



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT
FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE DES STATIONS DU RAP

Phase Pilote

Groupe de travail RAP : Caractérisation géotechnique des stations RAP

Responsable scientifique : UMR LGIT (Philippe Guéguen)

Partenaires : BRGM, CETE Nice, IRSN, IRD, LCPC

1. INTRODUCTION

Le Réseau Accélérométrique Permanent (RAP), fort de ses 126 stations (Métropole + DOM-TOM), possède une base de données d'événements sismiques de plus de 6000 enregistrements de séismes de magnitude comprise entre 1 et 6. Contrairement à un réseau de surveillance sismologique classique, l'instrumentation du RAP s'est portée vers de nombreux sites sédimentaires, dans une logique d'instrumentation de sites urbains et d'analyse des effets de site. Il apparaît ainsi indispensable de connaître les caractéristiques géotechniques des sites où sont installées les stations afin d'identifier d'éventuels effets locaux pouvant modifier les enregistrements accélérométriques (amplitudes maximales, contenu spectral...). Les meilleurs réseaux, en particulier au Japon, sont ceux qui fournissent pour chaque station un log géotechnique détaillé qui permet de classer le site suivant sa nature géologique. L'expérience montre aussi qu'il est difficile d'utiliser pleinement les informations contenues dans les bases de données accélérométriques qui ne possèdent pas cette information. On peut citer par exemple parmi les objectifs du RAP l'évaluation de relations empiriques pour la prédiction du mouvement sismique. Dans la plupart des cas, ce mouvement est évalué pour des sites de référence, au rocher. Il faut alors s'assurer des conditions de site sous le point d'enregistrement.

C'est pour cela que le Conseil du GIS-RAP ainsi que la DPPR du MEDD ont vivement recommandé la caractérisation géotechnique des stations du RAP. Contrairement aux régions à forte sismicité comme le Japon ou la Californie, la sismicité en France reste modérée. Il n'est donc pas possible d'envisager n'importe quel moyen d'investigation et de reconnaissance des sols. L'information dont ont besoin les ingénieurs et sismologues peut avoir plusieurs représentations.

La plus utilisée, et qui répond au mieux aux exigences des utilisateurs des données accélérométriques, se traduit par un profil de vitesse en fonction de la profondeur des ondes de cisaillement (V_s) et de volume (V_p). V_s intervient par ailleurs directement dans la classification des sols des Eurocodes 8 (Tab. 1). Ces log doivent également contenir une information géotechnique/géologique descriptive de la composition des différents horizons de sols rencontrés. Il ne faut pas non plus oublier une information sur la réponse sismique du site. Les méthodes de reconnaissance géotechnique qui restent souvent superficielles ne permettent pas une description complète de la réponse des sites.

On s'aperçoit ainsi que plusieurs méthodes et plusieurs approches sont possibles pour atteindre les objectifs affichés, avec cependant une grande disparité des coûts et des informations collectées.

2. CONTENU DE L'ÉTUDE

Cette étude concerne une première phase d'étude. L'objectif est de proposer une méthodologie optimale testée sur un échantillon de stations (10 unités). Cette méthodologie serait ensuite adoptée pour la reconnaissance des stations du RAP. Deux phases financées par la DRAST ont ainsi été conduites :

Soil classes	Lithological description of the soil profiles	Parameters		
		V _{s,30} (m/s)	NSPT (bl/30cm)	Cu' (kPa)
A	Rock or other stiff geological formation including at most 5m of weaker material at the surface	>800	-	-
B	Stiff deposits of sand, gravel or overconsolidated clay, at least several tens of m thick, characterized by a gradual increase of the mechanical properties with depth	360 – 800	>50	>250
C	Deep deposits of medium dense sand, gravel or medium stiff clays with thickness from several tens to many hundred of m	180 - 360	15 – 50	70 – 250
D	Loose cohesionless soil deposits (with or without some soft cohesive layers) or deposits with predominant soft-to-medium stiff cohesive soils	<180	<15	<70
E	Soil made up of superficial alluvial layer, with a thickness ranging from 5 to 20m, presenting V _{s,30} values in classes C and D ranges and covering stiffer deposits V _{s,30} >800m/s			
S1	deposits consisting or including a level of soft clays or silts with a thickness of at least 10m with a high plasticity indices (PI>40) and a high water content.	<100	-	10 – 20
S2	Liquefiable soils and soils profiles not included in the soils classes A-E or S1			

Tableau 1 : Classification des sols selon l'EC8

Phase 1.1 : Mesures bruit de fond – Plusieurs points par station ont été réalisés pour avoir une image de la variabilité latérale du site. Un traitement standardisé, issu du programme Européen SESAME (Coordination LCPC/LGIT), a été utilisé sur l'ensemble des stations. L'enregistrement du bruit de fond a permis le calcul des rapports H/V et du profil des vitesses à partir des enregistrements en réseau.

Phase 1.2 : Reconnaissances géotechniques – Des reconnaissances géotechniques ont été réalisées. La technique utilisée sera le SPT (Standard Penetration Test) qui permet l'application de nombreuses relations empiriques issues des pays anglo-saxons reliant la valeur SPT à des vitesses d'onde S.

Par ailleurs, au cours de ce projet, d'autres travaux ont été réalisés qui consistaient à préciser un premier niveau d'information sur les conditions de site en consultant la base de données géologique et du sous-sol du BRGM et à compiler les informations déjà existantes sur certaines stations, obtenues lors de projets antérieurs par les partenaires du RAP.

Enfin, l'influence des conditions de site sur les réponses sismiques de quelques stations a été analysée par des méthodes classiques telles que la méthode des rapports spectraux H/V sur séisme (e.g. Langston, 1977) et la méthode site/référence pour les sites qui le permettaient (e.g. Borchardt, 1970), mais aussi par des méthodes plus innovantes d'inversion généralisée ou génétique développées et utilisées dans la thèse de Stéphane Drouet (2006).

Le tableau 2 synthétise l'ensemble des informations disponibles et utilisées pour la caractérisation des stations accélérométriques.

Un groupe de travail GIS-RAP « Caractérisation géotechnique des stations accélérométriques » a été créé qui a assuré le suivi du projet et au sein duquel des propositions ont été faites.

Station	Réseau	Projet DRAST			AUTRES							
		BDF-R	BDF	SPT	H / V/S/R séis.	INV	BDF	BDF-R	SPT CPT	SASW	GEOL	
ABFA	RAP-IPGP	X	X									X
BRGM	RAP-BRGM						X					X
CALF	RAP-AZUR					X						X
ESCA	RAP-AZUR					X						X
ISOL	RAP-AZUR					X						X
MENA	RAP-AZUR					X						X
NBOR	RAP-AZUR					X						X
NROC	RAP-AZUR			X		X						X
NALS	RAP-AZUR			X	X			X				X
NLIB	RAP-AZUR			X	X							X
NPOR	RAP-AZUR			X	X							X
OCKE	RAP-OPGC	X	X	X								X
OCOR	RAP-OPGC	X	X									X
OGAG	RAP-LGIT					X	X					X
OGAN	RAP-LGIT					X	X					X
OGAP	RAP-LGIT					X						X
OGAV	RAP-BRGM				X		X			X		X
OGBB	RAP-BRGM	X	X		X	X	X			X		X
OGBL	RAP-LGIT					X	X					X
OGCA	RAP-LGIT					X						X
OGCH	RAP-LGIT					X	X					X
OGCU	RAP-LGIT				X	X	X	X		X		X
OGDH	RAP-LGIT	X	X	X	X	X	X	X		X		X
OGDI	RAP-LGIT						X					X
OGEP	RAP-LGIT						X					X
OGFB	RAP-LGIT						X					X
OGFH	RAP-LGIT			X	X	X	X		X	X		X
OGGM	RAP-LGIT						X	X				X
OGHX	RAP-LGIT								X			X
OGLE	RAP-LGIT						X	X				X
OGLP	RAP-BRGM	X	X	X				X		X		X
OGMA	RAP-LGIT						X	X				X
OGMB	RAP-LGIT						X	X				X
OGME	RAP-LGIT							X				X
OGMO	RAP-LGIT						X	X				X
OGMU	RAP-LGIT	X	X		X		X	X				X
OGPC	RAP-LGIT				X	X	X	X		X		X
OGPO	RAP-LGIT							X				X
OGPS	RAP-LGIT							X				X
OGSI	RAP-LGIT						X	X				X
OGSR	RAP-LGIT	X	X	X	X	X	X	X		X		X
OGTB	RAP-LGIT						X	X				X
OGTI	RAP-LGIT						X					X

PYAD	RAP-OMP						X					X	
PYAS	RAP-BRGM						X	X				X	
PYAT	RAP-OMP						X					X	
PYBA	RAP-BRGM						X	X				X	
PYBE	RAP-OMP						X					X	
PYCA	RAP-BRGM						X	X				X	
PYFE	RAP-BRGM	X	X				X	X				X	
PYFO	RAP-BRGM	X	X		X		X	X				X	
PYLI	RAP-BRGM						X	X				X	
PYLO	RAP-OMP						X					X	
PYLL	RAP-BRGM							X				X	
PYLS	RAP-BRGM						X	X				X	
PYLU	RAP-OMP											X	
PYOR	RAP-BRGM						X	X				X	
PYPE	RAP-BRGM	X	X				X	X				X	
PYPM	RAP-BRGM						X	X				X	
PYPP	RAP-OMP						X					X	
PYPR	RAP-OMP						X					X	
PYPT	RAP-BRGM						X	X				X	
SAOF	RAP-AZUR						X					X	
SROA	RAP-IPGP							X				X	
STBO	RAP-EOST						X					X	
STBR	RAP-EOST						X					X	
STBU	RAP-EOST						X					X	
STDN	RAP-EOST						X					X	
STET	RAP-EOST						X					X	
STFL	RAP-EOST						X					X	
STHE	RAP-EOST						X					X	
STMU	RAP-EOST	X	X				X					X	
STSM	RAP-EOST						X					X	
STUF	RAP-EOST						X					X	
TDBA	RAP-CDSA	X	X									X	
TDHA	RAP-IPGP	X	X									X	
TOTAL		14	14	9		12	5	58	37	1	2	8	76

