



# RAPPORT DE STAGE DE DIAGRAPHIE

Marina DEBRET  
Merli ENDAMNE OBIANG  
Phoebé FROISSART  
Marion POUSSIN  
Anthony YORILLO

**Mardi 24 Mai 2022**



**Encadrants :** Jean-François GIRARD, Guy MARQUIS, Dimitri ZIGONE, Matthias ZILLMER

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
1.1	Présentation du site . . . . .	3
1.2	Histoire des forages et but du stage . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Profil sismique vertical</b>	<b>4</b>
2.1	Théorie et objectifs de la méthode . . . . .	4
2.2	Matériel et mise en place sur le terrain . . . . .	4
2.3	Résultats . . . . .	5
2.4	Interprétation . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Diagraphie électrique et log sonique</b>	<b>7</b>
3.1	Matériel et mise en place terrain . . . . .	7
3.2	Log sonique . . . . .	8
3.2.1	Matériel spécifique et objectifs . . . . .	8
3.2.2	Résultats . . . . .	8
3.2.3	Interprétation . . . . .	9
3.3	Log électrique . . . . .	10
3.3.1	Matériel spécifique et objectifs . . . . .	10
3.3.2	Résultats . . . . .	11
3.3.3	Interprétation . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Mesures thermiques, électriques et de pression</b>	<b>12</b>
4.1	Objectifs de la méthode . . . . .	12
4.2	Matériel et mise en place sur le terrain . . . . .	12
4.3	Résultats . . . . .	13
4.4	Interprétation . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Log radar en forage</b>	<b>15</b>
5.1	Objectifs de la méthode . . . . .	15
5.2	Matériel et mise en place sur le terrain . . . . .	15
5.3	Résultats . . . . .	16
5.4	Interprétation . . . . .	17
<b>6</b>	<b>Discussion et conclusion</b>	<b>18</b>

# 1 Introduction

## 1.1 Présentation du site

Le bassin versant du Strengbach est un site de moyenne montagne (entre 800 et 1100m d'altitude), dont la température moyenne annuelle est de 6°C et la précipitation moyenne est de 1400 mm/an. Le sol du bassin est principalement du granite ou des roches granitiques. C'est un site d'étude de référence pour la météorologie, la géochimie, l'hydrologie et la géophysique depuis 1986 en France et dans le monde. Ce site est administré par l'OHGE (Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement), afin d'effectuer une surveillance des éco-systèmes pour répondre aux grands enjeux de préservation des sols, des eaux et des systèmes forestiers. Il est d'une importance capitale car il est utilisé comme ressource d'eau potable dans la région.

Plusieurs forages ont été effectués dans ce site et nous avons effectué des mesures sur 4 d'entre eux : F6 et F1b qui sont situés dans le haut du bassin, ainsi que F5 et F7 qui, eux, sont situés plus bas dans le bassin versant (figure 1).

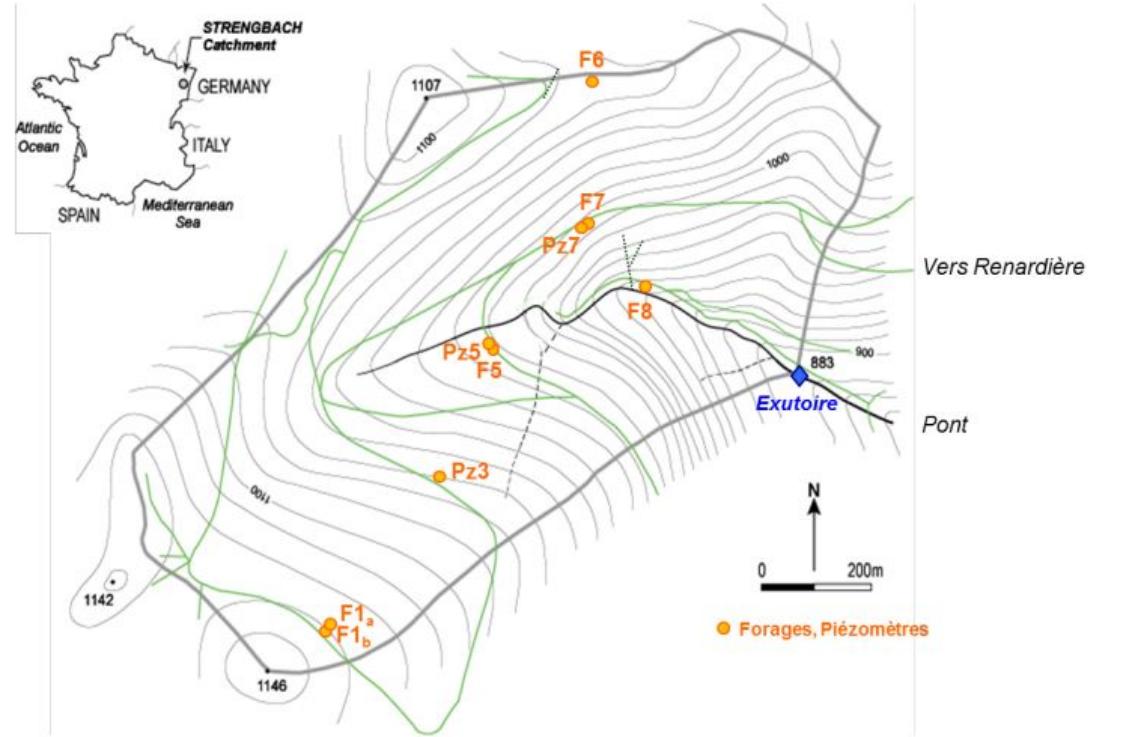


FIGURE 1 – Bassin du Strengbach et positionnement des forages de forage

## 1.2 Histoire des forages et but du stage

Les forages du bassin versant ont pour principaux buts d'étudier la lithologie profonde et la dynamique de l'eau. Pour cela, lorsque le forage est fait, une étude de la carotte prélevée et des logs diagraphiques permettent une estimation rapide de la lithologie du milieu. Ceci va permettre, à terme, de constituer la paroi du forage. En effet, la paroi du forage ne sera pas la même selon les différentes couches du milieu. Les mesures diagraphiques permettent de savoir où se localisent les zones perméables. Lors de la cimentation du forage, des sables ou des billes d'argiles sont déposés devant ces zones afin de calculer la perméabilité du milieu. Souvent, des tubes de PVC sont introduits dans les forage pour éviter les contaminations entre différentes nappes ainsi que pour "tenir" le forage dans le cas où les roches à proximité seraient plus meubles. Le tube de PVC est plein et lisse tout au long du forage, sauf devant les zones de perméabilité où des crépines sont coupées sur le tube (petites fentes permettant le passage de fluides).

