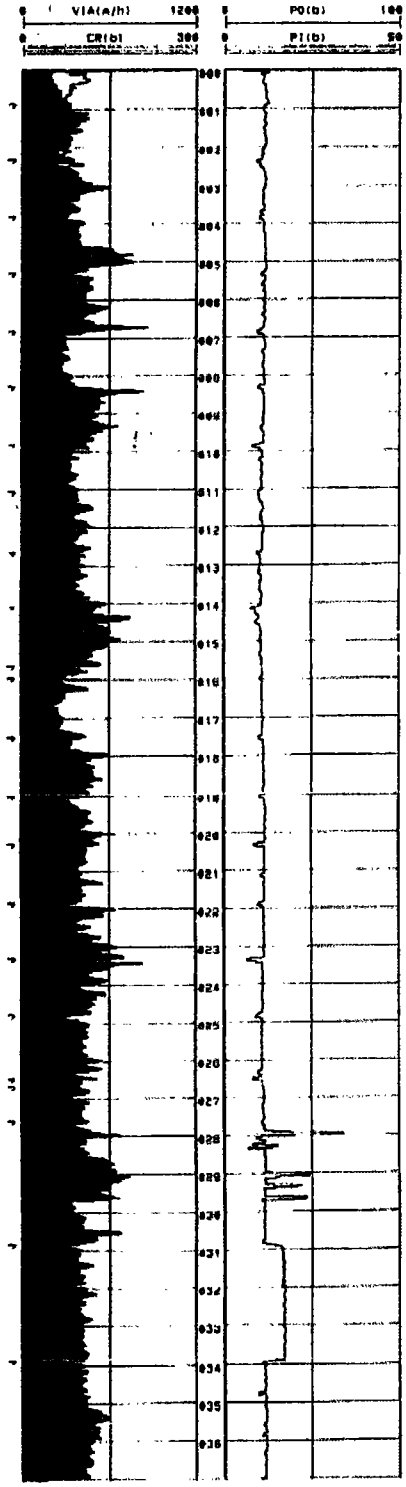


Figure 3 : Paramètres de foration de SD1

1.4. FORAGE SC2

1.4.1. Réalisation

Le forage carotté SC2 a été réalisé à la boue en diamètre 115 mm avec des passes d'1.5 m. Les taux de récupération sont meilleurs que pour le SC1 foré à l'eau. L'état des carottes est également meilleur. La dureté des terrains rencontrés est très variable sur une même passe. Il atteint 38.5 m de profondeur sans avoir atteint le socle.

Ce forage est destiné à l'étude de la déformation des terrains superficiels par la pose d'un tube inclinométrique.

Il est positionné en X= 941788m, Y= 2057876m (coordonnées Lambert II étendu).

1.4.2. Description

La description géologique et diverses observations sont résumées sur la Figure 4. On trouvera les photos des carottes en Annexe 5.

1.5. FORAGE SD2

1.5.1. Réalisation

Le forage destructif SD2 a été réalisé au tricône à l'air en diamètre 115 mm. Il atteint 37 m de profondeur.

Ce forage est destiné à l'étude du régime hydrologique : nappe libre et nappes captives. La profondeur de nappe après la foration en juillet 2006 était de 7 m par rapport au sol. Il est équipé d'une crépine de -4 à -14 m. Le tubage est en PVC plein au dessus avec un tubage métallique scellé en tête. 2 CPI sont installées dans ce forage (voir chapitre 2.3.2).

Il est positionné en X= 941792m, Y=2057875m (coordonnées Lambert II étendu).

1.5.2. Description

Aucune description géologique n'a été relevée sur ce forage destructif. Les paramètres de forage n'ont pas été enregistrés.

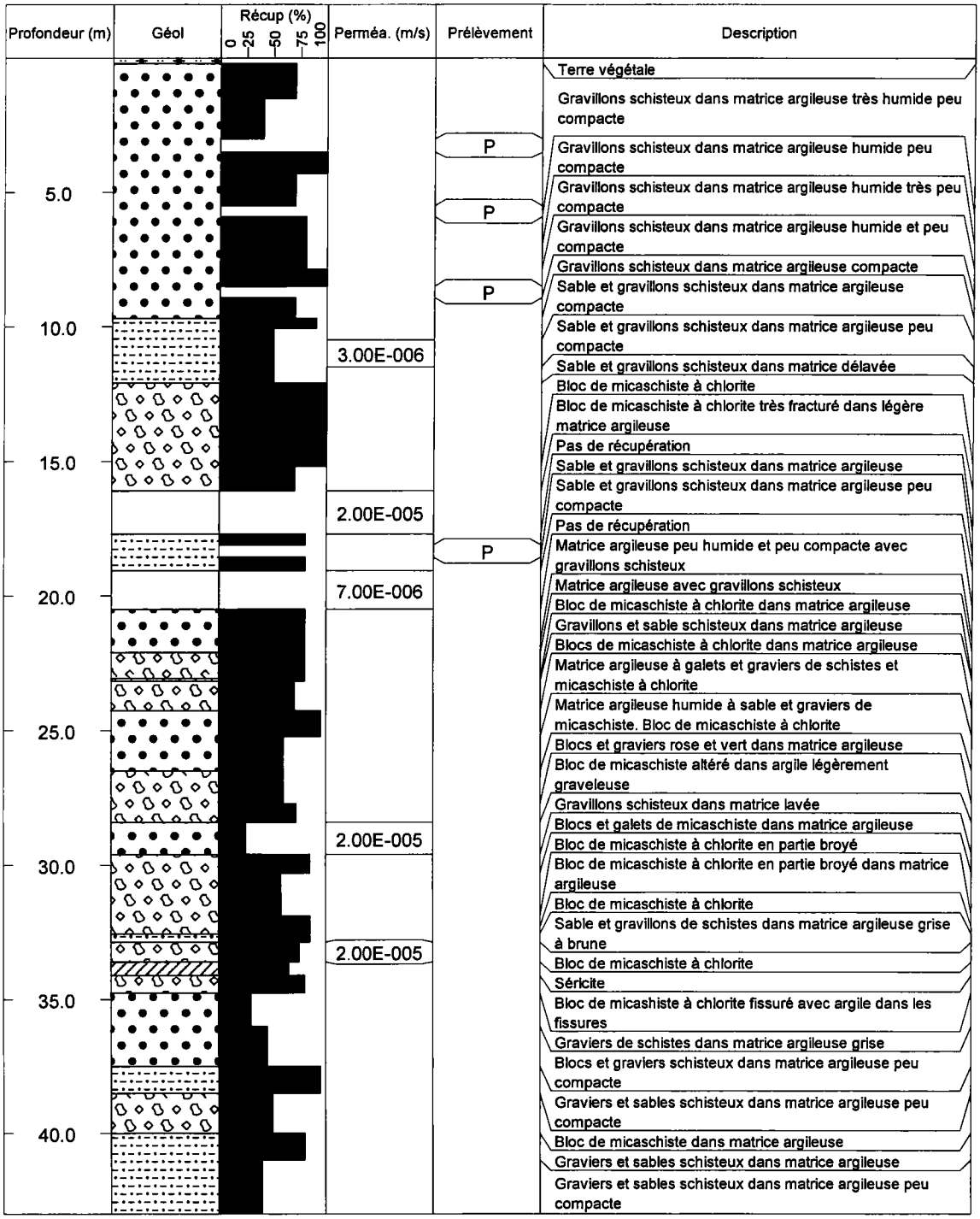


Figure 4 : Description géologique de SC2

2. La surveillance

2.1. METEOROLOGIQUE

Les capteurs météorologiques sont les suivants :

- 1 capteur de température de l'air
- 1 capteur de température du sol
- 1 capteur de hauteur de neige
- 1 pluviomètre

Le capteur de température de l'air est une thermistance Campbell de type 107. Il est fixé contre le mur de la maison de Ballandaz à 2 m du sol sous un abri Gill.

Le capteur de température de sol est une thermistance Campbell de type 107. Il est enterré à 50 cm dans le sol au pied de la maison de Ballandaz. Le trou réalisé à la tarière manuelle a été rebouché par de l'argile.

Le pluviomètre est de marque Campbell, type ARG100. C'est un pluviomètre à auget basculeur de 0.2 mm/bascule. Il est fixé sur un mât métallique à 2 m du sol dans la clairière proche du forage SC1.

Le capteur de hauteur de neige est de marque Campbell, type SR50-100. La tête de mesure est fixée au mât métallique à 1.91 m du sol. C'est un capteur de distance entre l'émetteur et le sol. Le système émetteur/récepteur est de piézoélectrique à ultrason (50 kHz). Il mesure la distance jusqu'au réflecteur qui est le sol. Une dalle béton de 1 x 1 m a été réalisée à la base du capteur afin de se prémunir de la végétation qui pourrait générer des erreurs notamment pendant la croissance des plantes.

Le baromètre est de marque Jumo. Il est installé dans la maison de Ballandaz.

La station d'acquisition météo et les sondes de température sont situés en X=940773, Y=2057681 (cabane de Ballandaz). La station météo (Puvio, hauteur de neige) est située en X= 940769, Y=2057645 (coordonnées Lambert II étendu).



Figure 5 : photo des capteurs météorologiques près de la maison de Ballandaz



Figure 6 : photo des capteurs météorologiques sur le mât métallique

2.2. GEOTECHNIQUE

2.2.1. Inclinomètres

Des tubes aluminium inclinométriques ont été scellés à la bentonite dans le forage SD1 jusqu'à 37 m de profondeur, et dans le forage SC2 jusqu'à 43 m de profondeur. Les loggings sont réalisés mensuellement par SAGE Ingénierie.

2.2.2. Inclinomètres en continu

3 inclinomètres ont été installés dans le forage I2bis (Figure 1) par la société SAGE Ingénierie. Ils sont de marque Soil Instruments Ltd, modèle 1132-250. Leur gamme de mesure est entre -5° et +5°. On mesure un potentiel V proportionnel à l'inclinaison. Les caractéristiques des inclinomètres sont sur le tableau 1. Les conversions s'appliquent suivant la formule :

$$I = b_0 + b_1 V + b_2 V^2 + b_3 V^3$$

Avec I en mm/m ou degré d'arc et V exprimé en mV.