Tableau 2 : Synthèse des informations collectées sur les stations du RAP (BDF-R : bruit de fond en réseau – BDF : méthode H/V bruit de fond – SPT : Standard Penetration Test – CPT : Cone penetration test – SASW : Seismic analysis of surface waves – H/V seis : Méthode H/V séismes – INV : Méthode d'inversion généralisée ou génétique – S/R : Méthode Site sur Référence – GEOL : description géologique et géotechnique

3. MÉTHODES DE RECONNAISSANCE

Parmi les méthodes de reconnaissance qui ont été appliquées sur les stations de la phase pilote, deux grandes familles se détachent : les méthodes géotechniques et les méthodes géophysiques. Les méthodes présentées ici concernent celles qui ont été spécialement

mobilisées dans le cadre de ce projet ou celles qui ont été inventoriées parmi les informations disponibles collectées antérieurement.

3.1. LES MÉTHODES GÉOTECHNIQUES

3.1.1. LE STANDARD PENETRATION TEST SPT

Développé dans les années 20 par Terzaghi aux Etats-Unis, le « Standard Penetration Test » (SPT) est un essai de pénétration dynamique qui permet de tester la résistance du sol, tout en prélevant des échantillons remaniés du terrain. A cause de son faible coût de réalisation, il est largement utilisé à travers le monde pour les études de fondation (capacité portante, tassements) et pour les essais de comportement dynamique des sols. En effet, de nombreuses relations empiriques existent associant la mesure SPT à la vitesse des ondes S dans les sols (e.g. Sykora and Koester, 1988) ou au potentiel de liquéfaction des sols (e.g. LCPC 2004). En France, il n'est utilisé que très rarement, les essais pressiométriques ou au pénétromètre statique lui étant préférés.

L'essai consiste à battre en fond de forage un carottier normalisé de 3.5 cm de diamètre intérieur dans le terrain, sous l'effet d'une masse de 63.5 kg tombant en chute libre de 76 cm de hauteur sur la tête du train de tige. La résistance à la pénétration est évaluée par le nombre de coups nécessaire pour enfoncer le train de tige de 30 cm : la valeur N mesurée au SPT s'exprime en coups/30 cm. On peut citer parmi les relations empiriques liant N à V_s celles de Ohsaki and Iwasaki (1973), Ohta and Goto (1978a) et Imai and Tonouchi (1982) pour tout type de sol et Ohsaki and Iwasaki (1973), Ohta and Goto (1978b) Seed et al. (1983) et Sykora and Stokoe (1983) pour des sables et graviers.

Hormis son coût relativement faible, notons à son avantage que c'est l'unique essai in situ qui associe une mesure de résistance du terrain à un prélèvement d'échantillons, quoique très remaniés, permettant l'identification au moins visuelle des terrains rencontrés.

3.1.2. LE CONE PENETRATION TEST CPT

L'essai de pénétration quasi-statique au cône, ou essai au CPT (Cone Penetration Test), consiste à foncer dans le sol un train de tige à vitesse constante (vitesse standard de 2 cm/s) à l'aide d'un dispositif hydraulique. La sonde est constituée d'une pointe pénétrométrique et d'un manchon de frottement. La pointe, d'une section normalisée de 10 cm² (diamètre 36 mm), est constituée d'un cône d'angle au sommet 60° permettant la mesure de la résistance de pointe q_c . Le manchon de frottement de 150 cm² de surface conduit au frottement latéral unitaire f_s . Certains modèles ont une section normalisée de 16 cm² pour un diamètre de 45 mm et un manchon de 200 cm². Les profils obtenus regroupent généralement en fonction de la profondeur les mesures de la résistance de pointe q_c , du frottement latéral unitaire f_s (dont la mesure est moins précise que celle du terme de pointe et sujette à des variations) et du coefficient de frottement défini par :

$$R_f = f_s / q_c \times 100 \%$$

En tant qu'outil de reconnaissance et de dimensionnement géotechnique, l'essai pénétrométrique devient très populaire en France mais aussi aux Etats-Unis, où le SPT est plus classiquement utilisé. Sur la base des paramètres mesurés (en particulier R_f), de nombreuses corrélations empiriques existent sur la nature des sols rencontrés, permettant ainsi d'avoir une description de la nature des terrains traversés. Néanmoins, malgré une

normalisation de l'essai, de nombreuses interprétations existent et il est difficile d'obtenir des informations absolues sur la qualité des sols testés.

3.1.3. LE CROSS-HOLE

L'essai Cross-Hole est une diaggraphie sismique qui permet de déterminer les vitesses sismiques V_p et V_s pour une couche de terrain à une profondeur donnée par l'analyse des signaux transmis entre deux forages voisins (Fig. 1). Ce procédé permet en particulier de mettre en évidence des hétérogénéités dans un site sédimentaire. Moyennant une hypothèse sur la masse volumique moyenne du matériau, il est possible de déduire le coefficient de Poisson, le module d'Young E et de cisaillement G .

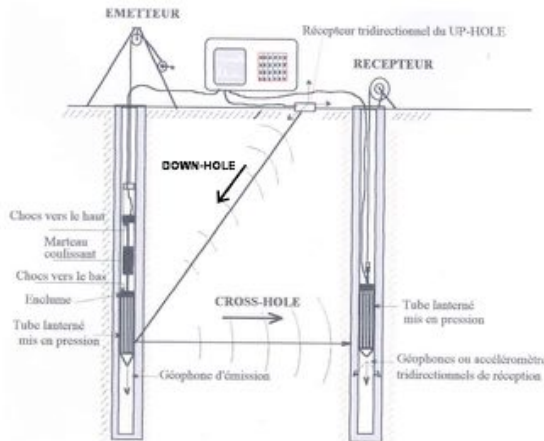


Figure 1 : Schéma de principe du Cross-Hole et du Down-Hole

3.1.4. LE DOWN-HOLE

Similaire à l'essai Cross-Hole, le Down-Hole est une diaggraphie sismique qui permet de déterminer les vitesses sismiques V_p et V_s par l'analyse des signaux transmis par une source active à un capteur à une profondeur donnée (Fig. 1). Ce procédé permet en particulier de mettre en évidence des hétérogénéités dans un site sédimentaires. Moyennant une hypothèse sur la masse volumique moyenne du matériau, il est possible de déduire le coefficient de Poisson, le module d'Young E et de cisaillement G .

3.2. LES MÉTHODES GÉOPHYSIQUES

3.2.1. LES MESURES SASW (OU MASW)

Les méthodes basées sur la dispersion des ondes de surface pour la détermination des vitesses des ondes de cisaillement représentent une alternative intéressante aux méthodes géotechniques précédentes (e.g. Stokoe et al., 1989). Le matériel nécessaire pour effectuer des mesures sismiques des ondes de surface est composé d'une centrale d'acquisition sismique, des géophones et d'une source impulsionnelle ou vibratoire. Les ondes de surface se propagent parallèlement à la surface de la terre. Dans le cas d'un milieu dont les propriétés élastiques varient avec la profondeur, la vitesse des ondes de surface varie avec la longueur d'onde et donc avec la fréquence. Cet effet est appelé dispersion. Suivant la fréquence considérée, les ondes de surfaces contiennent alors de l'information sur les milieux traversés entre la surface et la profondeur maximale de pénétration des différents modes. En analysant la dispersion de ces ondes, il est donc possible d'obtenir des informations sur les valeurs des

paramètres physiques à différentes profondeurs. Le maximum d'énergie dans le diagramme de dispersion donne les courbes de dispersion (Fig. 2c). Ces courbes, ainsi que ses barres d'erreurs, sont ensuite extraites du diagramme pour être inversées.

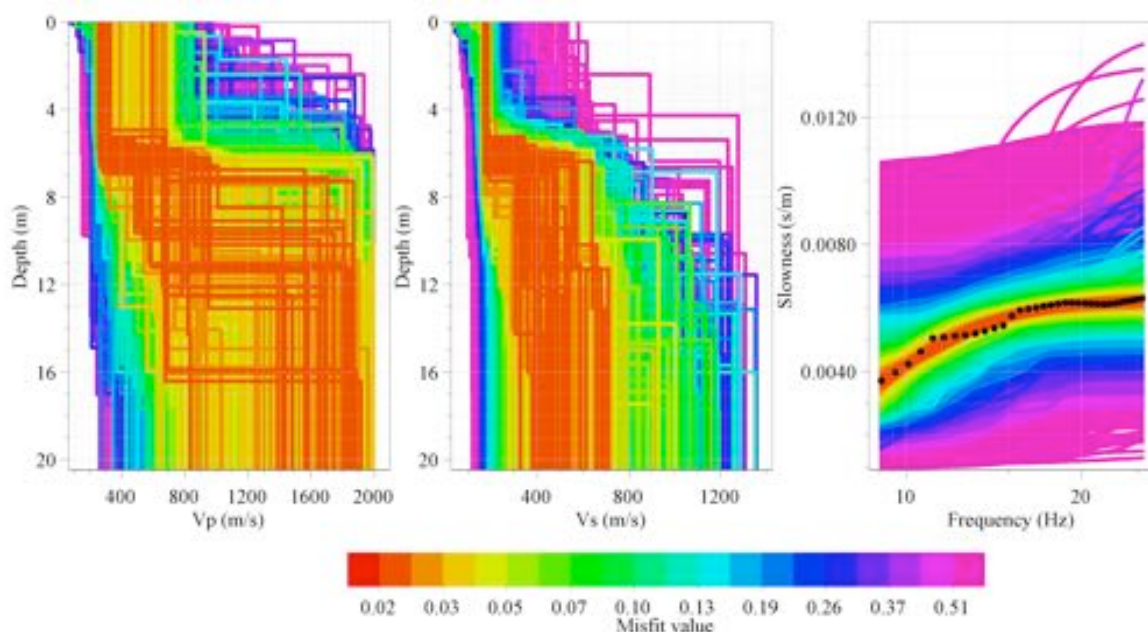


Figure 2 : Exemple de courbe de dispersion (c, points noirs) obtenue par la méthode MASW et des profils de vitesse inversés des ondes P (a) et S (b).