Un **forage** est l'action de creuser un trou. La profondeur de ce trou peut varier de quelques dizaines de mètres à des centaines de mètres. On fore pour prospecter et/ou exploiter le sous-sol. Une **diagraphie** est une technique géophysique employée dans les forages. Elle permet de mesurer un paramètre physique caractéristique du terrain avec une bonne résolution verticale. Les différents logs que l'on a effectué lors de ce stage apportent des informations sur la perméabilité, la résistivité, la vitesse des ondes P et l'amplitude des ondes électromagnétiques qui permettent de reconstituer la lithologie du milieu et de surveiller l'évolution du forage.

Pour effectuer nos mesures, nous prenons des précautions pour préserver le matériel d'autres expériences scientifiques. En effet, lors de l'ouverture des forage, nous avons retiré le matériel relatif aux expériences d'hydrologie en prenant garde à les réserver dans des sacs en plastique, afin d'éviter toute contamination. Pareillement, nous avons nettoyé et préservé au mieux nos instruments avant de les introduire dans les forages.

## 2 Profil sismique vertical

### 2.1 Théorie et objectifs de la méthode

Nous avons effectué nos mesures dans le forage F6, profond de 121m à une altitude de 1075m. C'est un forage tubé sur toute sa longueur par du PVC. Le but de cette méthode est d'utiliser le principe source-récepteur autour d'un forage afin d'établir un profil sismique vertical. Ce profil détermine la vitesse des ondes sismiques (ondes P) en fonction de la profondeur (figure 4).

### 2.2 Matériel et mise en place sur le terrain

Afin de mettre en oeuvre cet atelier, nous avons eu besoin d'une source sismique en surface (figure 3), d'un hydrophone en profondeur et d'un géophone en surface, d'une batterie pour alimenter le système, d'un ordinateur avec le logiciel *VScope* pour l'acquisition des résultats, ainsi que d'un GPS.

L'ordinateur (ethernet), l'accéléromètre (trigger), la batterie (power), le GPS, l'hydrophone et le géophone (via l'adaptateur) sont reliés au sismographe Daklink III de l'entreprise *Seismic Source*.

Le principe de l'acquisition est le suivant :

Nous faisons descendre l'hydrophone (sonde sismique réceptrice) à profondeur de forage souhaitée grâce aux graduations métriques sur son câble (figure 2). Une fois la sonde stabilisée, nous

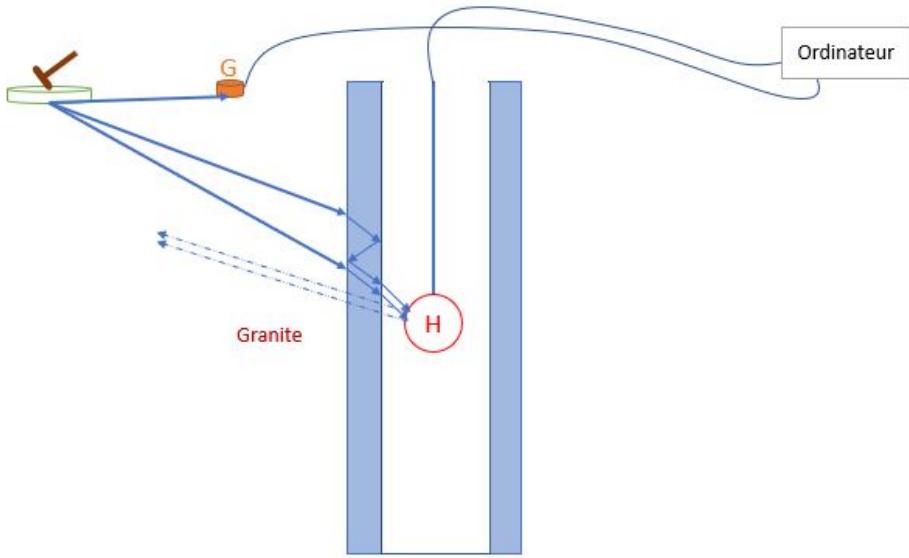


FIGURE 2 – Schéma représentatif de la méthode du profil sismique vertical

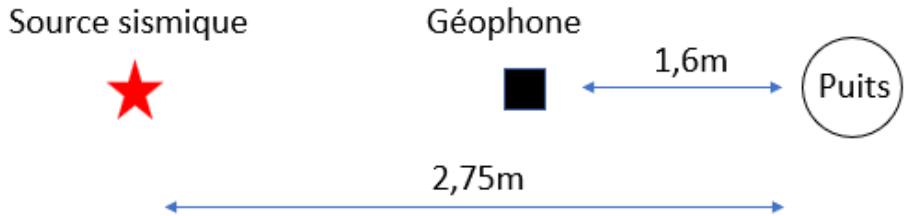


FIGURE 3 – Schéma emplacement de la source sismique, du géophone et de l'hydrophone

frappons la plaque de métal avec le marteau pour créer une source sismique dont les ondes sont propagées en profondeur. Le marteau est équipé d'un accéléromètre qui est relié au sismographe qui lui-même sert au lancement de l'acquisition sur le logiciel (trigger). Le géophone placé à la surface sert de mesure de référence. Le signal reçu sera donc affiché sur le logiciel et enregistré pour traitement.

Chaque trace est enregistrée indépendamment dans un fichier *seg-y*. Une étape de prétraitement est donc nécessaire. M. Zillmer nous a alors fourni des données concaténées et fait d'autres traitements. Nous pouvons alors utiliser ce nouveau fichier pour le traitement.

## 2.3 Résultats

Grâce au module Seismic Unix, plus particulièrement à la fonction *suxwigb*, nous avons pu visualiser les traces concaténées.