Numéro de série	Profondeur	Conversion (mV en mm/m)	Conversion (mV en degré d'arc)
VIPI1945	13.00 m	B0=-1.970448^{e}-03 B1=3.5207414^{e}-02 B2=-5.032148^{E}-10 B3=3.590872^{E}-12	B0=-1.128618^{E}-04 B1=2.017216^{E}-03 B2=-2.899555^{E}-11 B3=6.252541^{E}-13
VIPI1946	13.50 m	B0=9.231081^{E}-03 B1=3.504436^{E}-02 B2=-1.154909^{E}-09 B3=-3.968103^{E}-13	B0=5.293819^{E}-04 B1=2.007891^{E}-03 B2=-6.621901^{E}-11 B3=3.900729^{E}-13
VIPI1947	14.00 m	B0=6.386327^{E}-03 B1=3.509984^{E}-02 B2=-3.926256^{E}-12 B3=-3.832033^{E}-12	B0=3.66210^{E}-04 B1=2.0110702^{E}-03 B2=-1.213247^{E}-13 B3=1.939870^{E}-13

Tableau 1 : Caractéristiques des inclinomètres

2.3. HYDROGEOLOGIQUE

2.3.1. Les piézomètres

Deux piézomètres ont été installés dans les forages SC1 (ruines de Ballandaz, altitude 1180 m) et SD2 (chemin de Pelapoet, altitude 1630 m). Ils sont équipés de tube crépinés entre 0 et 12 m de profondeur. Le tube est scellé à la base.

Le piézomètre dans SC1 est équipé d'un capteur de pression relié à une balise Argos installée par la société CLS. Ce capteur de pression a été positionné le 19 septembre 2006 à 12 m de profondeur par rapport à la tête de forage et à 4 m sous le niveau d'eau (le niveau d'eau est pris par rapport à la tête de forage). Ainsi au 19/09/2006, le niveau piézométrique de la nappe libre est situé à 8 m de profondeur par rapport à la tête de forage. La lecture du capteur est la hauteur d'eau au dessus du capteur. Cette mesure est répétée toutes les heures, stockée dans la balise et transférée via satellite Argos au centre toulousain de CLS quand un satellite passe dans la zone de visibilité. On peut télécharger les données sur : http://platform.novacom-services.com/novaserv/jsp/novacom/login.jsp ; User : SIGMA, mot de passe : SIGmA.

Le niveau piézométrique dans SD2 est mesuré manuellement chaque mois par SAGE Ingénierie. Il est mesuré par rapport à la tête de forage. Il était à 6.5 m de profondeur par rapport au niveau du sol début juillet 2006.

2.3.2. Les cellules de pression interstitielle

Afin de caractériser la charge hydraulique dans des nappes captives, on a installé 4 cellules de pression interstitielle (CPI) dans les sondages piézométriques : 2 dans le forage SC1 et 2 dans le forage SD2. Ce sont des capteurs de type « corde vibrante », de marque Glötzl, modèle « EPK VW 3,5 » et « EPK VW 5 ». Sur le boitier de lecture Glötzl, la mesure est donnée en période exprimée en msec. La lecture avec la centrale d'acquisition Campbell est donnée en carré de la fréquence de résonnance exprimée 10^3 Hz^2. Les caractéristiques et les facteurs de conversion des CPI sont résumés sur le tableau 2 (voir également les fiches de calibration du constructeur en Annexe 1).

Forage	Nom du capteur	Numéro de série	Profondeur (m)	Conversion centrale Campbell (carré de la fréquence Hz en bar)
SC1	CPI1	422.02	15m	Pente = -0. 916 ; Offset = 9.504
SC1	CPI2	457.02	30m	Pente = -2.113 ; Offset = 20.790
SD2	CPI3	454.02	15m	Pente = -1.832 ; Offset = 17.334
SD2	CPI4	426.02	30m	Pente = -0. 8737 ; Offset = 8.637

Tableau 2 : caractéristiques des cellules de pression intertitielle

Pour passer de la lecture au boitier Glötzl T (exprimée en msec) à la valeur de pression exprimée en bar, on calcule $F^2=1/T^2$. Puis on utilise les facteurs de conversion du tableau 2. Par exemple, sur le capteur 422.02, on lit 0.03281 (msec), alors $F^2=9.289$. La conversion en valeur de pression donne -0.916*9.289+9.504 = 1.00 bar.

Les CPI et les sondes piézométriques sont des capteurs de pression relative. Ils enregistrent la pression piézométrique car la pression atmosphérique est compensée : un tube fin relie l'intérieur de la chambre de la cellule à l'atmosphère. Ce tube court le long du fil de mesure jusqu'à la surface. Le capteur mesure donc uniquement la pression relative appliquée sur la membrane du capteur. Il n'y a pas de correction à appliquer, excepté une correction de température mais on peut estimer qu'à la profondeur des capteurs, le milieu est thermostaté donc la correction est une constante.

La précision de la lecture est d'environ 1 mbar.

2.3.3. La teneur en eau des sols

2 sondes TDR (Time Domain Reflectométry) ont été installées dans un petit forage à 5 m de SC1 en X= 940771, Y= 2057648. Les sondes sont des tridents de 30 cm de longueur. Elles sont positionnées verticalement dans le forage.

La pointe de la première sonde TDR (TDR2) est située à 1.90 m de profondeur, la pointe de la deuxième sonde TDR (TDR1) est située à 0.90 m. Le forage a été rempli par un coulis relativement liquide fait avec les cuttings de SD1 mélangés à l'eau de torrent. Le matériau des cuttings est identique à celui du forage où sont placées les sondes TDR. Le coulis a été introduit lentement afin de ne pas créer de bulle d'air. Un bouchon de béton à prise rapide a été réalisé en tête de forage afin que le forage ne constitue par un drain où l'eau se propagerait plus rapidement. Dans ces conditions, la teneur en eau de ce milieu va s'équilibrer avec celle du milieu ambiant.

Les sondes TDR sont connectées à la centrale Campbell. La lecture est la durée de propagation T de l'onde électromagnétique dans la sonde. La conversion de la période T (exprimé en msec) vers la teneur en eau θ est la suivante :

$$\theta = -0.0663 - 0.0063T + 0.0007T^2$$

2.3.4. La surveillance par polarisation spontanée

La polarisation spontanée (PS) est une mesure de potentiel électrique entre 2 points sur le sol à l'aide de 2 électrodes impolarisables et d'un voltmètre. La mesure de la polarisation spontanée est un indicateur de l'écoulement de l'eau dans une matrice poreuse. En première approximation, on peut relier la valeur de PS à la différence de potentiel hydraulique entre les 2 points où sont situées les électrodes (Revil et al., 2003, Titov et al., 2005).

20 électrodes de PS ont été installées sur 2 lignes perpendiculaires de 10 électrodes se croisant au niveau de SD1 près des Ruines de Ballandaz. Le long des 2 lignes, les électrodes sont espacées de 20 m. L'installation s'est déroulée en 2 étapes : octobre 2005, installation des électrodes 1 à 10 ; septembre 2006, installation des électrodes 11 à 20.

Les électrodes impolarisables sont de type Petiau (Petiau, 2000). Elles sont enterrées à 50 cm de profondeur dans un trou de 10 cm de diamètre réalisé à la tarière manuelle. Après installation de l'électrode, le trou est rempli avec un coulis fait d'argile locale. Aucun sel n'a été ajouté. L'apport de sel sert à retarder le desséchement de l'argile et à limiter l'effet d'électrodiffusion à la base de l'électrode (Clerc et al., 1998). Ici le sol est en permanence saturé. L'ajout de sel n'aurait rien apporté.

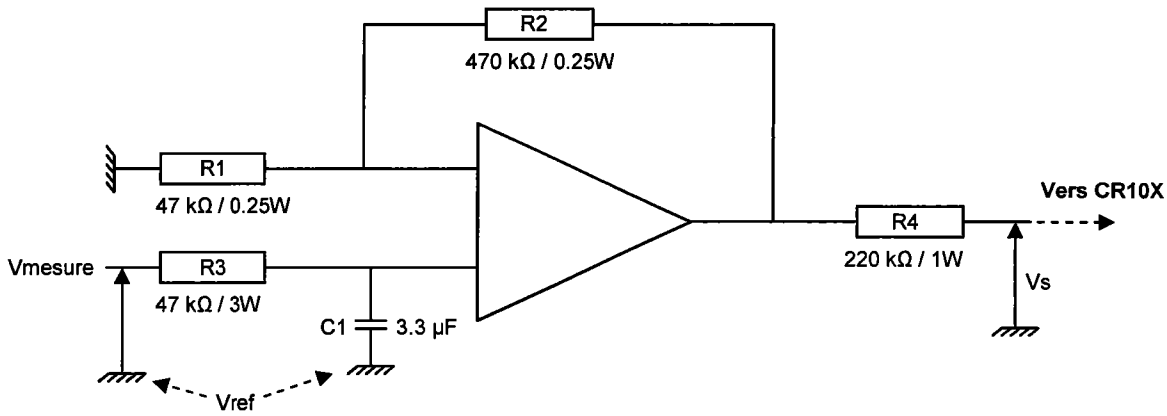


Figure 7 : Schéma du pré-amplificateur des électrodes PS

Afin d'améliorer le signal/bruit, un pré-ampli de facteur 11 et un filtre passe-bas d'ordre 1 coupant à 1 Hz a été connecté à chaque électrode (Figure 7). L'électrode de référence de potentiel est également l'électrode de référence pour l'amplification. Elle est située entre les électrodes 5 et 6 (Figure 8). Les amplis sont alimentés par deux piles 9V au Lithium.

Pour les électrodes 1 à 10, les câbles électriques sont de type téléphonique PE 8 paires, blindage par paires et blindage général. Pour les électrodes 11 à 20, les câbles électriques sont de type téléphonique PE 20 paires de 0.6 mm, avec un blindage aluminium général et une graisse silicone dans la gaine pour assurer l'étanchéité (câble A-2YF(L)2Y fourni par Câble-Champagne).