L'inversion des courbes de dispersion a pour but de retrouver le profil vertical de vitesse des ondes S (Fig. 2b). Les courbes de dispersion réelles, comparées aux courbes de dispersion synthétiques, comparées aux courbes de dispersion calculées à partir des profils de vitesse inversés, conduisent à des résidus de vitesse (misfit value, Fig. 2). Les vitesses d'ondes S et les épaisseurs des couches peuvent être obtenues par inversion des courbes de dispersion. Les courbes de dispersion dépendent essentiellement des vitesses des S et des épaisseurs. Par conséquent, une estimation approximative des vitesses P (Fig. 2a) ou de la densité aura une influence minimale sur la courbe de dispersion.

La méthode SASW est très économique. Mais comme nous l'observons sur la figure 2, la faible énergie de la source et la dimension du dispositif ne permettent pas d'avoir une bonne résolution en profondeur. Néanmoins, la mesure de la vitesse des ondes S en surface est satisfaisante et la profondeur de la première interface donne une première indication sur la structure du site.

3.2.2. LES MESURES UTILISANT LE BRUIT DE FOND SISMIQUE

Le bruit de fond sismique comprend toutes les vibrations ambiantes d'origine naturelle (vent, houle...) ou anthropique (industrie, circulation...). On suppose que le bruit est composé principalement d'ondes de surface, à savoir ondes de Rayleigh pour la composante verticale du mouvement, et ondes de Love et Rayleigh pour les composantes horizontales (Bonney-Claudet, 2004).

Il existe deux méthodes pour analyser les enregistrements de bruit de fond sismique:

- *Méthode ponctuelle*: la méthode H/V, elle permet généralement d'obtenir la fréquence de résonance fondamentale f_0 du site, en effectuant le rapport de la composante horizontale sur verticale (Bonney-Claudet, 2004). Pour que cette fréquence soit observée, il faut que le contraste d'impédance (c'est-à-dire le contraste de vitesse d'onde S) entre la couverture sédimentaire et la couche inférieure soit d'au moins 3 (Bonney-Claudet, 2004). Cette fréquence est déterminée comme étant le rapport entre la vitesse moyenne des ondes de cisaillement V_S des formations superficielles et leur épaisseur h :

$$f_0 = V_S / 4h$$

Le faible coût de mise en oeuvre de cette méthode est très attractif mais il faut savoir que cette méthode n'est pas exhaustive. Aucune information n'est disponible sur la fonction d'amplification mais des résultats récents font directement le lien entre qualité du sol et réponse du site (Bonney-Claudet, 2004; Guéguen et al., 2007). D'autre part, aucune classification standard n'existe sur la base de la fréquence obtenue par le bruit de fond.

- *Méthode en réseau*: en mesurant simultanément le bruit sur plusieurs capteurs, grâce à une analyse en réseau, on peut déterminer la vitesse des ondes S en surface. Deux techniques d'analyse sont utilisées:
 - dans le plan fréquence-nombre d'onde, on utilise la méthode la méthode la méthode fréquence-nombre d'onde qui permet d'obtenir la(les) courbe(s) de dispersion des différents modes des ondes de Rayleigh.
 - dans le domaine spatial, a méthode SPAC (SPatial AutoCorréaltion) qui permet d'obtenir les courbes d'autocorrélation et, de facto, les courbes de dispersion des ondes de Ralyeigh et de Love.

Les courbes de dispersion (f-k) ou les courbes d'autocorrélation (SPAC) sont alors inversées en termes de variation de vitesse avec la profondeur ($V_P(z)$, $V_S(z)$). Cette inversion est faite au moyen d'un algorithme de voisinage (Sambridge, 1999; Wathelet et al., 2004). Nous n'avons utilisé ici que les composantes verticales renseignant sur les vitesses de phase des ondes de Rayleigh. La profondeur d'investigation dépend de l'ouverture des réseaux : dans cette étude de "dégrossissage", nous n'avons considéré que des "petits" réseaux (ouverture maxi de l'ordre de 100 à 120 m), ne permettant de "voir" le terrain que jusqu'à quelques dizaines de mètres. Nous n'avons de renseignement que sur la vitesse des ondes S en surface, et n'avons pas accès directement à la vitesse d'ondes S dans le substratum sous-jacent.

Pour les mesures SASW et bruit de fond réseau, nous avons bénéficié des développements réalisés au cours du projet européen SESAME (<http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr>), l'ensemble des inversions des courbes de dispersion ayant été réalisé avec le logiciel Geopsy (<http://www.geopsy.org>).

4. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

4.1. COHÉRENCE DES MESURES H/V

Les mesures H/V bruit de fond ont été réalisées sur certains sites par différentes équipes et à différentes époques (LGIT, CETE Méditerranée, BRGM). Le même algorithme de traitement est ensuite appliqué à savoir :

- sélection de fenêtres de 30 secondes stables selon un critère STA/LTA
- calcul et lissage (Konno and Ohmachi, 1998, $b=40$) des spectres de chaque fenêtre
- calcul, pour chaque fenêtre, des rapports spectraux entre la composante horizontale (obtenue par moyenne quadratique des deux composantes horizontales) et la composante verticale
- calcul de la moyenne (+/- écart type) des rapports spectraux.

On constate tout d'abord Fig. 3 que cette méthode permet de révéler quand elle existe la fréquence de résonance du site. Par exemple, des amplifications marquées vers 0.3 Hz (fréquence de résonance du bassin de Grenoble) et 2 Hz (amplification systématique observée sur des données sismologiques) apparaissent à la station OGDH (bassin de Grenoble) tandis que la station au rocher de Grenoble OGMU à un rapport spectral plat d'amplitude proche de 1.

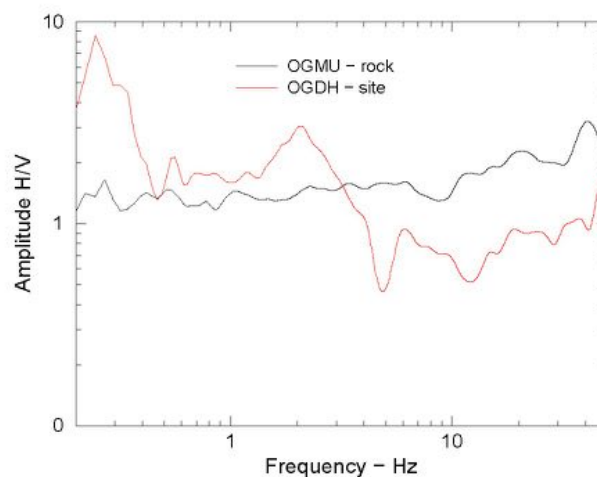


Figure 3 – Rapports spectraux H/V bruit de fond aux stations OGDH (sédiment) et OGMU (rocher) du site pilote Effet de site de Grenoble.

La figure 4 montre la stabilité des mesures H/V bruit de fond pour identifier les fréquences de résonance des sites. Différentes mesures ont été réalisées par le BRGM, le LGIT et le CETE Méditerranée dans le cadre du présent projet. Le matériel (acquisition + capteur) est différent dans le cas du BRGM, les époques sont différentes, seul le traitement est le même.

On s'aperçoit ainsi de la grande stabilité des mesures permettant de valider la signification des mesures H/V bruit de fond. On observe sur certains sites plusieurs fréquences amplifiées qui représentent un double comportement (Guéguen et al., 2007) : comme pour le cas de la station OGDH, l'amplification basse fréquence correspond à un comportement global et à un profil de vitesse plus profond tandis que l'amplification haute fréquence correspond à la réponse d'une couche superficielle, ayant néanmoins un contraste d'impédance suffisant (>3) pour être révélée par le bruit de fond. Sans être quantitative, cette observation laisse envisager une structure sédimentaire complexe, en tout cas stratifiée avec des formations plus raides intercalées.

On observe également Fig. 4 une distinction entre des rapports plats (e.g., OGMU, OCOR, PYPM), des rapports sans pics marqués mais avec néanmoins une amplification (e.g., OGBB

et PYFO) et des rapports avec un ou plusieurs pics très bien marqués (e.g., OGDH, OCKE, OGLP, PYFE, TDHA...). Cette méthode permet ainsi de distinguer au premier ordre les sites sédimentaires présentant un fort contraste d'impédance entre la couverture sédimentaire et le substratum "rocheux", les sites les plus rocheux sans amplifications particulières et les sites intermédiaires présentant un contraste d'impédance modéré entre sédiments et encaissant "rocheux". En effet pour ces derniers, le pic moins marqué serait dû à un contraste moins fort, donc à une vitesse d'onde S en surface relativement élevée. Cette description du site reste purement qualitative.