Nous remarquons sur la figure 4a un premier signal qui apparaît à 0 s. Il ne correspond pas

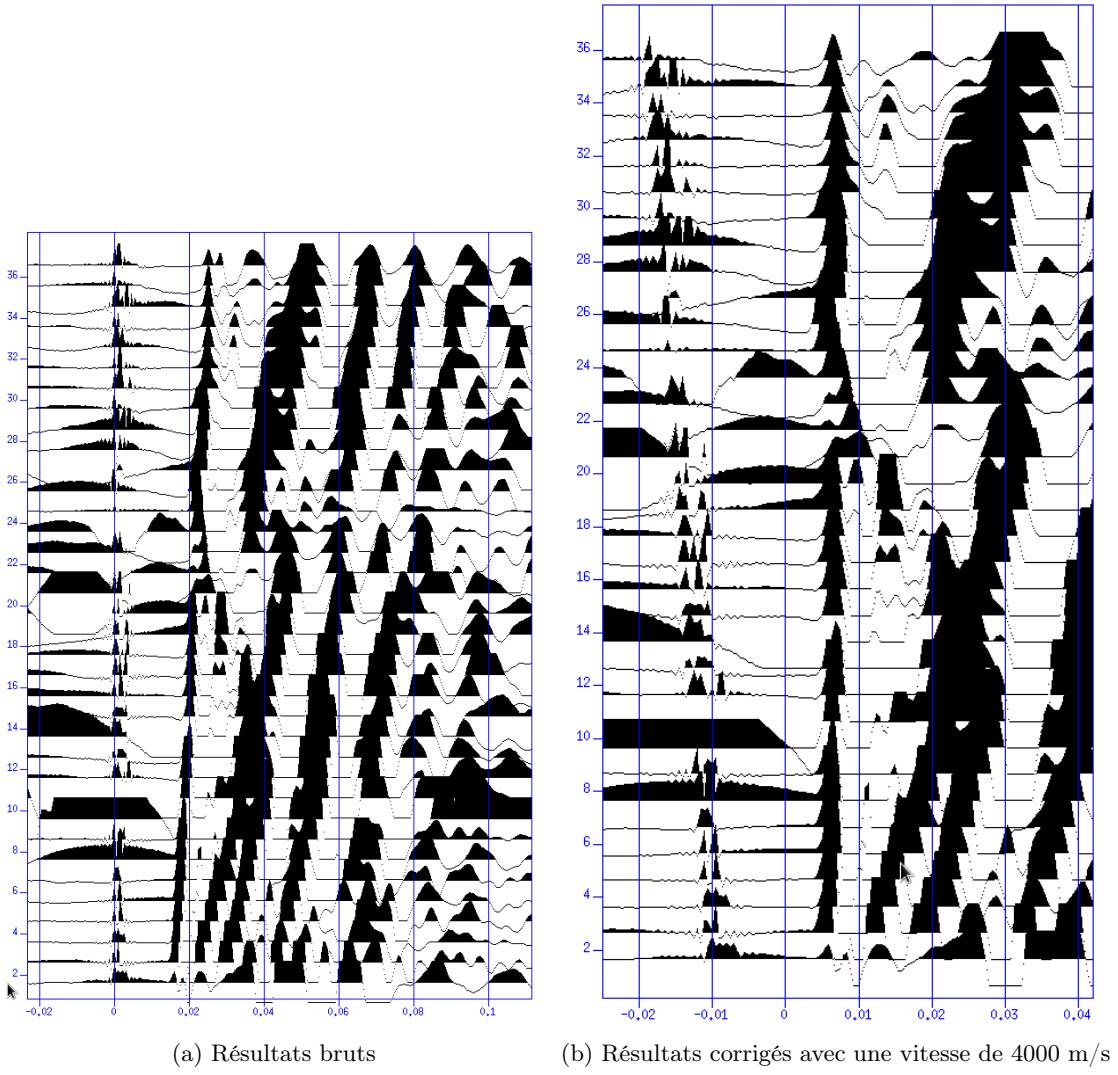


FIGURE 4 – Profil sismique vertical

aux premières arrivées mais à du bruit électromécanique. Les premières arrivées sont donc les signaux suivants.

Par ailleurs, les profils sismique (figure 4a) ont pu être modifiés dans le cadre d'un traitement visant à déterminer les vitesses des ondes. En effet pour une vitesse donnée ( $V_{app}$ ), la fonction *sreduce* permet de corriger (correction NMO) les temps d'arrivée des ondes sismiques. En effet le temps doit être corrigé selon  $t_{new} = t - \frac{z}{V_{app}}$  avec t le temps en seconde, z la profondeur en mètre et Vapp la vitesse apparente choisie en m/s. Cela a pour conséquence de modifier la pente des premières arrivées. Lorsque cette pente est verticale, cela signifie que la vitesse de correction correspond à la vitesse des ondes P dans ce milieu. Dans notre cas, on trouve une vitesse de 4000 m/s (figure 4b).

Sur la figure 4b, on remarque une anomalie de la 21<sup>ème</sup> à la 24<sup>ème</sup> trace. Etant donné que les mesures ont été effectuées de 40 à 76 m, cette anomalie se situe en réalité à **61 m de**

**profondeur.** Cette irrégularité se caractérise par une atténuation des premières arrivées et une deuxième arrivée très proche des premières.

## 2.4 Interprétation

La vitesse de 4000 m/s obtenue est représentative d'une roche consolidée type granite. De plus, cette vitesse est peut-être sous-estimée à cause de la présence d'un casing en PVC autour du forage. Le profil lithologique du forage F6 nous indique qu'il est creusé dans le granite, ce qui concorde avec notre estimation de vitesse.

Cependant, nous avons observé une anomalie des temps d'arrivée entre la 21<sup>ème</sup> et la 24<sup>ème</sup> trace. En effet, nous avons observé une diminution de l'amplitude des premières arrivées et un deuxième train d'onde de même polarité qui se juxtapose aux premières arrivées. Le fait qu'elles soient de même polarité exclut une réflexion sur le réseau de faille entre 63.8 m et 64.4 m. On peut en revanche supposer une anomalie dans le casing, produisant des réflexions (doubles) de même polarité. Cette anomalie serait selon nos suppositions, liée à la circulation directe des fluides du fait de la présence du tube crépiné entre 62 et 68 m.