Pour chaque branchement d'électrode, le câble est dénudé sur 20 cm environ, une paire de fils est extraite et connectée au boitier de pré-ampli dont les entrées sont étanchéifiées par des presse-étoupes. L'ensemble « câble + boîtier pré-ampli » est reconditionné dans un boîtier électrique afin de protéger les connections des chocs et arrivée d'eau. Ce boîtier est enterré à 10 cm de profondeur

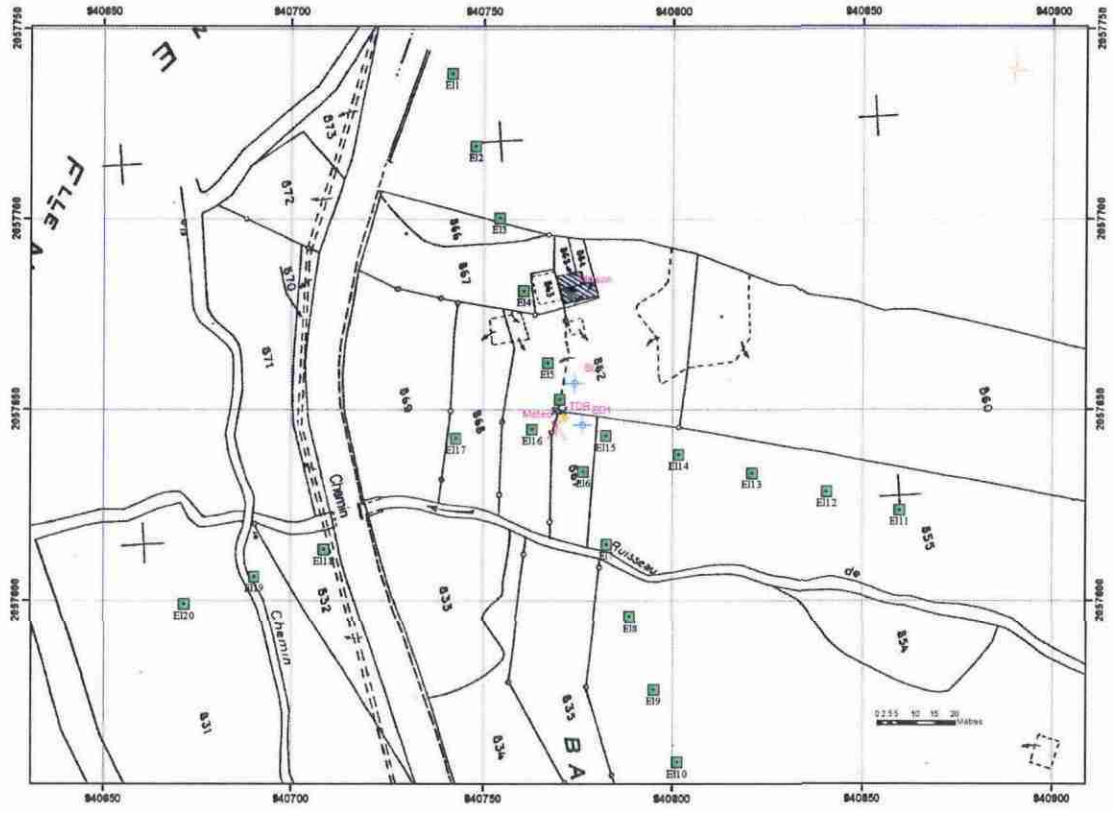


Figure 8 : Implantation des électrodes de surveillance PS

2.4. CENTRALE D'ACQUISITION CR10X CAMPBELL

La centrale d'acquisition CR10X de Campbell est alimentée par une batterie 12 V de voiture de 100 Ah. Elle est installée à l'abri dans la maison de Ballandaz. Un module 4 voies AVW4 dédié à la mesure des cordes vibrante, un multiplexeur AM16-32 (32 voies unipolaires), ainsi qu'un modem GSM sont connectées à cette centrale.

La centrale est mise à l'heure en horaire « Temps Universel Greenwich ». L'heure de mesure est toujours donnée en TU au cours de l'année.

Les mesures sont répétées toutes les 10 minutes, puis moyennées et enregistrées sur une période de 30 minutes. Afin de limiter la consommation électrique du système, le modem GSM s'allume pour d'éventuelles communications toutes les heures, à l'heure exacte, pendant 10 minutes.

Le transfert des données se fait généralement via cette liaison GSM, mais il est possible de transférer les données par une liaison RS232 (9 pins).

Le contrôle des données sur Orléans est réalisé après transfert des données à partir d'une liaison GSM de type « data », abonnement SFR. La liaison GSM a été préférée à une liaison via modem RTC car il semble le commutateur du central téléphonique du BRGM d'Orléans génère des perturbations. Le logiciel de communication avec la centrale Campbell à Ballandaz est LoggerNet fourni par Campbell.

2.5. ORGANISATION DES DONNEES DANS LES FICHIERS

2.5.1. Programme d'acquisition

Le programme d'acquisition a été écrit en langage machine (instruction spécifique Campbell). Le programme est en Annexe 4.

2.5.2. Fichier de sortie

Le fichier de sortie est écrit en ASCII. Il comporte 59 colonnes dont les titres sont les suivants :

Numéro de colonne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
type de donnée	Année	Jour	Heure:minute	Batterie (V)	Tair (°C)	Tsol (°C)	Pluvio (mm)	distance capteur neige/sol (m)	distance capteur neige/sol corrigé de température (m)	Epaisseur de neige (m)	TDR1	TDR2

Numéro de colonne	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
type de donnée	PSvolt1	écart type V1	PSvolt2	écart type V2	PSvolt3	écart type V3	PSvolt4	écart type V4	PSvolt5	écart type V5	PSvolt6	écart type V6

Numéro de colonne	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
type de donnée	PSvolt7	écart type V7	PSvolt8	écart type V8	PSvolt9	écart type V9	PSvolt10	écart type V10	PSvolt11	écart type V11	PSvolt12	écart type V12

Numéro de colonne	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
type de donnée	PSvolt13	écart type V13	PSvolt14	écart type V14	PSvolt15	écart type V15	PSvolt16	écart type V16	PSvolt17	écart type V17	PSvolt18	écart type V18

Numéro de colonne	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
type de donnée	PSvolt19	écart type V19	PSvolt20	écart type V20	inclino1 (mm/m)	inclino2 (mm/m)	inclino3 (mm/m)	CPI1 brute (Hz^2)	CPI2 brute (Hz^2)	CPI1 (bar)	CPI2 (bar)

Tableau 3 : Intitulé des colonnes du fichier de sortie du programme d'acquisition de la centrale Campbell.

3. Bibliographie

Clerc G., Petiau G. et Perrier F., Eds (1998). The Garchy 1995-1996 electrode experiment technical report, Rapport CEA/CNRS.

Petiau G., 2000, Second generation of Lead-Lead Chloride Electrodes for geophysical applications. Pure Appl. Geophys. **157**, 357-382.

Revil, A., Naudet, V ., Nouzaret, J. , Pessel, M. , 2003, Principles of electrography applied to self-potential electrokinetic sources and hydrogeological applications. *Water Resour. Res.*, 39(5), 1114, doi:10.1029/2001WR000916, 2003.

Titov, K., Revil, A; Konosavsky, P., Straface, S., et Troisi, S. (2005). Numerical modelling of self-potential signals associated with a pumping test experiment. Geophys. Journal Int., **162**, 641-650.

Annexe 1

Fiches d'étalonnage des cellules de pression interstitielle

07/09 '05 14:30 FAX 33 1 30489432 GLOETZL FR GEO 005/006

Glötzl France Géotechnique

Auscultation des ouvrages de Génie Civil

FICHE D'ETALONNAGE

CAPTEUR DE PRESSION	
Référence	: EPK VW 5
N° Série	: 454.02
Long. Câble	: 40 mètres
Repère chantier	:

CARACTERISTIQUES	
Gamme	: 0 - 5 bars
Sortie	: Corde vibrante
Alimentation	:
Filtre	: Inox

Etalonnage bar M	LECTURE F2x10^{-3}	T (10^{-7} sec)
0,00	9456	3252
1,00	8916	3349
2,00	8372	3456
3,00	7824	3575
4,00	7277	3707
5,00	6729	3855

Posé le	:
Forage N°	:
Altitude/Prof. d'installation	:

CONDITIONS D'ETALONNAGE
Matériel de référence :
. Calibreur DRUCK : DPI 610
0 - 10 bars à 0,025 %
. Etalonné le : 03.09.98
. Pression atmosphérique : 1015 hPa
. Température : 19 °C

Fj = 0,001834

$Vm = Fj \times (Fo^2 - F1^2)\ 10^{-3}$

Vm : est la variation de la valeur mesurée en bar
Fj : facteur de jauge dépendant de chaque capteur
Fo : Fréquence initiale en Hertz à l'état zéro
F1 : Fréquence en Hertz à l'instant T1
T : Période en 10^{-7} sec

Date : 16.10.02	Client : B.R.G.M. Saint DOMINGUE	Contrôle : A.D.
	Projet : SYSMIN	N/Réf. : I-162 MA

136, avenue Joseph Kessel - 78960 VOISINS LE BRETONNEUX - Tél. : 01 30 48 95 15 - Fax : 01 30 48 94 32
S.A.R.L. au capital de 30 489,80 € - R.C.S. VERSAILLES B 393 989 538 - TVA FR 65 393989538 - SIRET 393 989 538 00011 - APE 516 K

Glötzl France Géotechnique

Auscultation des ouvrages de Génie Civil

FICHE D'ETALONNAGE

CAPTEUR DE PRESSION	
Référence	: EPK VW 3,5
N° Série	: 422.02
Long. Câble	: 30 mètres
Repère chantier	:

CARACTERISTIQUES	
Gamme	: 0 - 3,5 bars
Sortie	: Corde vibrante
Alimentation	:
Filtre	: Inox

Etalonnage bar M	LECTURE F2x10^{-3}	T (10^{-7} sec)
0,00	10366	3106
0,50	9827	3190
1,00	9289	3281
1,50	8743	3382
2,00	8196	3493
2,50	7652	3615
3,00	7100	3753
3,50	6544	3909

Posé le :
Forage N° :
Altitude/Prof. d'installation :

CONDITIONS D'ETALONNAGE

Matériel de référence :
. Calibreur DRUCK : DPI 610
0 - 10 bars à 0,025 %
. Etalonné le : 03.09.98

. Pression atmosphérique : 1025 hPa
. Température : 19 °C

Fj = 0,000916

$Vm = Fj \times (Fo^2 - F1^2)\ 10^{-3}$

Vm : est la variation de la valeur mesurée en bar
Fj : facteur de jauge dépendant de chaque capteur
Fo : Fréquence initiale en Hertz à l'état zéro
F1 : Fréquence en Hertz à l'instant T1
T : Période en 10^{-7} sec

Date : 08.10.02 Client : B.R.G.M. Saint DOMINGUE Contrôle : A.D.
Projet : SYSMIN N/Réf. : I-152 MA

136, avenue Joseph Kessel - 78960 VOISINS LE BRETONNEUX - Tél. : 01 30 48 95 15 - Fax : 01 30 48 94 32
S.A.R.L. au capital de 30 489,80 € - R.C.S. VERSAILLES B 393 989 538 - TVA FR 65 393989538 - SIRET 393 989 538 00011 - APE 516 K

07/09 '05 14:31 FAX 33 1 30489432 GLOETZL FR GEO 006/006

Glötzl France Géotechnique

Auscultation des ouvrages de Génie Civil

FICHE D'ETALONNAGE

CAPTEUR DE PRESSION	
Référence	: EPK VW 5
N° Série	: 457.02
Long. Câble	: 40 mètres
Repère chantier	:

CARACTERISTIQUES	
Gamme	: 0 - 5 bars
Sortie	: Corde vibrante
Alimentation	:
Filtre	: Inox

Etalonnage bar M	LECTURE F2x10^{-6}	LECTURE T (10^{-7} sec)
0,00	9839	3188
1,00	9369	3267
2,00	8895	3353
3,00	8421	3446
4,00	7948	3547
5,00	7473	3658