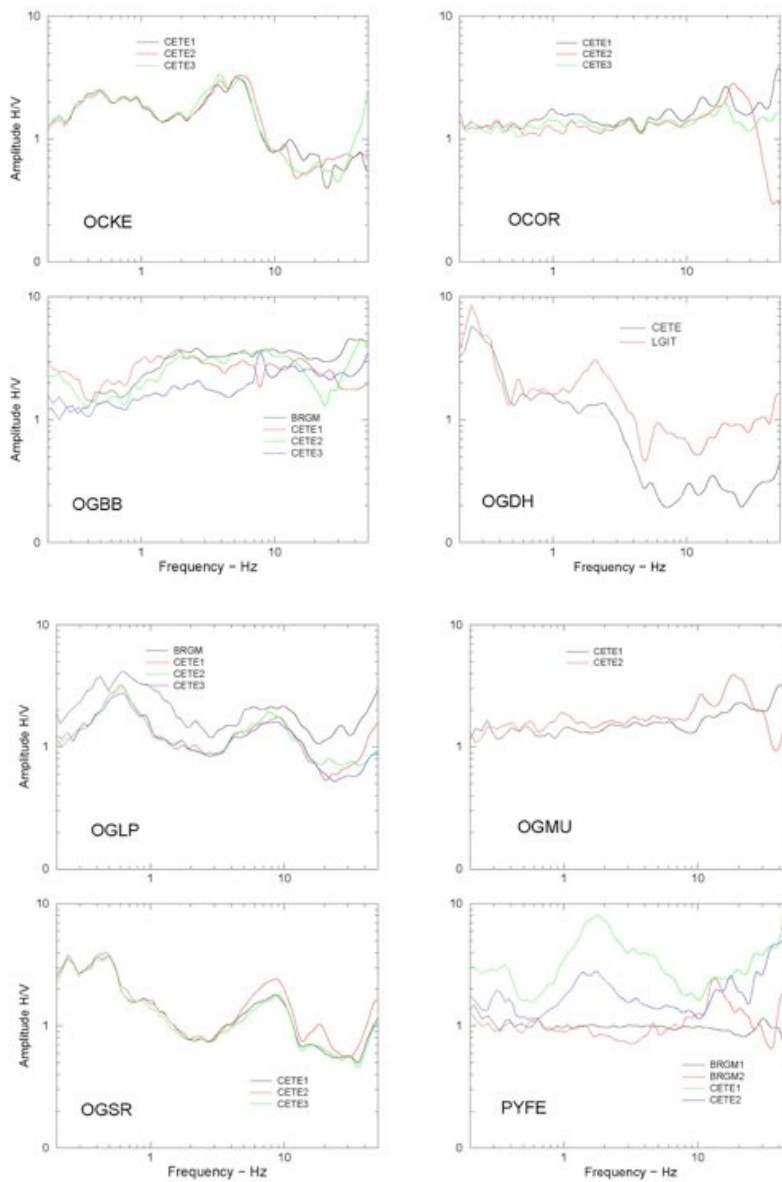
Il est également important de noter que les sites au rocher (e.g., OGMU et OCOR) présentent des amplifications modérées plus hautes fréquences (au-delà de 10Hz) traduisant la présence d'une formation très superficielle, soit de terrain de couverture soit de rocher fracturé, pouvant remettre ainsi en cause la notion de site parfait de référence au rocher.

4.2. RÉPONSE SISMIQUE DES SITES

Nous avons confirmé précédemment que la méthode H/V bruit de fond permettait d'évaluer la fréquence de résonance du site, apportant ainsi une information qualitative sur les conditions géotechniques du site. Malheureusement, aucune information quantitative n'est disponible en particulier sur l'amplification du mouvement sismique.

La Fig. 5 présente une comparaison des différentes méthodes, utilisées par différents partenaires du groupe de travail RAP pour l'évaluation des effets des conditions de site sur le mouvement sismique utilisant les enregistrements accélérométriques du RAP. Ces méthodes sont :

- les rapports H/V séisme (Langston, 1977 ; Lachet et al., 1996 ; Guéguen et al., 1999 ; Bonilla et al., 2005)
- la méthode site sur référence (Borchedt, 1970 ; Lachet et al., 1996, Riepl et al. 1998 ; Lebrun et al., 2001)
- l'inversion généralisée (Drouet, 2006)
- l'inversion génétique (Drouet, 2006)



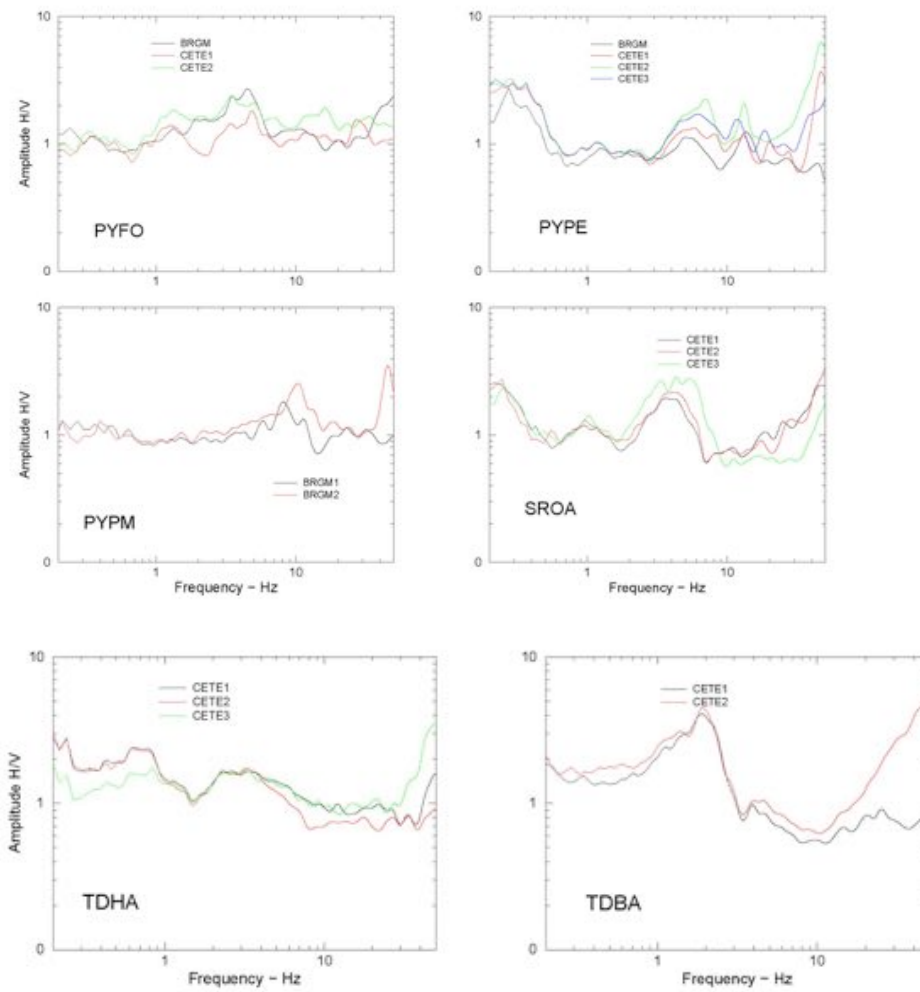


Figure 4 – Rapports H/V bruit de fond sur quelques stations du RAP obtenus par différents groupes (BRGM, CETE, LGIT) à différentes époques et avec différents matériels.

On observe une grande stabilité entre méthodes pour révéler les fréquences amplifiées. On s'aperçoit aussi que les stations identifiées comme au rocher par la méthode H/V bruit de fond (e.g. OGMU) semblent effectivement n'avoir aucune amplification, à l'exception des plus hautes fréquences (>10Hz). Simultanément, les fréquences des stations sédimentaires sont confirmées par les méthodes utilisant les séismes.

Il faut néanmoins modérer ces résultats du fait même du fonctionnement des stations du RAP. La faible durée d'enregistrement des stations ancienne génération du RAP peut réduire la fonction d'amplification en coupant le signal avant l'arrivée des ondes diffractées tardives, en particulier dans le cas de bassin sédimentaire. C'est le cas par exemple des stations de Grenoble. D'autre part, la sismicité de la France étant modérée, le nombre d'enregistrements et leur contenu fréquentiel peuvent s'avérer insuffisants pour évaluer correctement les effets de site. On observe ainsi que le rapport signal/bruit basse fréquence est faible, contraignant la plupart des méthodes à une estimation au-delà de 1Hz (e.g. Drouet, 2006) : cette limitation peut s'avérer cruciale pour des sites amplifiant basse fréquence et de moindre importance pour des site haute fréquence, soit pour la plupart des cas des sites ayant des formations superficielles de faible extension verticale.

On constate toutefois que la méthode H/V bruit de fond est pertinente pour la caractérisation qualitative des sites. On pourra se reporter aux exemples donnés en Annexe où des similitudes apparaissent entre la méthode H/V bruit de fond et H/V séisme. On peut noter que, pour être pertinente, la méthode H/V séismes dépend de la qualité des données elles-mêmes : sur les stations du RAP, certaines stations ne possèdent pas un nombre de données suffisant pour avoir une bonne estimation du site, en particulier basse fréquence où le rapport signal/bruit reste faible. Ce constat est dû à la fois à la sismicité de la France mais aussi à l'implantation des stations du RAP (en milieu urbain, sur site sédimentaire...).