De plus, les observations sur la fiche technique du forage ont montré que le granite est fracturé entre 63,8 et 64,4 m de profondeur. Ainsi, l'anomalie observée sur la figure 4b met en évidence cette zone fracturée du granite.

## 3 Diagraphie électrique et log sonique

Pour effectuer cette mesure nous avons utilisé le forage F1b. Ce forage est profond de 86,3m et est à une altitude de 1120m. C'est un forage ouvert, ce qui signifie qu'il n'y a pas de PVC sur toute la longueur du forage.

### 3.1 Matériel et mise en place terrain

Comme nous pouvons le voir sur la figure 5a, nous faisons descendre le matériel d'acquisition acoustique et électrique à l'aide d'un treuil (1 sur la figure 5b). Le treuil est mécanisé, il faut donc de l'énergie pour l'alimenter : il a besoin d'un apport de 220V pour fonctionner. Cependant, sur le terrain, il est compliqué d'avoir un tel apport d'énergie. Ainsi, le treuil est branché sur un alternateur (4) qui transforme 24V DC (branché sur 2 batteries 12V en série (5)) en 220V AC. Le treuil est directement connecté au numériseur MATRIX de *Mount Sopris* (2) pour enregistrer les données.

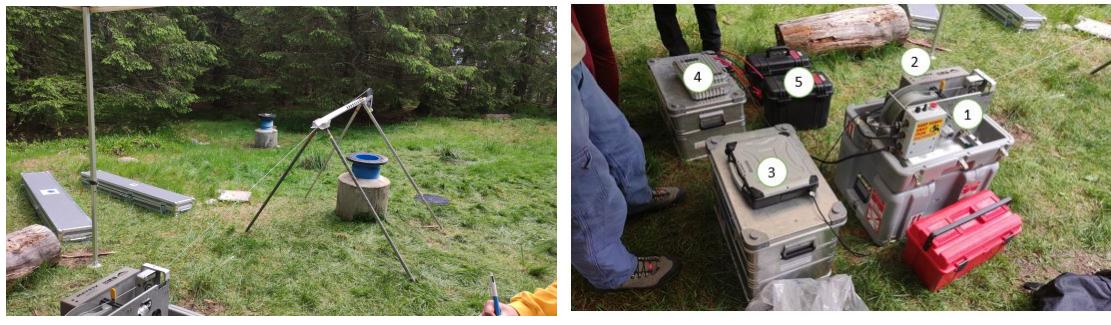


FIGURE 5 – Matériel général pour l'acquisition sonique et électrique

L'acquisition se fait à partir du logiciel *Logger*, à partir duquel nous pouvons régler les paramètres d'acquisition. Il s'agit donc premièrement de faire correspondre l'anneau 0 de la sonde au niveau 0 du forage. À partir de ce moment là, nous pouvons régler le niveau zéro sur le logiciel (avec le "Zero tool"). Les paramètres d'acquisition sont ensuite enregistrés. Lorsque l'acquisition démarre, les stacks sont envoyés directement à l'émetteur par un câble à l'intérieur du câble en métal du treuil. Les données reçues sont renvoyées de la même manière au numériseur pour enregistrement sur l'ordinateur.

Cette installation est identique dans le cas de l'aquisition sonique et électrique.

### 3.2 Log sonique

#### 3.2.1 Matériel spécifique et objectifs

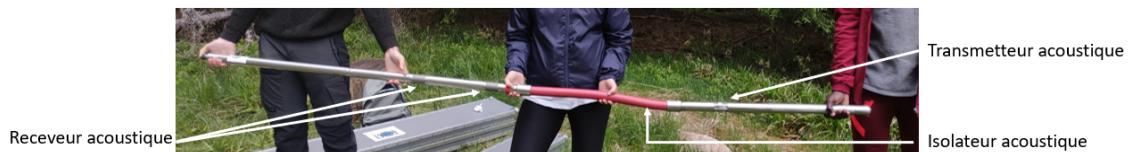


FIGURE 6 – Sonde acoustique 2SAA-1000 (F) de 2,72m de longueur

Comme nous pouvons le voir sur la figure 6, nous utilisons une sonde acoustique 2SAA-1000-F organisée en deux parties : l'émetteur se trouve dans la partie basse de la sonde tandis que les deux récepteurs se trouvent dans la partie haute. Les deux parties métalliques de la sonde sont séparées par un isolant acoustique en plastique qui permet de supprimer les potentiels bruits entre l'émetteur et les récepteurs ainsi que d'empêcher l'onde de se propager le long de la sonde (le métal est conducteur). La distance émetteur-récepteurs est de 91cm pour le plus bas, et 1,22m pour l'autre. Plus cette distance est grande, plus la prospection latérale autour du forage est grande donc nous pouvons récolter des informations sur le milieu. La présence de deux récepteurs permet d'avoir une longueur d'investigation plus large. En effet, lorsque l'émetteur envoie des ondes acoustiques, les récepteurs vont enregistrer des **ondes coniques** (figure 7). Ces ondes nous donnent accès aux propriétés de la lithologie du milieu.

Lors de l'acquisition à la descente, les réglages d'acquisition sont réglées pour une mesure tous les 10cm. La fréquence d'acquisition est de 1kHz, une première amplification des ondes acoustiques est de 4dB (gain), le holdoff est de  $100\mu\text{s}$ , et 16 stacks sont émis dans un intervalle de 100ms. À la montée, les mesures sont effectuées tous les 10cm, la fréquence d'émission est de 10kHz, le gain de 16dB et on effectue 4 stacks en 100ms.

#### 3.2.2 Résultats

Pour analyser les résultats nous avons utilisé la bibliothèque *matplotlib* de *Python*. Sur les deux logs, les données entre 0 m et 9 m sont de très faibles amplitudes et sont donc inexploitables. Cela est dû à l'impédance de l'air, qui empêche un retour de l'onde au niveau des capteurs. De plus, entre 25 et 58 m on observe une forte atténuation des ondes de Stoneley. À 61m on remarque une anomalie, qui est caractérisée par une atténuation des ondes P et des ondes de surface (figure 8).