Posé le :
Forage N° :
Altitude/Prof. d'installation :

CONDITIONS D'ETALONNAGE

Matériel de référence :
. Calibreur DRUCK : DPI 610
0 - 10 bars à 0,025 %
. Etalonné le : 03.09.98

. Pression atmosphérique : 1015 hPa
. Température : 19 °C

Fj = 0,002113

$Vm = Fj \times (Fo^2 - F1^2)\ 10^{-3}$

Vm : est la variation de la valeur mesurée en bar
Fj : facteur de jauge dépendant de chaque capteur
Fo : Fréquence initiale en Hertz à l'état zéro
F1 : Fréquence en Hertz à l'instant T1
T : Période en 10^{-7} sec

Date : 16.10.02 | Client : B.R.G.M. Saint DOMINGUE | Contrôle : A.D.
Projet : SYSMIN | N/Réf. : I-162 MA

136, avenue Joseph Kessel - 78960 VOISINS LE BRETONNEUX - Tél. : 01 30 48 95 15 - Fax : 01 30 48 94 32
S.A.R.L. au capital de 30 489,80 € - R.C.S. VERSAILLES B 393 989 538 - TVA FR 85 393989538 - SIRET 393 989 538 00011 - APE 516 K

Glötzl
France
Géotechnique

Auscultation des ouvrages de Génie Civil

FICHE D'ETALONNAGE

CAPTEUR DE PRESSION	
Référence	: EPK VW 3,5
N° Série	: 426.02
Long. Câble	: 30 mètres
Repère chantier	:

CARACTERISTIQUES	
Gamme	: 0 - 3,5 bars
Sortie	: Corde vibrante
Alimentation	:
Filtre	: Inox

Etalonnage bar M	LECTURE F2x10⁻³	T (10⁻⁷ sec)
0,00	9876	3182
0,50	9312	3277
1,00	8748	3381
1,50	8177	3497
2,00	7602	3627
2,50	7026	3772
3,00	6452	3937
3,50	5871	4127

Posé le :
Forage N° :
Altitude/Prof. d'installation :

CONDITIONS D'ETALONNAGE

Matériel de référence :
- Calibreur DRUCK : DPI 610
  0 - 10 bars à 0,025 %
- Etalonné le : 03.09.98

- Pression atmosphérique : 1025 hPa
- Température : 19 °C

FJ = 0,000874

$Vm = FJ \times (Fo^2 - F1^2)\ 10^{-3}$

Vm : est la variation de la valeur mesurée en bar
FJ : facteur de jauge dépendant de chaque capteur
Fo : Fréquence initiale en Hertz à l'état zéro
F1 : Fréquence en Hertz à l'instant T1
T : Période en 10^{-7} sec

Date : 08.10.02 Client : B.R.G.M. Saint DOMINGUE Contrôle : A.D.
Projet : SYSMIN N/Réf. : I-162 MA

136, avenue Joseph Kessel - 78960 VOISINS LE BRETONNEUX - Tél. : 01 30 48 95 15 - Fax : 01 30 48 94 32
S.A.R.L. au capital de 30 489,80 € - R.C.S. VERSAILLES B 393 989 538 - TVA FR 55 393989538 - SIRET 393 989 538 00011 - APE 516 K

Annexe 2

Fiches d'étalonnage des inclinomètres

INCLINOMETRE -13.00m

International Geotechnical
Instrumentation Specialists

Soil Instruments Limited
[illegible]
+44 (0) 1825 765044
[illegible]

Sensor Type **Vertical Uniaxial In-place Inclinometer**
Model No **1132-250**
Range **± 5 Degrees**
Calibration **Rotary Table S/N JP60-29**
Equipment **Digital Multimeter Equip No.250**

Date **02-May-2006**
Ambient Temp **22.0 °C**
Serial No **VIPI1945**
Calibrated By **S.Poland**

Position		Raw Data mV	Degrees Polynomial		mm/m Polynomial		Full Scale Error (%)
Degree	mm/m		Calculated Polynomial Displacement	ArcDeg non-conformance	Calculated Polynomial Displacement	mm non-conformance	
-5.0	-87.16	-2474	-5.00	0.000	-87.16	-0.01	0.00
-4.0	-69.76	-1981	-4.00	0.001	-69.74	0.01	-0.01
-3.0	-52.34	-1486	-3.00	0.000	-52.33	0.00	0.00
-2.0	-34.90	-992	-2.00	-0.002	-34.93	-0.03	0.02
-1.0	-17.45	-495	-1.00	0.001	-17.43	0.02	-0.01
0.0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
1.0	17.45	496	1.00	0.000	17.46	0.01	0.00
2.0	34.90	99*	2.00	0.000	34.89	-0.01	0.00
3.0	52.34	1486	3.00	-0.001	52.33	-0.01	0.01
4.0	69.76	1981	4.00	0.001	69.77	0.01	-0.01
5.0	87.16	2474	5.00	0.000	87.15	0.00	0.00

Conversion Factors

Polynomial Factors (mV to mm/m)
b_3 = -1.970448E-03
b_1 = 3.520714E-02
b_2 = -5.032148E-10
b_3 = 3.590872E-12

Polynomial Factors (mV to ArcDegrees)
b_0 = -1.128618E-04
b_1 = 2.017216E-03
b_2 = -2.899555E-11
b_3 = 6.252541E-13

Conversion Formula

[illegible]
Reading $b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$
[illegible]

Wiring Code Red 12V Supply Black Ground White Signal Out Green Signal Ref

SOIL INSTRUMENTS LIMITED certifies that the instrument detailed hereon has as applicable been inspected tested and calibrated in accordance with ISO 9000-2000 approved procedures and unless otherwise indicated performs within ± 0.05 % as specified Thus conforms in all respects to our relevant specifications and drawings

Certified By FOR SOIL INSTRUMENTS LIMITED Line Manager

CLINOMETRE -14.00 m

International Geotechnical
Instrumentation Specialists

Soil Instruments Limited
+44 (0) 1825 765044

Sensor Type **Vertical Uniaxial In-place Inclinometer** Date **02-May-2006**

Model No **1132-250** Ambient Temp **22.0 °C**

Range **± 5 Degrees** Serial No **VIPI1947**

Calibration **Rotary Table S/N JP60-29** Calibrated By **S.Poland**
Equipment **Digital Multimeter Equip No.250**

Position		Raw Data mV	Degrees Polynomial		mm/m Polynomial		Full Scale Error (%)
Degree	mm/m		Calculated Polynomial Displacement	ArcDeg non-conformance	Calculated Polynomial Displacement	mm non-conformance	
-5.0	-87.16	-2485	-5.00	0.000	-87.16	0.00	0.00
-4.0	-69.76	-1988	-4.00	0.001	69.74	0.01	-0.01
-3.0	-52.34	-1492	-3.00	-0.001	-52.35	-0.01	0.01
-2.0	-34.90	-995	-2.00	-0.001	-34.91	-0.01	0.01
-1.0	-17.45	-497	-1.00	0.001	-17.44	0.01	-0.01
0.0	0.00	0	0.00	0.000	0.01	0.01	0.00
1.0	17.45	497	1.00	0.000	17.45	0.00	0.00
2.0	34.90	994	2.00	0.000	34.86	-0.01	0.00
3.0	52.34	1492	3.00	0.002	52.36	0.03	-0.02
4.0	69.76	1987	4.00	-0.002	69.72	-0.04	0.02
5.0	87.16	2485	5.00	0.001	87.17	0.01	-0.01

Conversion Factors

Polynomial Factors (mV to mm/m)
b_0 = 6.386327E-03
b_1 = 3.509884E-02
b_2 = -3.926256E-12
b_3 = -3.832033E-12

Polynomial Factors (mV to ArcDegrees)
b_0 = 3.662105E-04
b_1 = 2.011872E-03
b_2 = -1.213247E-13
b_3 = 1.939870E-13

Conversion Formula

Displacement = Current Reading - Initial Reading

Reading $= b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$

where X is the raw sensor data in mV

Wiring Code: Red 12V Supply Black Ground White Signal Out Green Signal Rtn

SOIL INSTRUMENTS LIMITED certifies that the instrument detailed hereon has as applicable been inspected tested and calibrated in accordance with ISO 9000-2000 approved procedures and unless otherwise indicated performs within ± 0.05 % as specified Thus conforms in all respects to our relevant specifications and drawings

Certified By FOR SOIL INSTRUMENTS LIMITED Line Manager

INCLINOMETRE -13.50 m

Soil Instruments Limited
+44 (0) 1825 765044
International Geotechnical
Instrumentation Specialists

Sensor Type **Vertical Uniaxial In-place Inclinometer** Date **02-May-2006**

Model No **1132-250** Ambient Temp **22.0 °C**

Range **± 5 Degrees** Serial No **VIPI1946**

Calibration **Rotary Table S/N JP60-29** Calibrated By **S.Poland**

Equipment **Digital Multimeter Equip No.250**

Position		Raw Data mV	Degrees Polynomial		mm/m Polynomial		Full Scale Error (%)
Degree	mm/m		Calculated Polynomial Displacement	ArcDeg non-conformance	Calculated Polynomial Displacement	mm non-conformance	
-5.0	-87.16	-2487	-5.00	0.000	-87.15	0.01	0.00
-4.0	-69.76	-1991	-4.00	-0.001	-69.77	-0.01	0.01
-3.0	-52.34	-1494	-3.00	-0.001	-52.35	-0.01	0.01
-2.0	-34.90	-996	-2.00	0.000	-34.90	0.00	0.00
-1.0	-17.45	-498	-1.00	0.001	17.44	0.01	-0.01
0.0	0.00	0	0.00	0.001	0.01	0.01	-0.01
1.0	17.45	498	1.00	0.000	17.46	0.01	0.00
2.0	34.90	996	2.00	-0.001	34.88	-0.02	0.01
3.0	52.34	1493	3.00	-0.001	52.33	-0.01	0.01
4.0	69.76	1991	4.00	0.001	69.77	0.02	-0.01
5.0	87.16	2487	5.00	0.000	87.15	0.00	0.00

Conversion Factors

Polynomial Factors (mV to mm/m)
b_0 = 9.231081E-03
b_1 = 3.504436E-02
b_2 = -1.154909E-09
b_3 = -3.968103E-13

Polynomial Factors (mV to ArcDegrees)
b_0 = 5.293819E-04
b_1 = 2.007891E-03
b_2 = -6.621901E-11
b_3 = 3.900729E-13

Conversion Formula

Displacement = Current Reading - Initial Reading

Reading $b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$

(where X is the compensated data in mV)