4.3. CONDITIONS GÉOTECHNIQUES DES SITES

Le double objectif de ce projet est de caractériser les conditions de site des stations accélérométriques et de connaître la réponse sismique des sites. Pour cela, et de façon à analyser l'intérêt de certaines méthodes par rapport à d'autres, il est nécessaire de comparer les réponses sismiques des sites aux informations décrivant les conditions des sols. Ces informations sont obtenues grâce :

- à la méthode SASW ou sismique réfraction ;
- à la méthode bruit de fond en réseau ;
- aux essais SPT ou CPT ;
- aux forages géologiques ;

L'ensemble des essais bruit de fond en réseau et SPT sont décrits dans les rapports du CETE rédigés dans le cadre de ce projet.

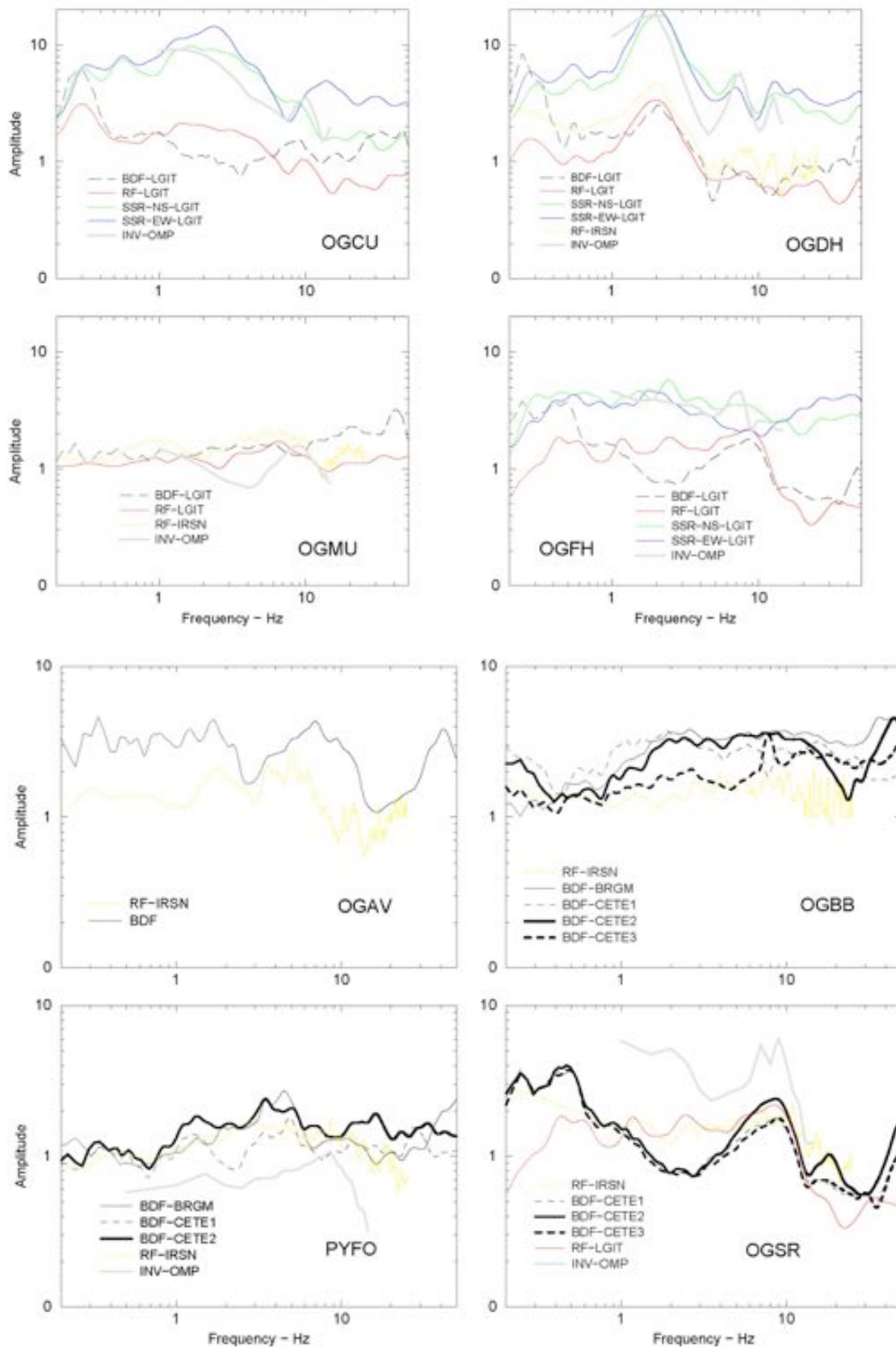


Figure 5 – Comparaisons des méthodes d'évaluation des fréquences d'amplification sur les stations du RAP par différentes techniques (BDF : H/V bruit de fond du LGIT, BRGM ou CETE ; RF : H/V séisme du LGIT et IRSN ; SSR : site/référence LGIT pour les composantes NS et EW, par rapport à la station OGMU ; INV-OMP : inversion selon Drouet, 2006)

4.3.1. APPORT DES ESSAIS SPT ET CPT

Les essais SPT permettent de connaître les interfaces stratigraphiques dans la colonne de sol et, à partir des relations empiriques, d'avoir une estimation des Vs. Tous les essais SPT programmés dans le cadre de ce projet ont atteint 40 m, sauf en cas de refus. Bien évidemment, ces essais ne sont réalisables que dans des formations sédimentaires, le problème de la reconnaissance des sites au rocher restant entier.

Station OGFH - Des comparaisons peuvent être faites entre la fréquence de résonance obtenue par H/V bruit de fond et la colonne de sol. Par exemple, dans le cas de la station OGFH (Fig. 6), la colonne de sol SPT et CPT, plus quelques informations de sismique réfraction en onde S réalisée en surface, permettent de calibrer la réponse du site haute fréquence. On observe une interface marquée vers 4-5 m de profondeur qui pour un Vs de 171 m/s correspond, selon la relation $f=Vs/4H$ (résonance 1D d'une colonne de sol), à une fréquence de résonance de l'ordre de 8-9 Hz. Cette fréquence est clairement identifiée par le H/V bruit de fond mais aussi sur les enregistrements accélérométriques (voir § précédents).

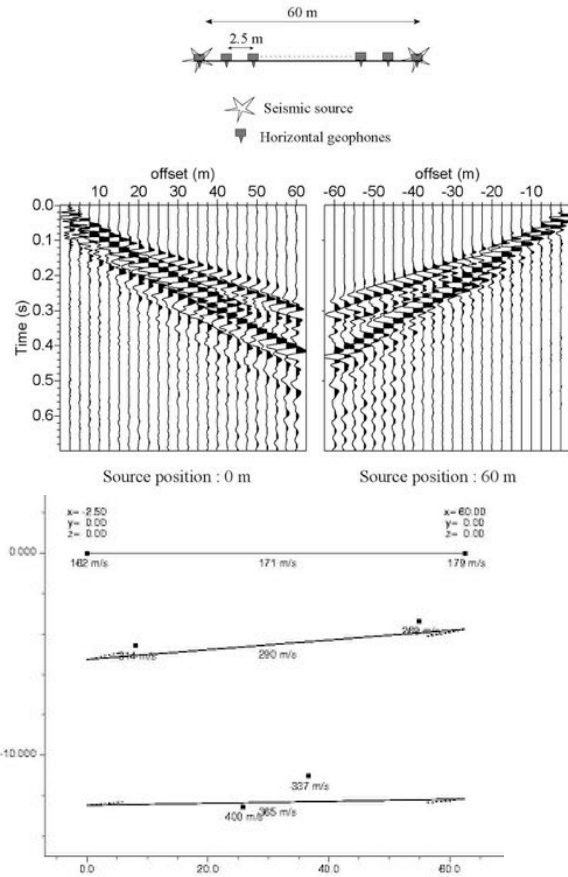
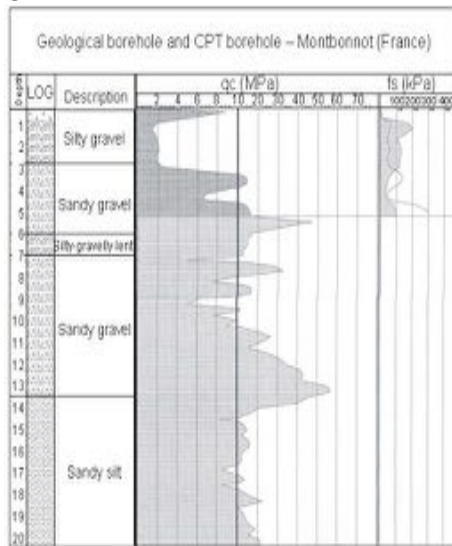
Station OGDH – Les informations extraites d'un Cross-Hole réalisé à proximité de la station OGDH et du SPT révèlent la présence d'une interface vers 11 m (Fig. 7). Cette interface est également visible à proximité de la station OGDH sur les logs géotechniques de la station OGHx de l'Hôtel de Ville de Grenoble.

En considérant une vitesse Vs de l'ordre de 100 m/s (cohérente avec la présence d'argile et tourbe dans ce secteur), la fréquence de résonance de la couche supérieure vaut 2.3 Hz compatible avec la fréquence de résonance observée par les données accélérométriques et la méthode H/V bruit de fond (2 Hz). Cette information est également cohérente avec une mesure SASW obtenue à proximité de la station.