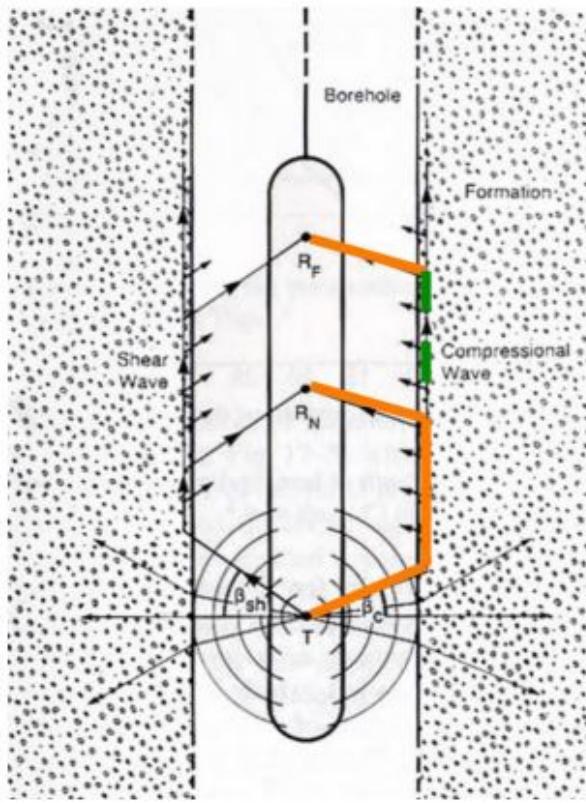


FIGURE 7 – Schéma de la sonde sonique et représentation des ondes coniques dont la propagation permet de caractériser le milieu

### 3.2.3 Interprétation

Les données inexploitables correspondent à la hauteur d'air dans le forage puisque les ondes acoustiques ne se propagent pas dans l'air

Nous avons appliqué plusieurs filtres sur les données brutes obtenues sur les figures 8a et 8b. L'analyse des ondes de Stoneley permet d'estimer les propriétés des roches, ces ondes sont des ondes limites qui se propagent sur la paroi du forage. Pour les mettre en évidence, nous appliquons un filtre passe-bas. Cependant, leur mise en évidence ne nous donne pas d'informations supplémentaires pour l'interprétation des données. Un autre filtre passe-haut a été appliqué à nos données mais celui-ci ne nous donne rien de plus. L'atténuation des ondes observées à 63m sur la figure 8 peut justifier la présence de fractures dans le granite. En effet, l'atténuation des ondes acoustiques est sensible aux fractures. Aussi, l'atténuation moins localisée entre 25m et 60m peut montrer une augmentation de porosité. Cependant cette hypothèse semble moins probable au vue de la lithologie du milieu.

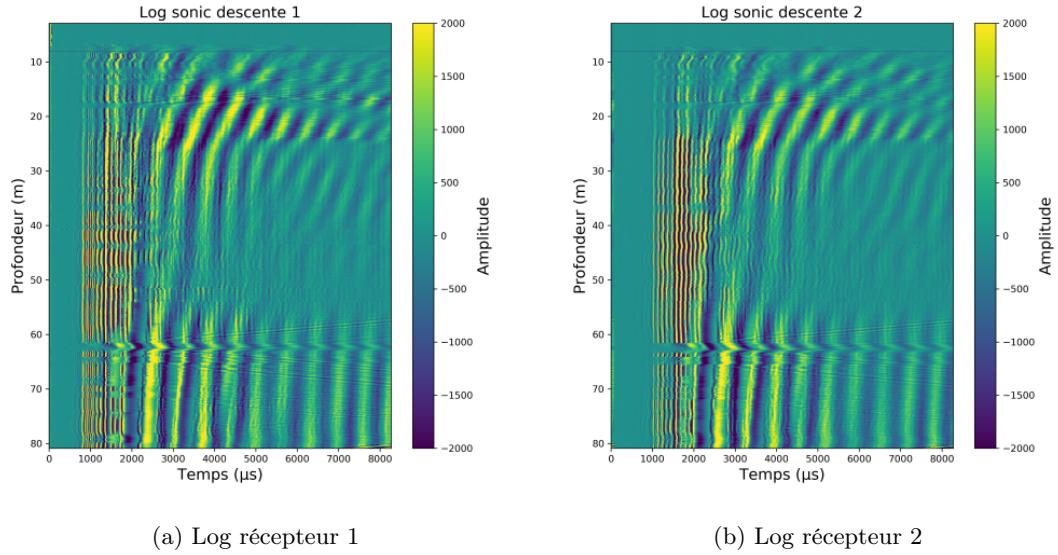


FIGURE 8 – Log sonique en descente



FIGURE 9 – Sonde de résistivité QL40 ELOG de 9,97m de longueur

### 3.3 Log électrique

### 3.3.1 Matériel spécifique et objectifs

Pour mesurer la résistivité, on utilise la sonde de résistivité QL40 ELOG (figure 9), qui envoie un courant électrique. Cette sonde numérique mesure simultanément la résistivité normale de 8, 16, 32 et 64 pouces (figure 10). Ce courant est injecté dans la formation à partir de l'électrode de transmission. Les potentiels induits par ce courant sont mesurés par les 4 électrodes réceptrices de la sonde par rapport à une électrode de référence de tension située au sommet de la bride d'isolation. L'espacement entre l'électrode de source et les électrodes réceptrices détermine la profondeur d'investigation de la mesure comme on peut le voir sur la figure 10 (de la même manière que pour la sonde acoustique). On retrouve la résistivité de la formation à partir du potentiel grâce à la loi d'Ohm :  $U = R * I$ . Ceci va nous permettre d'enregistrer des profils de résistivité à différentes profondeurs d'investigation et obtenir des informations sur la perméabilité, la porosité, la qualité de l'eau et les propriétés de la formation géologique. La

sonde effectue des mesures tous les 5cm.