Wiring Code Red 12V Supply Black Ground White Signal Out Green Signal Ref

SOIL INSTRUMENTS LIMITED certifies that the instrument detailed hereon has as applicable been inspected, tested and calibrated in accordance with ISO 9000-2000 approved procedures and unless otherwise indicated performs within ± 0.05 % as specified. Thus conforms in all respects to our relevant specifications and drawings

Certified By FOR SOIL INSTRUMENTS LIMITED Line Manager

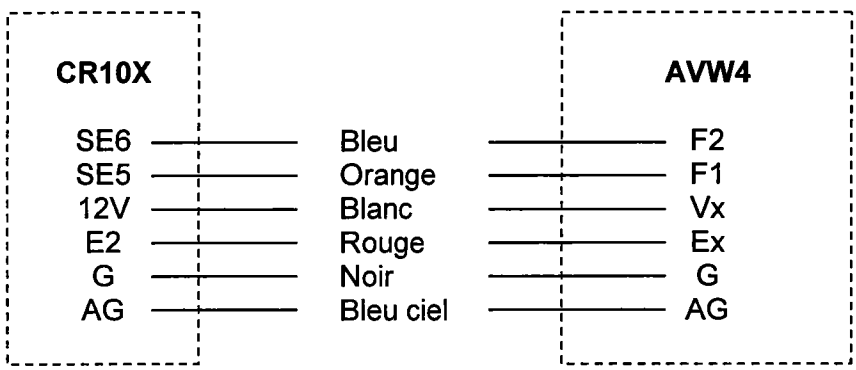
Annexe 3

Schéma de cablage sur la centrale Campbell

- **INTERNE CR10X**

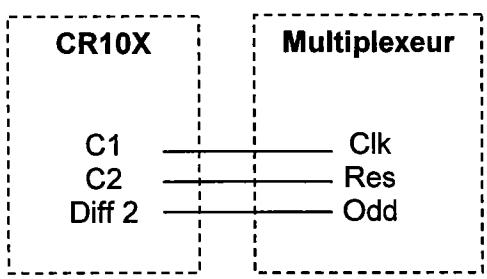
C3 ——— SW12V Ctrl

- **AVW4 – CR10X**

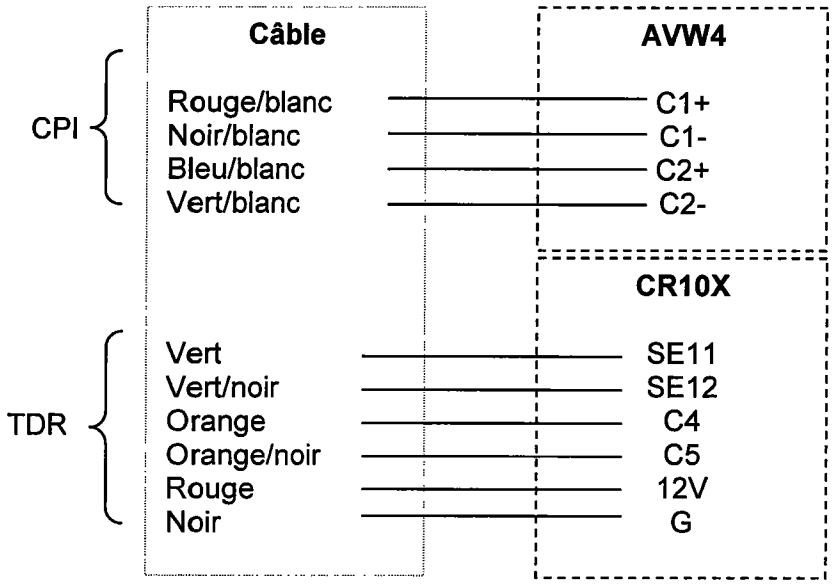


Jaune et vert inutiles

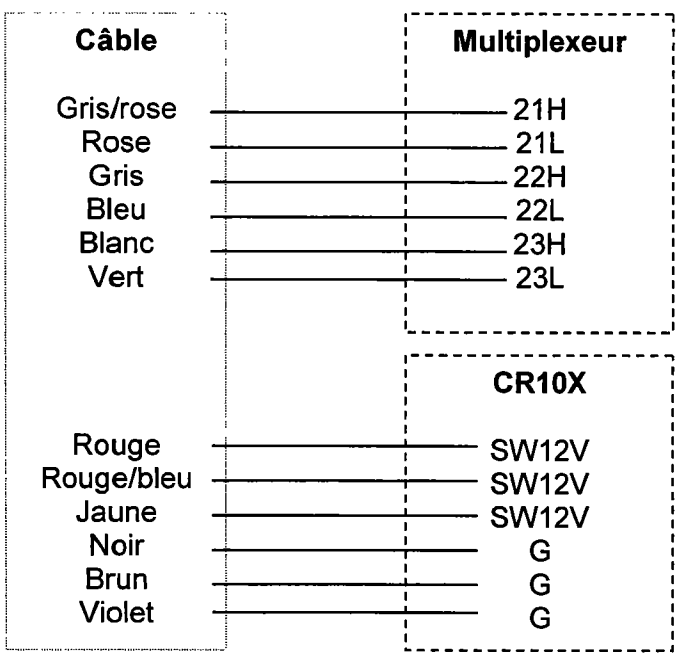
- **CR10X - MULTIPLEXEUR**



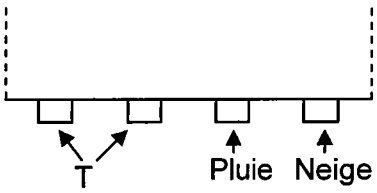
- **CABLE CPI+TDR - CR10X+AVW4**



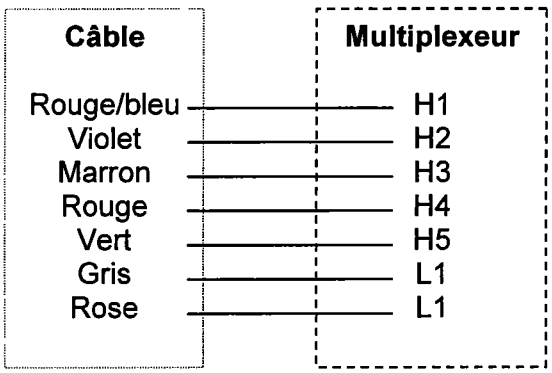
- **INCLINO - CAMPBELL+MULTIPLEXEUR**



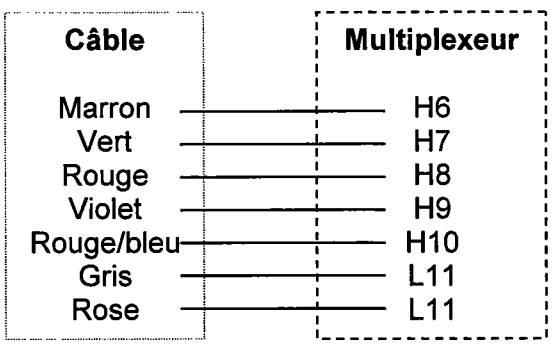
- **CONNECTEURS CAMPBELL :**



- **PSA1 - MULTIPLEXEUR**

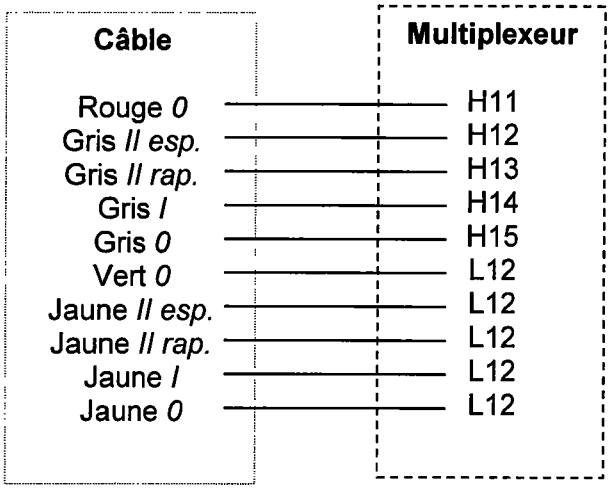


- **PSA2 - MULTIPLEXEUR**



Connecter L1 à L2-L10 à l'aide de « ponts », ainsi que L11 à L12-L20

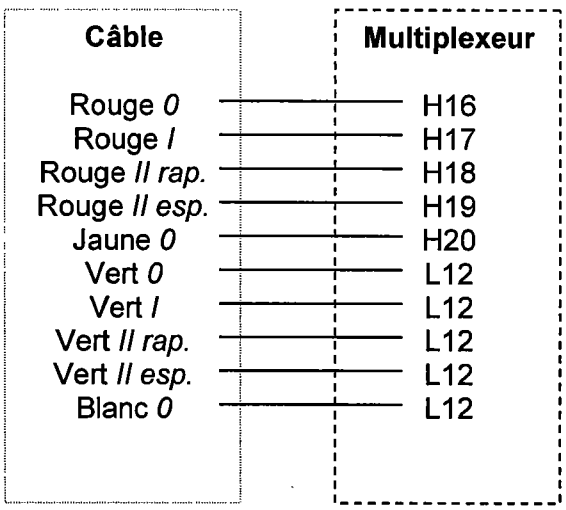
- **PSB1 - MULTIPLEXEUR**



L'annotation en italique suivant la couleur du fil renvoi au système de codage des fil dans ce cable :
0 : couleur uni
I : 1 trait noir
II esp. : 2 traits espacés
II rap. : 2 traits rapprochés

Pour PSB1 et PSB2 les fils utilisés sont ceux rassemblé par une ficelle rouge (la deuxième moitié des fils de ce câble utilise le même codage, mes ces fils sont regroupés par une ficelle blanche)