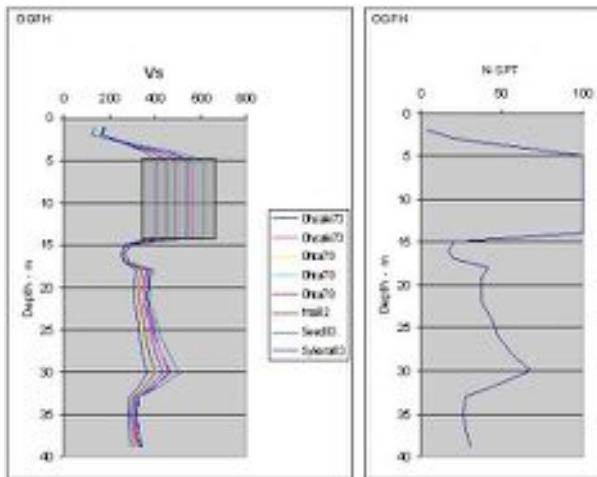
La variabilité de surface de la zone et l'impossibilité de faire des reconnaissances au droit même de la station OGDH font que la profondeur de l'interface est à quelques mètres près tout comme la vitesse des ondes S.

Contrairement à la mesure de bruit de fond, les essais SASW et SPT (ou CPT) ont des contraintes d'accessibilité fortes : des analyses récentes montrent qu'à proximité de la station OGDH, les formations sédimentaires de surface sont très variables latéralement, impliquant des variations à courte distance comme nous les observons sur la synthèse des données correspondant à cette station. Néanmoins, une cohérence existe entre les différentes approches.

CPT



SPT



Synthèse des autres stations – De façon plus systématique, sur l'ensemble des stations où des sondages SPT et des mesures de bruit de fond ont été réalisés, on constate une bonne cohérence entre les profils de sol et la réponse du site. La figure 8 présente une synthèse partielle des différents essais réalisés (voir Annexe pour l'ensemble des informations). Malgré un manque de résolution en profondeur, la méthode SASW permet d'avoir une meilleure estimation de la vitesse onde S en surface et permet d'avoir une évaluation (même approximative) de la profondeur de l'interface. Ce constat vaut également pour la méthode bruit de fond en réseau, comme le suggèrent les exemples montrés Fig. 8.

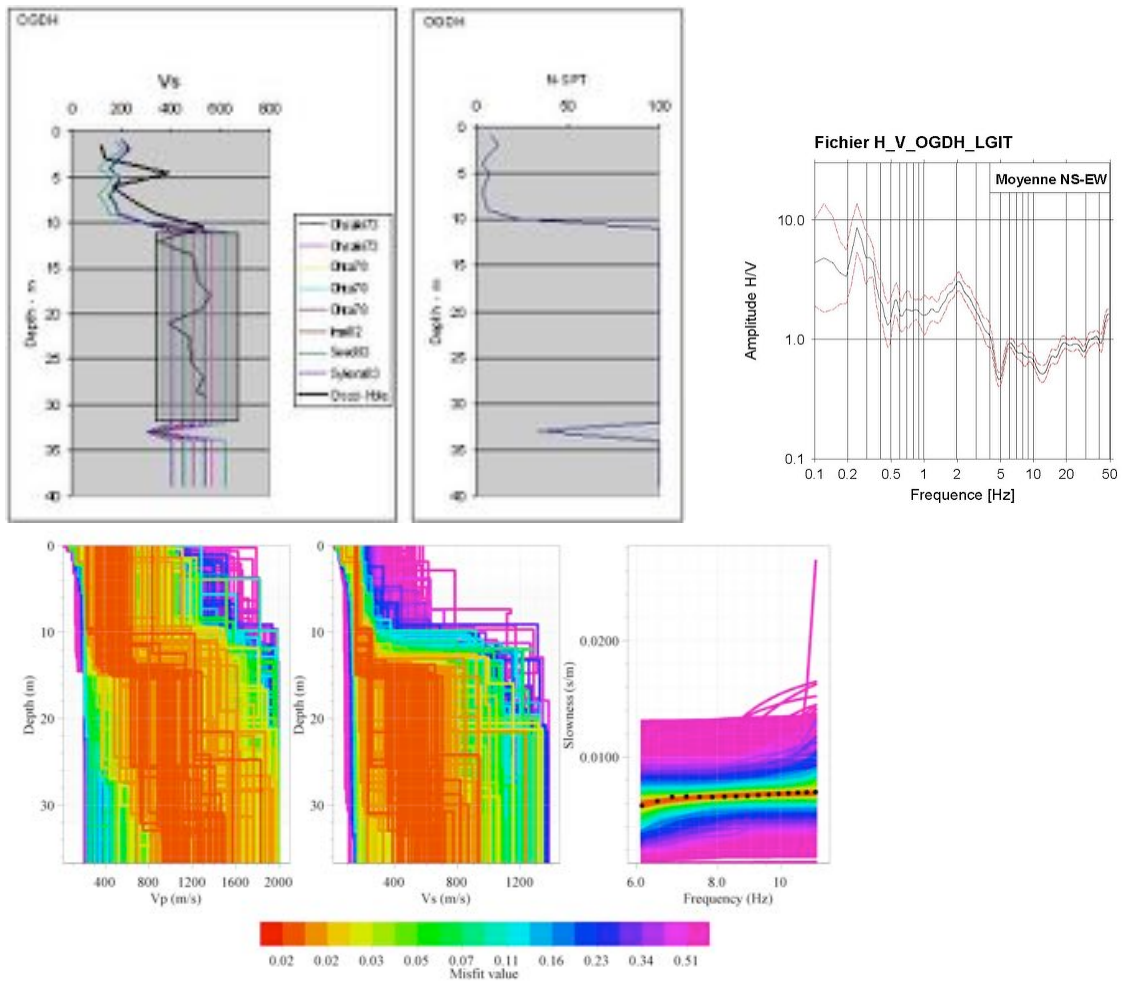
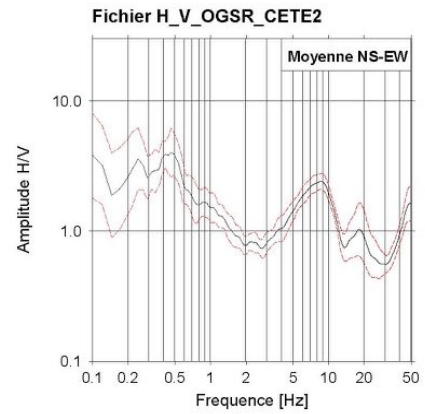
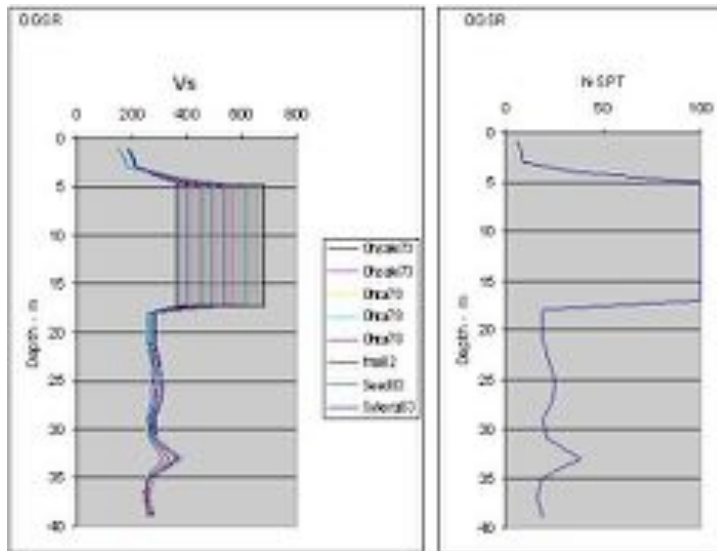
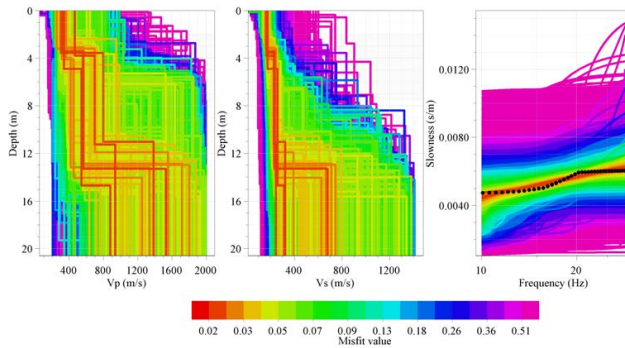


Figure 7 : SPT, Cross-Hole, H/V bruit de fond et SASW réalisés à proximité de la station OGDH.