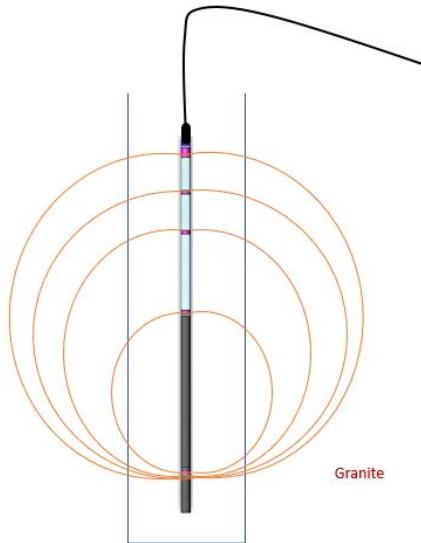


FIGURE 10 – Schéma représentatif de la propagation des ondes électriques

### 3.3.2 Résultats

Pour interpréter les résultats nous avons utilisé Python. On peut observer au premier ordre (figure 11) qu'entre 10 et 18m, la résistivité est très grande et que les courbes ne se superposent pas. Entre 20 et 60m, les courbes de résistivité se superposent. On remarque qu'entre 60 et 65m il y a une diminution importante d'un facteur  $\sqrt{10}$  de la résistivité. Par ailleurs, après 65m de profondeur les courbes sont de nouveaux superposées.

### 3.3.3 Interprétation

La haute résistivité observée au début du forage est due à l'air. Par la suite, la superposition des courbes traduit le fait que le milieu environnant est homogène. L'anomalie observée entre 60 et 66m est due à une fracture car la présence d'eau fait diminuer la résistivité. De plus, le capteur RX8 a une chute beaucoup plus importante que RX64. Cela signifie que la fracture est proche du forage. Le pic présent à environ 65m est négligeable car les courbes se superposent (ce qui traduit l'homogénéité du milieu), et selon le log sonique aucune anomalie n'apparaît.

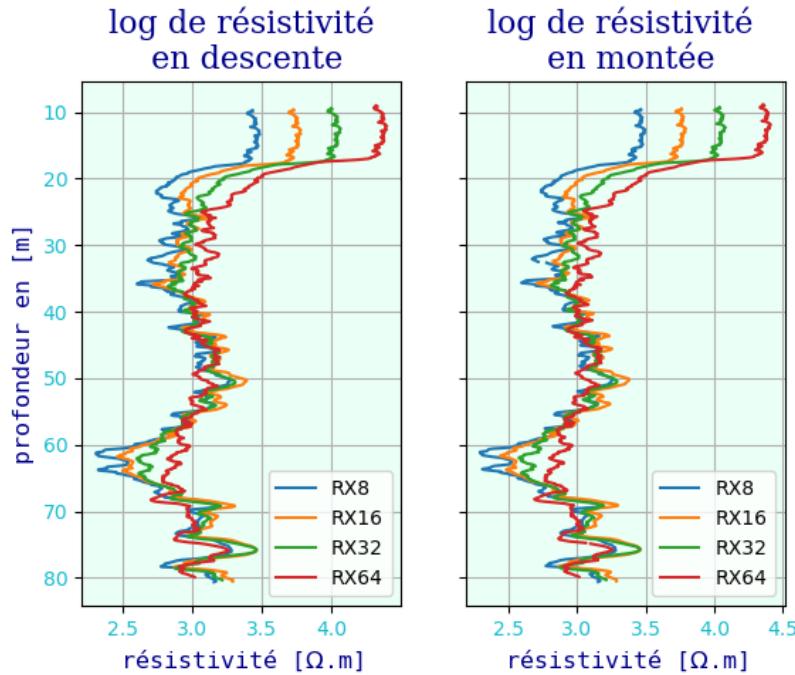


FIGURE 11 – log de résistivité

## 4 Mesures thermiques, électriques et de pression

Pour cette mesure, nous avons utilisé le forage F7 d'une profondeur de 52m, à une altitude 995m et entièrement tubé de PVC.

### 4.1 Objectifs de la méthode

L'objectif de la méthode est de déterminer la lithologie du milieu en utilisant un appareil facilement transportable.

### 4.2 Matériel et mise en place sur le terrain

Le piezomètre (Figure 12) permet de déterminer le niveau de l'eau dans le forage. En effet, lorsque le capteur touche l'eau, il émet du son et nous permet de lire la mesure à ce moment. Le capteur CTD-Driver (Figure 13a) mesure la conductivité, la pression et la température. En effet, le CTD-Driver est également équipé d'un capteur de conductivité à 4 électrodes pour mesurer la conductivité électrique de l'eau de 0 à 120 mS/cm. Dans notre cas, nous réglons la sensibilité du capteur à 30 mS/cm. Normalement le capteur doit rester fixe dans le temps mais avec une fréquence de 1Hz et en faisant varier la profondeur, nous pouvons obtenir un profil de conductivité et de température en fonction de la profondeur. Pour cette méthode nous utilisons une poulie manuelle (Figure 13b)



FIGURE 12 – Piezomètre attaché à une poulie manuelle



(a) Sonde CTD-Driver (b) Poulie manuelle

FIGURE 13 – Matériel d'aquisition pour les log thermique, de conductivité et de pression

### 4.3 Résultats

Nous remarquons d'abord que dans la figure 14, les logs de montée et de descente sont quasiment identiques. Dans les deux cas, la pression est lire, la température augmente avec la profondeur (de  $0,6^{\circ}\text{C}$  au maximum) et la conductivité augmente d'abord rapidement puis réaugmente au fond du forage.

Ensuite, nous remarquons que dans le log de descente (figure 14a), la mesure de température varie beaucoup à 6-7m de profondeur. Ce motif traduit simplement nos "tests" en descente manuelle et donc la sonde entrant et sortant de la surface de l'eau du forage, avant de réaliser la descente complète. De la même manière lors de la remontée, nous avons beaucoup bougé la sonde au fond du forage pour la "nettoyer". Ainsi, les mesures de conductivité dans le log de la

remontée sont perturbées vers 53-54m de profondeur.