- **PSB2 - MULTIPLEXEUR**



Annexe 4

Programme d'acquisition sur la centrale Campbell

```
;{CR10X}
;

*Table 1 Program
  01: 600       Execution Interval (seconds)

; Mesure de la tension de batterie
1:  Batt Voltage (P10)
 1: 1         Loc [ Batt_Volt ]

2:  If time is (P92)
 1: 0         Minutes (Seconds --) into a
 2: 1440      Interval (same units as above)
 3: 30        Then Do

3:  Signature (P19)
 1: 2         Loc [ Prog_Sig  ]

4:  End (P95)

;-------------------------------------------------------------------------------

; Mesure temperature Tair et Tsol

5:  Temp (107) (P11)
 1: 1         Reps
 2: 1         SE Channel
 3: 31        Excite all reps w/E1, 50Hz, 10ms delay
 4: 3         Loc [ Tair      ]
 5: 1.0       Multiplier
 6: 0.0       Offset

6:  Temp (107) (P11)
 1: 1         Reps
 2: 2         SE Channel
 3: 31        Excite all reps w/E1, 50Hz, 10ms delay
 4: 4         Loc [ Tsol      ]
 5: 1.0       Multiplier
 6: 0.0       Offset

;-------------------------------------------------------------------------------

; Mesure pluvio (compte nbre impulsion * 0.201mm)
7:  Pulse (P3)
 1: 1         Reps
 2: 1         Pulse Channel 1
 3: 2         Switch Closure, All Counts
 4: 5         Loc [ Rain_mm   ]
 5: 0.201     Multiplier
 6: 0         Offset

;-------------------------------------------------------------------------------

; Mesure hauteur neige
8:  SDI-12 Recorder (P105)
 1: 0         SDI-12 Address
 2: 0         Start Measurement (aM!)
 3: 8         Port
 4: 6         Loc [ dist      ]
 5: 1.0       Multiplier
 6: 0         Offset

9:  Z=X+F (P34)
 1: 3         X Loc [ Tair      ]
 2: 273.15    F
 3: 9         Z Loc [ Scrch_1_9 ]
```

```
10:  Z=F x 10^n (P30)
 1: 273.15   F
 2: 0        n, Exponent of 10
 3: 10       Z Loc [ Scrch__10 ]

11:  Z=X/Y (P38)
 1: 9        X Loc [ Scrch_1_9 ]
 2: 10       Y Loc [ Scrch__10 ]
 3: 9        Z Loc [ Scrch_1_9 ]

12:  Z=SQRT(X) (P39)
 1: 9        X Loc [ Scrch_1_9 ]
 2: 9        Z Loc [ Scrch_1_9 ]

; dist=distance capteur-neige, distcorr=distance capteur-neige corrige f(temperature),
snowdepth=hauteur neige, hauteur capteur=1.927m
13:  Z=X*Y (P36)
 1: 6        X Loc [ dist      ]
 2: 9        Y Loc [ Scrch_1_9 ]
 3: 7        Z Loc [ distcorr  ]

14:  Z=X*F (P37)
 1: 7        X Loc [ distcorr  ]
 2: -1       F
 3: 9        Z Loc [Scrch_1_9 ]

15:  Z=X*F (P37)
 1: 6        X Loc [ dist      ]
 2: -1       F
 3: 41       Z Loc [ moindist  ]

16:  Z=X+F (P34)
 1: 41       X Loc [ moindist  ]
 2: 1.927    F
 3: 8        Z Loc [ snowdepth ]

;-----------------------------------------------------------------------------------

;mesure teneur en eau (reflectometre)
;
17:  CS616 Water Content Reflectometer (P138)
 1: 2        Reps
 2: 11       SE Channel
 3: 4        C4 is first of sequential Control Ports used
 4: 34    -- Loc [ Periode_1 ]
 5: 1.0      Multiplier
 6: 0.0      Offset

18:  Polynomial (P55)
 1: 2        Reps
 2: 34       X Loc [ Periode_1 ]
 3: 36       F(X) Loc [ TVE_1     ]
 4: -.0663   C0
 5: -0.0063  C1
 6: 0.0007   C2
 7: 0.0      C3
 8: 0.0      C4
 9: 0.0      C5

;-----------------------------------------------------------------------------------

; Allumage multiplexeur
19:  Do (P86)
 1: 42       Set Port 2 High

; Mesure tension PS sur 20 premieres voies
20:  Beginning of Loop (P87)
```

```
 1: 0         Delay
 2: 20        Loop Count

21:  Step Loop Index (P90)
 1: 1         Step

22:  Do (P86)
 1: 71        Pulse Port 1

23:  Excitation with Delay (P22)
 1: 1         Ex Channel
 2: 0         Delay W/Ex (0.01 sec units)
 3: 3         Delay After Ex (0.01 sec units)
 4: 0         mV Excitation

24:  Volt (Diff) (P2)
 1: 1         Reps
 2: 35        2500 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 2         DIFF Channel
 4: 11     -- Loc [ PSvolt_1  ]
 5: 0.09091   Multiplier
 6: 0.0       Offset

25:  End (P95)

;-----------------------------------------------------------------------------------------

; Mesure tension inclino sur voies 11 12 13

26:  Set Port(s) (P20)
 1: 9999      C8..C5 = nc/nc/nc/nc
 2: 9199      C4..C1 = nc/high/nc/nc

27:  Excitation with Delay (P22)
 1: 1         Ex Channel
 2: 0         Delay W/Ex (0.01 sec units)
 3: 500       Delay After Ex (0.01 sec units)
 4: 0         mV Excitation

28:  Beginning of Loop (P87)
 1: 0         Delay
 2: 3         Loop Count

29:  Step Loop Index (P90)
 1: 1         Step

30:  Do (P86)
 1: 71        Pulse Port 1

31:  Excitation with Delay (P22)
 1: 1         Ex Channel
 2: 0         Delay W/Ex (0.01 sec units)
 3: 3         Delay After Ex (0.01 sec units)
 4: 0         mV Excitation


32:  Volt (Diff) (P2)
 1: 1         Reps
 2: 35        2500 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 2         DIFF Channel
 4: 31     -- Loc [ inclino_1 ]
 5: 1         Multiplier
 6: 0.0       Offset

33:  End (P95)

34:  Set Port(s) (P20)
```

```
 1: 9999      C8..C5 = nc/nc/nc/nc
 2: 9099      C4..C1 = nc/low/nc/nc

;Coupure multiplexeur
35:  Do (P86)
 1: 52        Set Port 2 Low

;-------------------------------------------------------------------------------

;conversion tension inclino en mm/m

36:  Polynomial (P55)
 1: 1         Reps
 2: 31        X Loc [ inclino_1 ]
 3: 31        F(X) Loc [ inclino_1 ]
 4: 0.00197   C0
 5: 0.03521   C1
 6: 0         C2
 7: 0         C3
 8: 0.0       C4
 9: 0.0       C5

37:  Polynomial (P55)
 1: 1         Reps
 2: 32        X Loc [ inclino_2 ]
 3: 32        F(X) Loc [ inclino_2 ]
 4: 0.00923   C0
 5: 0.03504   C1
 6: 0.0       C2
 7: 0.0       C3
 8: 0.0       C4
 9: 0.0       C5

38:  Polynomial (P55)
 1: 1         Reps
 2: 33        X Loc [ inclino_3 ]
 3: 33        F(X) Loc [ inclino_3 ]
 4: 0.00638   C0
 5: 0.0351    C1
 6: 0.0       C2
 7: 0.0       C3
 8: 0.0       C4
 9: 0.0       C5

;-------------------------------------------------------------------------------
; CPI

;mesure corde vibrante
39:  Vibrating Wire (SE) (P28)
 1: 2         Reps
 2: 5         SE Channel
 3: 2         Excite all reps w/Exchan 2
 4: 10        Starting Freq. (100 Hz units)
 5: 40        End Freq. (100 Hz units)
 6: 200       No. of Cycles
 7: 500       Rep Delay (0.01 sec units)
 8: 42        Loc [ F1         ]
 9: 1         Multiplier
10: 0.0       Offset

;CONVERSION F^2 EN BAR POUR CPI1

40:  Z=X*F (P37)
 1: 42        X Loc [ F1         ]
 2: 1000      F
 3: 45        Z Loc [ BAR1       ]
```

```
41:  Z=X+F (P34)
 1: 45       X Loc [ BAR1      ]
 2: -9840.86 F
 3: 45       Z Loc [ BAR1      ]

42:  Z=F x 10^n (P30)
 1: -473.343 F
 2: 0        n, Exponent of 10
 3: 46       Z Loc [ DIV1      ]

43:  Z=X/Y (P38)
 1: 45       X Loc [ BAR1      ]
 2: 46       Y Loc [ DIV1      ]
 3: 45       Z Loc [ BAR1      ]

;CONVERSION F^2 EN BAR POUR CPI2

44:  Z=X*F (P37)
 1: 43       X Loc [ F2        ]
 2: 1000     F
 3: 47       Z Loc [ BAR2      ]

45:  Z=X+F (P34)
 1: 47       X Loc [ BAR2      ]
 2: -10374.9 F
 3: 47       Z Loc [ BAR2      ]

46:  Z=F x 10^n (P30)
 1: -1091.59 F
 2: 0        n, Exponent of 10
 3: 48       Z Loc [ DIV2      ]

47:  Z=X/Y (P38)
 1: 47       X Loc [ BAR2      ]
 2: 48       Y Loc [ DIV2      ]
 3: 47       Z Loc [ BAR2      ]

;-------------------------------------------------------------------------------------------
--------------

; Controle allumage modem (10 min/h, seulement si batt>=11.5V)

48:  If time is (P92)
 1: 0        Minutes (Seconds --) into a
 2: 60       Interval (same units as above)
 3: 30       Then Do

     49:  If (X<=>F) (P89)
      1: 1        X Loc [ Batt_Volt ]
      2: 3        >=
      3: 11.5     F
      4: 43       Set Port 3 High

50:  End (P95)

51:  If time is (P92)
 1: 10       Minutes (Seconds --) into a
 2: 60       Interval (same units as above)
 3: 30       Then Do

     52:  Do (P86)
      1: 53       Set Port 3 Low

53:  End (P95)

;-------------------------------------------------------------------------------------------
```

```
; Mise en memoire valeur toutes les 30 MIN

54:  If time is (P92)
 1: 0        Minutes (Seconds --) into a
 2: 30       Interval (same units as above)
 3: 10       Set Output Flag High (Flag 0)

55:  Set Active Storage Area (P80)
 1: 1        Final Storage Area 1
 2: 101      Array ID

56:  Real Time (P77)
 1: 1220     Year,Day,Hour/Minute (midnight = 2400)

; valeurs mises en memoire
57:  Minimum (P74)
 1: 1        Reps
 2: 0        Value Only
 3: 1        Loc [ Batt_Volt ]

58:  Sample (P70)
 1: 1        Reps
 2: 3        Loc [ Tair      ]

59:  Sample (P70)
 1: 1        Reps
 2: 4        Loc [ Tsol      ]

60:  Totalize (P72)
 1: 1        Reps
 2: 5        Loc [ Rain_mm   ]

61:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 6        Loc [ dist      ]

62:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 7        Loc [ distcorr  ]


63:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 8        Loc [ snowdepth ]

64:  Sample (P70)
 1: 2        Reps
 2: 36       Loc [ TVE_1     ]

65:  Sample (P70)
 1: 2        Reps
 2: 37       Loc [ TVE_2     ]

66:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 11       Loc [ PSvolt_1  ]

67:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 11       Sample Loc [ PSvolt_1  ]

68:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 12       Loc [ PSvolt_2  ]

69:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
```

```
 2: 12       Sample Loc [ PSvolt_2  ]

70:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 13       Loc [ PSvolt_3  ]

71:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 13       Sample Loc [ PSvolt_3  ]

72:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 14       Loc [ PSvolt_4  ]

73:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 14       Sample Loc [ PSvolt_4  ]

74:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 15       Loc [ PSvolt_5  ]


75:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 15       Sample Loc [ PSvolt_5  ]

76:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 16       Loc [ PSvolt_6  ]

77:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 16       Sample Loc [ PSvolt_6  ]

78:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 17       Loc [ PSvolt_7  ]

79:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 17       Sample Loc [ PSvolt_7  ]

80:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 18       Loc [ PSvolt_8  ]

81:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 18    -- Sample Loc [ PSvolt_8  ]

82:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 19       Loc [ PSvolt_9  ]

83:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 19       Sample Loc [ PSvolt_9  ]

84:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 20       Loc [ PSvolt_10 ]

85:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 20       Sample Loc [ PSvolt_10 ]
```

```
86:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 21       Loc [ PSvolt_11 ]


87:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 21       Sample Loc [ PSvolt_11 ]

88:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 22       Loc [ PSvolt_12 ]

89:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 22       Sample Loc [ PSvolt_12 ]

90:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 23       Loc [ PSvolt_13 ]

91:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 23       Sample Loc [ PSvolt_13 ]

92:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 24       Loc [ PSvolt_14 ]

93:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 24       Sample Loc [ PSvolt_14 ]

94:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 25       Loc [ PSvolt_15 ]

95:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 25       Sample Loc [ PSvolt_15 ]

96:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 26       Loc [ PSvolt_16 ]

97:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 26       Sample Loc [ PSvolt_16 ]

98:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 27       Loc [ PSvolt_17 ]


99:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 27       Sample Loc [ PSvolt_17 ]

100:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 28       Loc [ PSvolt_18 ]

101:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 28       Sample Loc [ PSvolt_18 ]

102:  Average (P71)
```

```
 1: 1        Reps
 2: 29       Loc [ PSvolt_19 ]


103:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 29       Sample Loc [ PSvolt_19 ]

104:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 30       Loc [ PSvolt_20 ]

105:  Standard Deviation (P82)
 1: 1        Reps
 2: 30       Sample Loc [ PSvolt_20 ]

106:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 31       Loc [ inclino_1 ]

107:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 32       Loc [ inclino_2 ]

108:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 33       Loc [ inclino_3 ]

109:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 42       Loc [ F1        ]

110:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 43       Loc [ F2        ]


111:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 45       Loc [ BAR1      ]


112:  Average (P71)
 1: 1        Reps
 2: 47       Loc [ BAR2      ]

;-------------------------------------------------------------------------------


*Table 2 Program
  01: 10        Execution Interval (seconds)
1:  Serial Out (P96)
 1: 71       Storage Module

*Table 3 Subroutines

End Program
```