OGSR

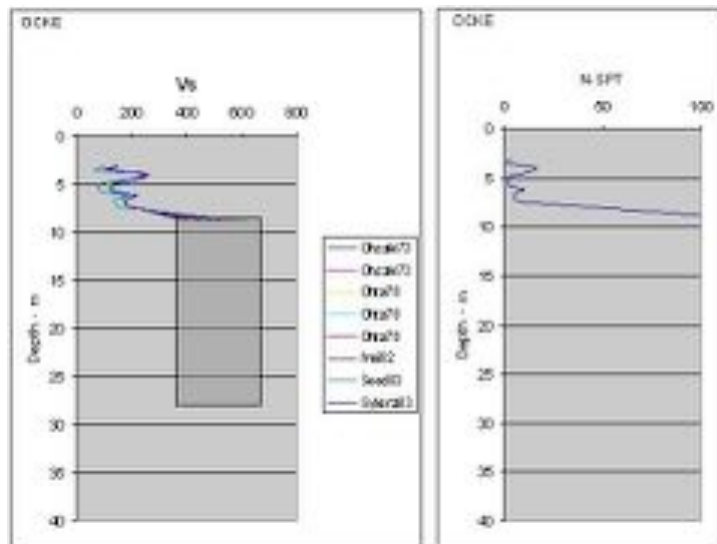


SASW



$f=9\text{Hz} \rightarrow V_s=150\text{m/s } H=4\text{m}$

OCKE



$f= 5.4\text{Hz} \rightarrow V_s=150\text{m/s} - H=7\text{m}$

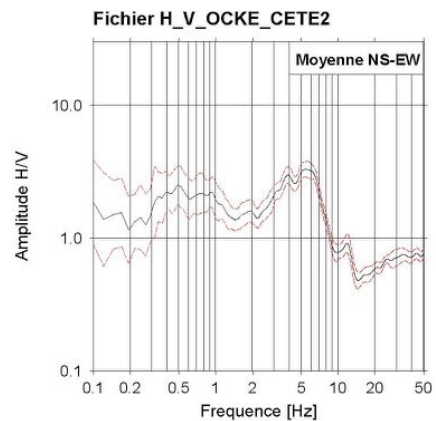


Figure 8 – Synthèse des reconnaissances sur quelques stations.(voir annexe pour plus d'informations)

5. CONCLUSIONS

Au vu des résultats, on constate que les méthodes utilisées dans ce projet sont complémentaires. La méthode H/V bruit de fond permet d'avoir la réponse du site à la fréquence fondamentale du site et quelques fois sur des fréquences supérieures, compatible avec les observations faites sur les séismes. Les méthodes géotechniques traditionnelles sont également compatibles avec les réponses des sites, sans toutefois avoir une description complète de la réponse du site. C'est de toute façon un des inconvénients de la classification des sols selon l'EC8, le Vs30 ne donnant qu'une partie de la réponse, en particulier pour les sites sédimentaires profonds, mais aussi pour les sites rocheux qui malgré un Vs30 élevé, peuvent être amplifiés à haute fréquence.

Les méthodes géotechniques classiques donnent une information sur la nature des sols mais aucune mesure directe des Vs n'est disponible. Ce paramètre est atteint avec le down-hole ou le cross-hole mais il faut garder en tête que dans tous les cas, ces méthodes restent superficielles (en générale quelques dizaines de mètres au mieux), pour des coûts importants et elles sont inadaptées aux sites rocheux. Le tableau 2 donne pour indication les coûts des différents sondages qui peuvent être appliqués sur les stations RAP, ces coûts pouvant être considérablement réduits en fonction des déplacements entre stations.

Les méthodes géophysiques SASW ou bruit de fond réseau ont à l'heure actuelle une faible résolution en profondeur mais donnent une évaluation des Vs en surface.

Un critère de choix est cependant le coût et l'accessibilité des sites : la plupart des stations sont en milieu urbain et il semble difficile de pouvoir réaliser les essais géotechniques au droit même des stations.

	Qualité	Validation	Coût /station	Nb stations / Coût total
Mesures bruit de fond	Vs0 – f0 +	Recommandation SESAME ++	4 100.00	100 / 410 000
SASW	Vs0 – H +	Variable ++	7 000.00	110 / 770 000
SPT	V s 0 (empirique)	Largement utilisée +++	8 000.00	112 / 896 000
CROSS-HOLE (40m)	Vs	+++	26 000.00	120 /3 120 000

Table 2 – Comparaison des coûts pour les différentes méthodes mises en œuvre dans le cadre de ce projet

La méthode H/V bruit de fond semble être une solution qualitative pour reconnaître les conditions de site. Il est ainsi possible d'avoir une première classification. Cette évaluation pourrait être également complétée par une information géologique de la situation de la station. Ce critère reste subjectif et il ne faut pas en rester là.

Une deuxième étape consisterait à estimer la vitesse des ondes S en surface par les méthodes SASW ou sismique réfraction. Le bruit de fond réseau permet aussi pour des ouvertures plus grande de réseau, et donc des profondeurs de résolution plus importante, d'avoir une vitesse moyenne sur les 50 premiers mètres, soit une estimation certainement plus précise du Vs30.

Cependant, de nombreux développements restent en cours sur la méthode bruit de fond réseau. En particulier, le projet européen NERIES-JRA4 doit proposer à terme (2009) une

méthode de reconnaissance des stations accélérométriques à l'échelle européenne. De nombreuses avancées sont attendues dont on devrait pouvoir bénéficier à terme. Nous pouvons également mentionner à plus court terme les travaux de thèse d'Héloïse Cadet (Thèse UJF/LCPC, soutenance 2007) sur la possibilité d'évaluer approximativement une réponse de site à partir de la fréquence de résonance et du V_s en surface.

En conclusion, afin de commencer à définir les conditions de site des stations accélérométriques, il est envisagé dans un premier temps d'avoir une information sur la géologie des sites, une mesure de bruit de fond et si possible une description de la colonne de sol. Une deuxième étape consistera à évaluer une vitesse d'onde S en surface par la méthode SASW avant d'appliquer des reconnaissances plus détaillées et plus profondes.

Références bibliographiques

- Borcherdt, R. D. (1970), Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 60, 29-61.
- Drouet, S. 2006. Analyse des données accélérométriques pour la caractérisation de l'aléa sismique en France métropolitaine, Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse III, 206 pages.
- Imai, T. and Tonouchi, K. 1982. Correlation of N value with S-wave velocity and shear modulus, in Proc. 2nd European Symp. On Penetration Testing, Amsterdam, 24-27 May 1982, 67-72.
- Guéguen, P., C. Cornou, S. Garambois and J. Banton. 2007. On the limitation of the H/V spectral ratio using seismic noise as an exploration tool: application to the Grenoble valley (France), a small apex ratio basin, *PAGEOPH*, in press.
- Konno, K., and Ohmachi, T. (1998), Ground motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremor, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 88(1), 228-241.
- Lachet, C., Hatzfeld, D., Bard, P.-Y., Theodulidis, N., Papaioannou, C., and Savvaidis, A. 1996. Site effects and microzonation in the city of Thessaloniki (Greece) Comparison of different approaches, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 86, 1692–1703.
- Langston CA. (1977), Corvallis, Oregon, crustal and upper mantle receiver structure from teleseismic P and S waves, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 67, 713-724.
- Lebrun, B., D. Hatzfeld, and P.-Y. Bard (2001), A site effect study in urban area: experimental results in Grenoble (France), *Pageoph.*, 158, 2543-2557.
- LCPC, 2004. Synthèse bibliographique : évaluation du potentiel de liquéfaction des sols à partir d'essais in-situ, Rapport de recherche LCPC, opération 11E031, 50 pages.
- Nechtschein, S., Bonilla, F. 2005. Fonction de transfert du forage de Montbonnot (Grenoble) à partir des accélérogrammes enregistrés entre janvier 2001 et février 2004, Note Technique, DEI/SARG n° 04-57, BERSSIN/IRSN, 12 pages.
- Ohsaki, Y. and Iwasaki, R. 1973. On dynamic shear moduli and Poisson's ratio of soil deposits. *Soils and Foundations*, 13(4), 61-73.
- Ohta, Y. and Goto, N. 1978. Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes. *Earthq. Engnrg. Struct. Dyn.*, 6, 167-187.
- Riepl, J. Bard, P.-Y., Hatzfeld, D., Papaionnou, C. and Nechtschein, S. 1998. Detailed evaluation of site-response estimation methods across ans along the sedimentary valley of Volvi (Euro-Seistest), *Bull. Seism. Soc. Am.*, 88(2), 488-502.
- Sambridge, M. 1999. Geophysical inversion with a neighbourhood algorithm – I. searching a parameter space, *Geophysical Journal International*, 138(2), 479-494.
- Seed, H.B. Idriss, I.M. nad Arango I. 1983. Evaluation of liquefaction potentiel using field performance data, *Journal of the Geotechnical Engineering division, ASCE*, 109(3), 458-482.
- Stokoe II, K.H., Rix, G.J. and Nazarian, S. 1989. In situ seismic testing with surface waves, in Proc. XII Int. conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 331-334.
- Sykora, D.W. and Stokoe II, K.H. 1983. Correlations of in-situ measurements in sands with shear wave velocity, *Getechnical Engineering report GR83-33*, University of Texas at Austin, Texas.
- Sykora, D.W. and Koester, J.P. 1988. Correlations between dynamic shear resistance and standard penetration resistance of soils, in Proc. Earthquake Engineering and Soil Dynamics II, recent advances in ground motion evauation, Von Thun, J.L. (Ed.), ASCE, 389-404.

Wathelet, M. Jongmans, D. and Ohrnberger, M. 2004. Surface wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements, *Near Surface geophysics*, 211-221.