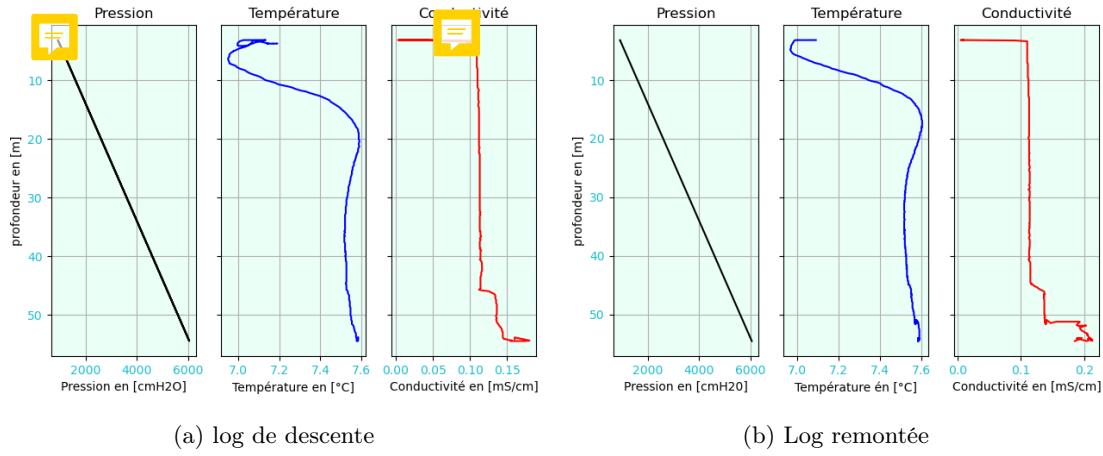


FIGURE 14 – Log thermique, de conductivité et de pression

Analysons les logs par paramètre.

### Pression

La pression est strictement linéaire car nous l'obtenons grâce à l'équation (1) avec  $h$  la hauteur d'eau ;  $\rho$  la densité de l'eau ;  $g$  l'accélération de la pensanteur ; et  $p$  la pression. Ainsi, la pression augmente avec la profondeur.

$$p = \frac{h}{\rho g} \quad (1)$$

### Température

Lors de la descente comme de la remontée, la température suit exactement les mêmes variations. Lorsque la sonde est plongée dans le forage, sur les premiers mètres la température diminue car elle était en contact avec la température extérieure. L'eau est donc un peu plus froide à la zone de contact entre l'air et l'eau. Par la suite, entre 5m et 17m, la température augmente. Ceci est dû à la sonde plongeant plus profondément dans le forage en s'éloignant de cette zone de contact. À partir de 17m, la température semble se stabiliser.

### Conductivité

La conductivité suit aussi les mêmes variations. À l'entrée dans l'eau du forage, la conductivité augmente d'un coup jusqu'à une valeur de 0,11 mS/cm. La conductivité reste constante jusqu'à 45m de profondeur, puis augmente jusqu'à 0,14 mS/cm. Au fond du puits, la conductivité augmente de nouveau, mais ne dépasse pas 0,2 mS/cm.

## 4.4 Interprétation

Les variations de températures sont certainement dues au changement de milieu entre l'air et l'eau, qui crée une zone à fort gradient pour les premiers mètres en immersion. Lorsqu'elle se stabilise, nous pouvons en déduire qu'il n'y a pas de circuit de mélange d'eau interne.

Les variations de conductivité, quant à elles, sont assez représentatives du milieu. L'augmentation à 47m de profondeur traduit une augmentation des ions à ce niveau. Nous pouvons l'associer à une faille qui ferait entrer de l'eau dans le forage. Cette augmentation de la conductivité au fond du forage, dans les derniers mètres du log, traduit surtout une concentration d'ions

qui peut aussi être associée à de la boue. Dans l'ensemble, nous pouvons aussi estimer que les augmentations des quantités au fond du forage sont sûrement liées à l'agitation accumulée tout au long de la journée, ce qui a empêché les particules de se stabiliser au fond du forage. Elles-ci seraient plus ou moins restées en suspension dans les derniers mètres du forage.

## 5 Log radar en forage

### 5.1 Objectifs de la méthode

Des ondes électromagnétiques sont envoyées dans le forage. Elles mettent en évidence la lithologie et l'existence de potentielles fractures.

### 5.2 Matériel et mise en place sur le terrain

Pour cette méthode nous utilisons le forage ouvert F5, d'une profondeur de 50m à une altitude de 1010m.

La sonde RADAR (MALAC) (figure 15a) est composée d'une antenne émettrice en bas et d'une antenne réceptrice en haut, séparées par une section neutre (le manchon de 50cm). Ce dernier permet d'éviter la propagation directe entre l'émetteur et le récepteur, ce qui pourrait fausser les mesures.

Une fibre optique, qui est liée à la sonde radar, (figure 15a) descend le long du forage à l'aide d'une roue codeuse (figure 15b). La fibre optique est reliée à une console d'acquisition qui elle-même est reliée à l'ordinateur. La console d'acquisition prend une mesure tous les 5cm grâce à la roue codeuse (figure 15b). La fibre optique mesure l'amplitude des ondes électromagnétiques qui vont se propager comme des ondes progressives dans le milieu. En parcourant le milieu, ces ondes vont rencontrer des anomalies et une partie du signal sera renvoyé à l'émetteur (figure 16).



(a) sonde radar



(b) Roue codeuse

FIGURE 15 – Matériel d'aquisition pour les log radar

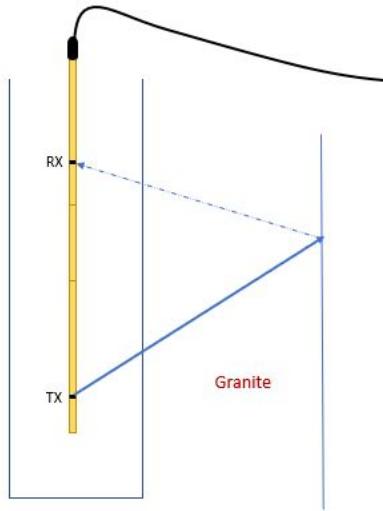


FIGURE 16 – Schéma représentatif de la propagation des ondes dans la mise en place de l’expérience du log radar en forage

### 5.3 Résultats

Le logiciel *RadLab* nous a permis de visualiser les données obtenues en log de forage. Sur la figure 17 on observe pour le log en descente, une forte atténuation entre 5 et 9m. Dans cette portion l’amplitude des ondes est très faible, quasiment nulle. On observe aussi de façon plus localisée des atténuations d’amplitudes aux alentours des profondeurs 21, 26 et 32m. Le même schéma d’atténuation s’observe pour le log en remontée (figure 18), cependant les profondeurs diffèrent. En effet les atténuations légères sont localisées proche de 14, 20 et 24m, et la bande d’atténuation forte se situe entre 35 et 40m.