Annexe 5

Description géologique et photos des carottes des forages SC1 et SC2

Glissement de Ballandaz (73)
Sondage SC1




SC1
12.30 m
16.50 m
16.50 m
19.50 m
19.50 m
21.30 m
21.30 m
23.70 m
23.70 m
27.30 m
27.30 m
31.60 m


31.60 m
34 80 m
34 80 m
38 60 m
38 60 m
43 00 m
43 00 m
45.00 m – Fin de forage
Le substratum n'a pas été recoupé.

Glissement de BALLANDAZ (73) **Sondage SC2**

Profondeur (m)			tubage ODEX	description visuelle	type de prélèvement	observations
0.00	à	0.20		couverture végétale		
0.20	à	1.50		éboulis schisteux dans matrice argileuse très humide, peu compacte.	carottier battu	récupération = 90%
1.50	à	3.00		éboulis schisteux dans matrice argileuse très humide, peu compacte.	carottier battu	récupération = 90%
3.00	*à*	*3.50*		***Échantillon (1) intact ?? Description après ouverture***	*carottier poinçonneur à paroi épaisse, fonçage continu*	*récupération = 100%*
3.50	à	4.00		éboulis schisteux dans matrice argileuse très humide, peu compacte.Quelques blocs de quartzite.		
4.30	à	5.50		éboulis schisteux dans matrice argileuse très humide, peu compacte.Quelques blocs de quartzite.	carottier battu	récupération = 90%
5.50	*à*	*5.90*		***Échantillon (2) intact ?? Description après ouverture***	*carottier poinçonneur à paroi épaisse, fonçage continu*	*récupération = 100%*
5.90	à	7.00		éboulis, schiste altéré humide et peu compact dans matrice argileuse dominante	carottier battu	
7.00	à	7.85		éboulis, schiste altéré humide et peu compact dans matrice argileuse dominante		
7.85	à	8.50		éboulis, schiste altéré humide et peu compact dans matrice argileuse dominante		
8.50	à	8.90		***Échantillon (3) intact ?? Description après ouverture***	*carottier poinçonneur à paroi épaisse, fonçage continu*	*récupération = 100%*
8.90	à	9.70		éboulis compacts schisteux dans matrice argileuse. Quelques éléments de quartzites. (toit des moraines ?)	carottier battu	récupération = 90%
9.70	à	10.05		moraine, compacte, éléments de schiste et de quartzites dans matrice sablo limoneuse. Un bloc de 10 cm.	carottier double en rotation, forage à l'eau	récupération = 90%
10.05	à	10.50		idem	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 90%
10.50	à	11.50		moraine peu compacte, éléments de schiste et de quartzites dans matrice argilo sableuse..	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 50%
11.50	à	12.10	11.50	moraine peu compacte, éléments de schiste gris et de quartzites dans matrice sableuse. Matrice en partie délavée. Des éléments de conglomérat et de quartzite altérée..	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 50%
12.10	à	12.90		bloc de quartzite blanchâtre sain (12.10 à 12.55) et argile graveleuse (schiste altéré et éléments de quartzite)	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 90%
12.90	à	13.20		bloc de quartzite blanchâtre (40 cm) ou conglomérat sain cassé à la base	carottier double en rotation,	

Coupe SC2.xls

Glissement de BALLANDAZ (73) **Sondage SC1**

Profondeur (m)			tubage ODEX	description visuelle	type de prélèvement	observations	niveau d'eau	caisse / cotes	date
0.00	à	0.50		couverture végétale et éboulis	carottier battu	récupération = 30%		0.00	
0.50	à	0.85		éboulis avec blocs de quarzite. Matrice sablo-limoneuse puis argileuse (micaschiste altéré) vers 2.50 m. Vers 3.90 m fine matrice schisteuse.	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 90%		1	
0.85	à	2.20						2.20	
2.20	à							2.20	07/06/06
		4.00						2	
4.00		5.10		***Echantillon intact (échec)***	carottier triple en rotation à l'eau	récupération = 0%			
5.10		5.60		Eboulis, limon schisteux gris avec des éléments grossiers. Quelques éléments roulés. **Moraine ?**	carottier battu			5.6	
5.60		6.10		**Echantillon (1)**	carottier poinçonneur à paroi épaisse en percussion	récupération = 100%		5.60	
6.10		6.20		limon graveleux gris-argenté (schiste)				3	
6.20		6.80		limon argileux et graveleux gris argenté. Schiste altéré	carottier battu	récupération = 100%		6.80	
6.80		7.90		Grave limoneuse (argileuse ?) gris-argenté	carottier battu	récupération = 100%		6.80	
7.90		8.50		limon (argileux ?) graveleux gris	carottier battu	récupération = 100%		4 8.5	
8.50		9.85		grave limoneuse grise	carottier battu	récupération = 100%		8.50	08/06/06
9.85		11.00		limon graveleux gris avec passages quartzeux	carottier poinçonneur à paroi épaisse en percussion, vérinage impossible	récupération = 100%		5	
11.00		11.50							
11.50		12.30		**Echantillon (2)** Schiste argenté altéré moyennement compact et humide				12.30	
12.30		13.00	13.00	**Echantillon (3)** mis sous gaine, prélèvement dans caisse. Schiste argenté altéré compact et moins humide	carottier battu	récupération = 100%	11.85m à 19 h	12.30	
13.00		14.40		*échantillon intact (échec) Matériaux délavés. Schiste argenté avec éléments quartzeux (conglomérat ?)*	*carottier triple en rotation à l'eau*	*récupération = 40 %*	10.60m à 8 h		
14.40		14.80	14.80	bloc de quartzite et conglomérat dans matrice délavée	carottier triple en rotation à l'eau	*récupération = 90%*		6	09/06/06
14.80		15.80		bloc de quartzite et conglomérat et matrice délavée.	carottier double en rotation à l'eau	*récupération = 30%*			

Coupe SC1.xls

Glissement de BALLANDAZ (73) **Sondage SC1**

15.80	16.50		**Echantillon (4)** mis sous gaine, prélèvement dans caisse de 16.85 à 17.40 m. Schiste altéré gris-argenté avec des éléments grossiers plus sains.	carottier poinçonneur à paroi épaisse en percussion, vérinage impossible	récupération = 90%	5.70m à 15 h	16.50	12/06/06
16.50	17.40	17.40					16.50	
17.40	17.95		***Echantillon (5) intact (échec)*** *description après ouverture.* Matériau très compact et présence de blocs.		récupération = 100%	10.60 m à 8 h	7	13/06/06
18.00	19.00		grave et sable dans matrice limoneuse blanchâtre délavée.	carottier triple en rotation à l'eau	récupération = 20%			
19.00	19.20		grave sablo limoneuse	carottier battu	récupération = 100%			
19.20	19.50		**Echantillon (6)** mis sous gaine, prélèvement dans caisse de 20.00 à 20.30 m. Schiste gris argenté avec des éléments de quartzite.	carottier battu	récupération = 100%		19.50	
19.50	20.50						19.50	
20.50			schiste gris argenté avec des éléments de quartzite. Passage plus grossier de 20.50 à 20.70 m.	carottier battu	récupération = 100%		8	
	21.30						21.30	
21.30	22.00		schiste gris foncé et quartzite, compact.	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 50%		21.30	
22.00	22.60		blocaille de quartzite avec rares éléments de schistes dans matrice délavée.	carottier battu	récupération = 40%		9	
22.60	23.00		blocaille de quartzite avec rares éléments de schistes dans matrice délavée.	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 90%			
23.00	23.70	23.50	bloc de quartzite rose, sain.		récupération = 70%	6.70 m à 8 h	23.70	14/06/06
23.70	25.00	25.00	grave limoneuse et bloc de quartzite	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 30%		23.70	
25.00	26.50		graviers et blocs de quartzite et schiste gris altéré, dans matrice limoneuse.		récupération = 40%		10	
26.50	27.30		graviers et blocs de quartzite et schiste gris altéré, dans matrice limoneuse.		récupération = 100%		27.30	
27.30	28.20		bloc de quartzite rose dans matrice argilo-limoneuse (schiste altéré) avec éléments de schiste sain gris foncé.	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 52%		27.30	
28.20	29.10	29.10	graviers quartzitique avec quelques éléments de schiste dans matrice limoneuse.		récupération = 40%			
29.10	30.50		graviers (quartzite et schiste) dans matrice limono-sableuse		récupération = 80%		11	
30.50	30.80			destructif	récupération = 0%			
30.80	31.60		bloc de quartzite, grave (quartzite et schiste) dans matrice sablo-limoneuse. Bloc de schiste conglomératique.	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 80%		31.60	

Coupe SC1.xls

Glissement de BALLANDAZ (73) **Sondage SC1**

31.60		32.00	bloc de quartzite et bloc de schiste Grave (quartzite et schiste) dans matrice sablo-limoneuse	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 50%		31.60	
32.00		32.60	grave limono-sableuse , matrice abondante. Eléments schisteux et quartzeux.		récupération = 100%		12	
32.60		34.00	grave sablo-argileuse (éléments schisteux et quartzeux), l'ensemble compact et peu humide. Matrice en partie délavée.		récupération = 80%			
34.00		34.60	grave sablo-argileuse (éléments schisteux et quartzeux), l'ensemble compact et peu humide. Matrice en partie délavée.		récupération = 50%		34.60	
34.60		36.30					34.60	15/06/06
36.30		37.80	blocaille dans matrice argileuse blanchâtre, éléments quartzeux majoritaires	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 90%		13	
37.80		38.60					38.60	
38.60		39.30					38.60	
39.30	à	42.00	blocaille dans matrice argileuse blanchâtre, éléments quartzeux majoritaires. Passée graveleuse de 39.30 à 40.00m.	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 45%		14	
42.00		43.00	blocaille dans matrice délavée. Bloc de quartzite environ 0.20 m.				43.00	
43.00							43.00	
	à	45.00	blocaille dans matrice argileuse, éléments quartzeux et schisteux	carottier double en rotation à l'eau	récupération = 30%		15	
fin de sondage							45.00	

Coupe SC1.xls

Glissement de Ballandaz (73)
Sondage SC2




13.20 m
15.20 m
15.20 m
19.05 m
19.05 m
23.15 m
23.15 m
25.20 m
25.20 m
27.70 m
EI n°4
18.10 à 18.95
EI n°5
22.40 à 23.05 m


25.20
26.50
Détails 25.20 à 26.50 m
27.70 m
30.30 m
30.30 m
32.30 m
32.30 m
34.00 m
34.00 m
37.50 m



Détails de 40.00 à 44.50 m

Glissement de BALLANDAZ (73) **Sondage SC2**

Profondeur (m)			tubage ODEX	description visuelle	type de prélèvement	observations	niveau d'eau	caisse / cotes	date
0.00	à	0.20		couverture végétale				0.00	
0.20	à	1.50		éboulis schisteux dans matrice argileuse très humide, peu compacte.	carottier battu	récupération = 90%		1	
1.50	à	3.00		éboulis schisteux dans matrice argileuse très humide, peu compacte.	carottier battu	récupération = 90%			
3.00	*à*	*3.50*		*Échantillon (1) intact ?? Description après ouverture*	*carottier poinçonneur à paroi épaisse, fonçage continu*	*récupération = 100%*		*3.50*	
3.50	à	4.00		éboulis schisteux dans matrice argileuse très humide, peu compacte.Quelques blocs de quartzite				*3.50*	
								2	
4.30	à	5.50		éboulis schisteux dans matrice argileuse très humide, peu compacte.Quelques blocs de quartzite.	carottier battu	récupération = 90%		*5.50*	22/06/06
5.50	*à*	*5.90*		*Échantillon (2) intact ?? Description après ouverture*	*carottier poinçonneur à paroi épaisse, fonçage continu*	*récupération = 100%*		*5.50*	
5.90	à	7.00		éboulis, schiste altéré humide et peu compact dans matrice argileuse dominante	carottier battu			3	
7.00	à	7.85		éboulis, schiste altéré humide et peu compact dans matrice argileuse dominante				*7.85*	
7.85	à	8.50		éboulis, schiste altéré humide et peu compact dans matrice argileuse dominante				*7.85*	
8.50	*à*	*8.90*		*Échantillon (3) intact ?? Description après ouverture*	*carottier poinçonneur à paroi épaisse, fonçage continu*	*récupération = 100%*		4	
8.90	à	9.70		éboulis compacts schisteux dans matrice argileuse. Quelques éléments de quartzites. (toit des moraines ?)	carottier battu	récupération = 90%			
9.70	à	10.05		moraine, compacte, éléments de schiste et de quartzites dans matrice sablo limoneuse. Un bloc de 10 cm.	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 90%		*10.05*	
10.05	à	10.50		idem	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 90%		*10.05*	
10.50	à	11.50		moraine peu compacte, éléments de schiste et de quartzites dans matrice argilo sableuse..	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 50%			23/06/06
11.50	à	12.10	11.50	moraine peu compacte, éléments de schiste gris et de quartzites dans matrice sableuse. Matrice en partie délavée. Des éléments de conglomérat et de quartzite altérée..	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 50%		5	
12.10	à	12.90		bloc de quartzite blanchâtre sain (12.10 à 12.55) et argile graveleuse (schiste altéré et éléments de quartzite)	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 90%			
12.90	à	13.20		bloc de quartzite blanchâtre (40 cm) ou conglomérat sain cassé à la base	carottier double en rotation,			*13.20*	

Glissement de BALLANDAZ (73) **Sondage SC2**

13.20	à	13.80		dans matrice argilo limoneuse peu délavée.	forage à la boue			*13.20*	
13.80	à	14.25		bloc de conglomérat sain à fracturé (20°ou subvert ical), quartzite rose et schiste gris-vert. Bloc cassé au marteau pour mise en caisse.	carottier double en rotation, forage à la boue	*récupération = 100%*	6 m à la reprise le matin	6	26/06/06
14.25	à	15.20		second morceau du bloc précédent de conglomérat				*15.20*	
15.20	à	16.10		bloc de conglomérat très fracturé, légère matrice argileuse	carottier triple en rotation, forage à la boue	récupération = 80%		*15.20*	
16.10	à	17.70		*prélèvement intact à prévoir lors du sondage destructif à proximité*	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 0%			
17.70	à	18.10		moraine plus sèche. Matrice argilo limoneuse et graveleuse dominante. Quelques éléments grossiers.	carottier battu	récupération = 100%		7	
18.10	à	18.55		*Échantillon (4) intact ?? Description après ouverture*	carottier triple en rotation, forage à la boue	récupération = 80%			
18.55	à	19.05		moraine peu compacte à dominante schisteuse (argile graveleuse). Quelques blocs.				*19.05*	
19.05	à	20.50	20.50	perte carotte. Légère perte d'eau et bourrage carottier. Descente très rapide du carottier sans rotation sur ~ 30 cm. (moraine très peu compacte ?) *Prélèvement intact à prévoir lors du sondage destructif à proximité*	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 0%		*19.05*	27/06/06
20.50	à	21.50		schiste gris très altéré avec quelques éléments de quartzite rose. Matrice argileuse très abondante, peu humide et peu compacte.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 80%			
21.50	à	22.10		schiste gris altéré et quartzite (conglomérat) avec des graviers quartzeux et schisteux dans matrice argileuse.	carottier double en rotation, forage à la boue			8	
22.10	à	23.05		Bloc de quartzite (ou conglomérat) dans matrice argileuse.	carottier triple en rotation, forage à la boue				
23.05	à	23.15		Argile graveleuse gris-vert peu compacte. Schiste altéré avec rares éléments quartzeux.				*23.15*	
23.15	à	23.85		bloc de quartzite rose et matrice argile graveleuse (schiste altéré. Léger bourrage du carottier.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 75%		*23.15*	
23.85	à	24.25		moraine peu compacte humide gris-vert. Schiste très altéré et éléments quartzeux roses. (argile graveleuse)	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 65%	6.80 m à la reprise le matin	9	
24.25	à	25.20		moraine schisteuse et quartzeuse, bloc de conglomérat (40 cm) puis blocaille (quartz rose) dans matrice argileuse	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 95%		*25.20*	
25.20	à	26.50		Argile sablo graveleuse gris-vert peu compacte (schiste très altéré et éléments quartzeux) puis bloc (30 cm) de conglomérat à dominante quartzeuse sur argile graveleuse gris-argenté ; humide.	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 60%		*25.20*	
								10	28/06/06
26.50	à	27.70		Descente lente. Blocaille dans matrice argilo graveleuse. Conglomérat, éléments décimétriques rosés.	carottier double en rotation, forage à la boue			27.70	
27.70	à	28.60		Bloc de conglomérat altéré (45 cm) sur argile légèrement graveleuse. Quelques éléments quartzeux rosés.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 72%		*27.70*	
28.60	à	29.60	29.50	grave argileuse (schisteuse avec éléments de quartzite rose) peu humide gis blanc.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 25%		11	

Glissement de BALLANDAZ (73) **Sondage SC2**

29.60	à	30.30		blocaille ou cailloutis dans matrice argileuse et schisteuse. Eléments quartzeux roses majoritaires.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 85%		30.30	
30.30	à	31.50		bloc de quartzite 45 cm (ou conglomérat) sur de petits blocs dans matrice délavée et bloc broyé avec présence de chlorite verte vers 30.75 m.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 58%		30.30	
								12	
31.50	à	32.30		bloc de quartzite broyée (40 cm) puis blocaille dans matrice argileuse et graveleuse.	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 85%		32.30	
32.30	à	32.55		bloc de quartzite broyée	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 85%		32.30	
32.55	à	32.85		graviers dans matrice argileuse grise à marron					
32.85	à	33.10		bloc de quartzite broyée				13	29/06/06
33.10	à	33.60		bloc de quartzite (40 cm, suite du précédent bloc)	carottier double en rotation, forage à l'eau.	récupération = 65%			
33.60	à	34.10		blocaille dans matrice argileuse gris-vert.				34.00	
34.10	à	34.75		blocaille décimétrique dans matrice argileuse gris-verte puis bloc de quartzite (50 cm) avec fissure horizontale remplie d'argile micacée gris argenté.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 80%		34.00	
34.75		36.00		blocaille dans matrice argileuse grise. Schiste argenté très altéré, quelques éléments de quartzite.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 30%		14	
36.00		37.50		blocaille dans matrice argileuse gris-blanc à jaunâtre puis gris-vert. Bloc de schiste gris altéré décimétrique. Descente très rapide du carottier de 37.20 à 37.50 sans rotation.	carottier double en rotation, forage à la boue	récupération = 45%		37.50	
37.50		38.50	38.50	argile graveleuse peu compacte blanchâtre à gris argenté (schiste très altéré). *Prélèvement d'un échantillon de 38.05 à 38.35 m.*	carottier battu	récupération = 95%		37.50	30/06/06
								15	04/07/06



Centre scientifique et technique
Service Aménagement et Risques Naturels
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34