Par ailleurs, nous avons appliqué différents traitements sur ces images et nous avons obtenu l’image 19. Ces traitements avaient pour but de mettre en évidence les hyperboles de diffraction résultantes des anomalies dans les roches. Après modélistion par tracé d’hyperboles synthétiques, nous avons pu déterminer la vitesse des ondes électromagnétiques en fonction de la profondeur.

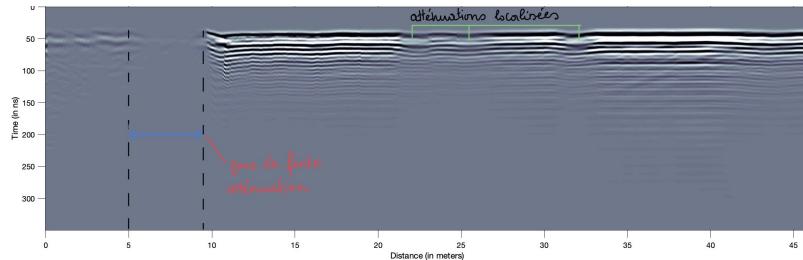


FIGURE 17 – Résultats obtenus avec le logiciel *RadLab* pour la descente

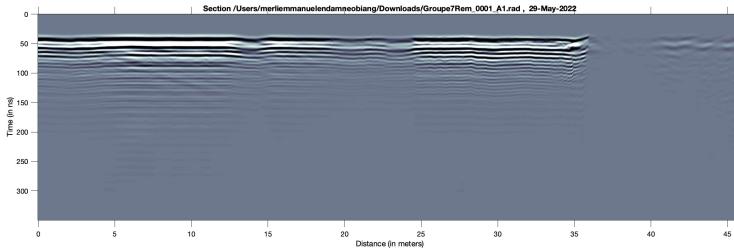


FIGURE 18 – Résultats obtenus avec le logiciel *RadLab* pour la montée

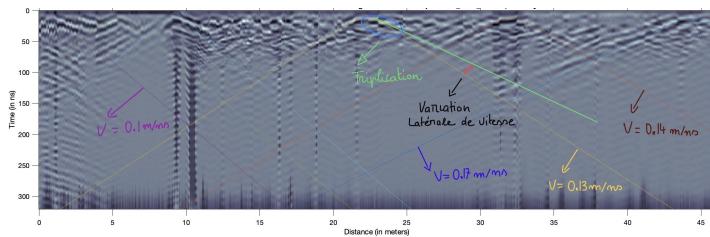


FIGURE 19 – Résultats traités

## 5.4 Interprétation

Nous interprétons la différence entre les logs de montée et descente comme étant une erreur de calibrage. En effet les anomalies seraient situées aux mêmes endroits ou à peu près, il y aurait juste eu une inversion de l'axe des profondeurs du log à la montée. Ce qui expliquerait l'observation faite précédemment. En confrontant nos résultats aux données qui nous ont été fournies, nous avons pu remarquer que la zone de forte atténuation (5-9m) correspond à une zone où le PVC est contenu entre deux couches de béton. Cette configuration serait à priori la cause de la quasi non-existence du signal dans cette zone. D'autre part, les atténuations localisées que nous avons observées seraient liées à une augmentation de la conductivité, et donc à la présence éventuelle de fluides dans la porosité fissurale des granites. Cette hypothèse est notamment confirmée pour l'atténuation à 21 m, par la présence d'une triplication qui résulterait d'un gradient de vitesse. Nous avons grâce à cela pu déduire que cette zone est plutôt fracturée avec la présence de fluides qui diminuerait la vitesse des ondes. La vitesse qui augmente par la suite hors de la zone fracturée et tout cela crée donc un gradient de vitesse et une triplication. De plus, nous avons estimé plusieurs vitesses allant de 0.1 m/ns dans les premiers mètres du forage, à 0.17 m/ns au fond du forage grâce à la modélisation par hyperbole de *RadLab*. Ces vitesses semblent cohérentes avec les données lithologiques, qui nous informent d'un milieu composé essentiellement de granites. Cependant nous tenons à souligner la qualité approximative des données qui n'a pas facilité la modélisation. En effet les hyperboles étaient très difficilement observables malgré bon nombres de traitements. Nous avons dû procéder à un filtrage des plus hautes fréquences afin de pouvoir discerner des hyperboles. Nous avons entre autres appliqué un filtre en fréquence avec des fréquences de coupures égales à 1MHz et 70MHz.

## 6 Discussion et conclusion

Les différentes mesures effectuées sur le terrain nous ont permis dans chaque cas de déterminer, évaluer et estimer une grandeur physique caractérisant le milieu. Cette grandeur physique a par la suite été un paramètre déterminant afin d'étudier le milieu. L'analyse de la vitesse des ondes sismique que ce soit en log sonique ou en profil sismique vertical a permis de consolider les informations qui étaient fournies par les logs lithologiques : des vitesses très élevées pour le granite (roche plutôt consolidée et peu poreuse). Par la suite les anomalies de vitesse sismique qui ont été mises en évidence ont été d'un grand apport pour évaluer les défauts et les changements au sein des milieux d'étude.

Par ailleurs le sondage électrique a permis d'une part d'évaluer les anomalies de résistivité et de conductivité, liés principalement à des variations de porosité. D'autre part grâce au GPR, nous avons été en mesure de détecter des irrégularités dans les roches granitiques avec des défauts qui ont été marqués par des changements de vitesse des ondes électromagnétiques, mais aussi avec l'allure des réflexions enregistrées.

En somme, toutes ces différentes mesures effectuées sur les granites nous ont permis d'observer et de caractériser la physique des roches plutoniques consolidées. Nous avons pu notamment observer quels signaux physiques sont renvoyés par ce type de roches, et quelles sont les informations que nous, géophysiciens, devons analyser afin de rendre compte de la structure et de l'état de ces roches.