ANNEXE – Reconnaissance des stations RAP

Légende :

Carte géologique :

Source : Base de données géologiques du BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Sondage géologique

Source : Base de données du sous-sol BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Source : Base de données LGIT

Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT

Droite : valeur N30 - Gauche : Interprétation des Vs en fonction de N30

Essais Géotechniques/Géophysiques: CPT

Interprétation géotechnique et résistance de pointe qc

Essais Géotechniques/Géophysiques: SASW

Droite : courbe de dispersion des ondes de Rayleigh

Milieu et gauche : profils inversés en Vs et Vp des courbes de dispersion

HV bruit de fond :

Moyenne (rouge) +/- écart type (noir) calculé suivant le protocole suivant :

- sélection de fenêtres de 30 secondes stables selon un critère STA/LTA
- calcul et lissage (Konno and Ohmachi, 1998, b=40) des spectres de chaque fenêtre
- calcul des rapports spectraux entre chaque composante horizontale et la verticale et de la moyenne quadratique des composantes pour chaque fenêtre

H/V Séisme

Gauche : Rapport NS/Z et EW/Z de l'ensemble des séismes utilisés pour une rapport signal/bruit (S/B) supérieur à 3

Droite : Traits : moyenne des rapports de gauche pour S/B > 3 – Points : pour toutes les fréquences (quelque soit la valeur du S/B)

- calcul et lissage (Konno and Ohmachi, 1998, b=40) des spectres de chaque fenêtre
- calcul des rapports spectraux entre chaque composante horizontale et la verticale et de la moyenne quadratique des composantes pour chaque fenêtre

Inversion des données RAP (Cf Drouet, PhD Thesis, 2006)

Carte géologique

Aucune

Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : GUADELOUPE (971)

Commune : BASSE-TERRE (005)

Région naturelle : BASSE-TERRE

Adresse ou Lieu-dit : PORT DE BASSE TERRE - HANGAR

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = m

Y = m

Altitude : 2,7 m

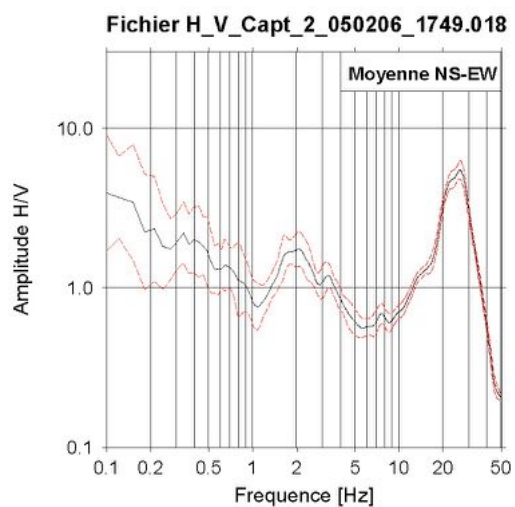
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 10

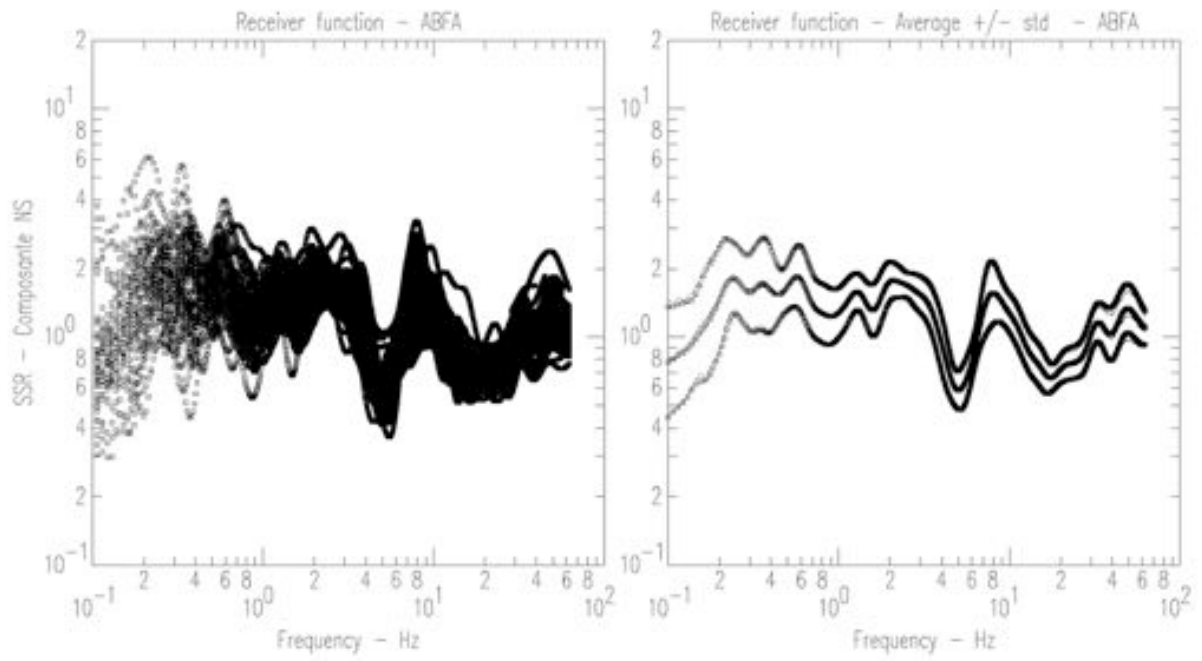
Log géologique

0 m	2 m	POUZZOLANE MARRON
2 m	7,5 m	SABLE GRIS GROSSIER
7,5 m	10 m	BLOCS D'ANDESITE MASSIVE

HV bruit de fond



H/V Séisme



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)

Commune : ANTIBES (004)

Région naturelle : GRASSE-CANNES

Adresse ou Lieu-dit : 46 CHEMIN DES NIELLES - CAP D'ANTIBES

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 987247.574 m

Y = 1851263.641 m

Altitude : 8 m

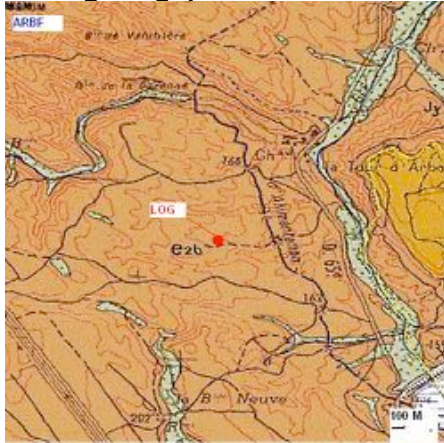
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 10

Log géologique

0 m	6 m	ARGILE
6 m	10 m	CALCAIRE

Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : BOUCHES-DU-RHONE (13)
 Commune : ROGNAC (081)
 Région naturelle : AIX-MARSEILLE
 Adresse ou Lieu-dit : BATIMENT STE GENERALE
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 840856 m
 Y = 1835191 m
 Altitude : 151.8 m

Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 14.2

Log géologique

0 m	0.3 m	TERRE	QUATERNAIRE
0.3 m	2.1 m	SABLE, ARGILEUX + GRAVIER	EOCENE
2.1 m	8.1 m	CALCAIRE, BLANC ROUGE ALTERE + MARNE	THANETIEN
8.1 m	11.9 m	CALCAIRE, FISSURE	THANETIEN
11.9 m	13 m	CALCAIRE, FISSURE	THANETIEN
13 m	14.2 m	CALCAIRE, FISSURE	THANETIEN

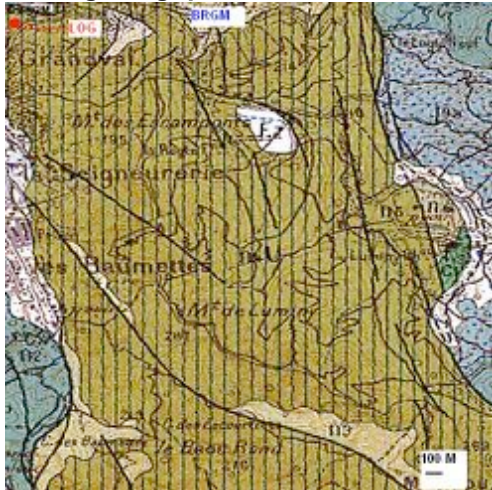
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : BOUCHES-DU-RHONE (13)
 Commune : MARSEILLE (055)
 Région naturelle : AIX-MARSEILLE
 Adresse ou Lieu-dit : TRAVERSE DE LA GOUFFONNE
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 850367 m
 Y = 1809595 m
 Altitude : 43.56 m

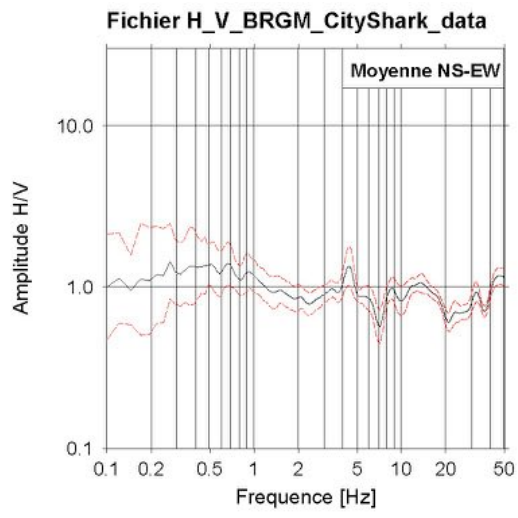
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 12.2

Log géologique

0 m	0.5 m	SUPERF: TERRE	QUATERNAIRE
0.5 m	1.7 m	REMBLAI: ARGILE	QUATERNAIRE
1.7 m	5.9 m	ALLUVIONS ARGILEUX SABLEUX + CALCAIRE	QUATERNAIRE
5.9 m	7.7 m	ALLUVIONS SABLE, GROSSIER	QUATERNAIRE
7.7 m	8.6 m	ALLUVIONS POUDINGUE/CALCAIRE + GRAVIER	QUATERNAIRE
8.6 m	8.8 m	MARNE	STAMPIEN
8.8 m	10.3 m	MARNE + SABLEUX COMPACT	STAMPIEN
10.3 m	12.2 m	MARNE + SABLEUX/GRES	STAMPIEN

H/V bruit de fond



Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

CONDITIONS DE SITE - CAGN



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)

Commune : SAINT-PAUL (128)

Région naturelle : GRASSE-CANNES

Adresse ou Lieu-dit : PRES DU CENTRE COMMERCIAL

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 986400 m

Y = 1864261 m

Altitude : 40 m

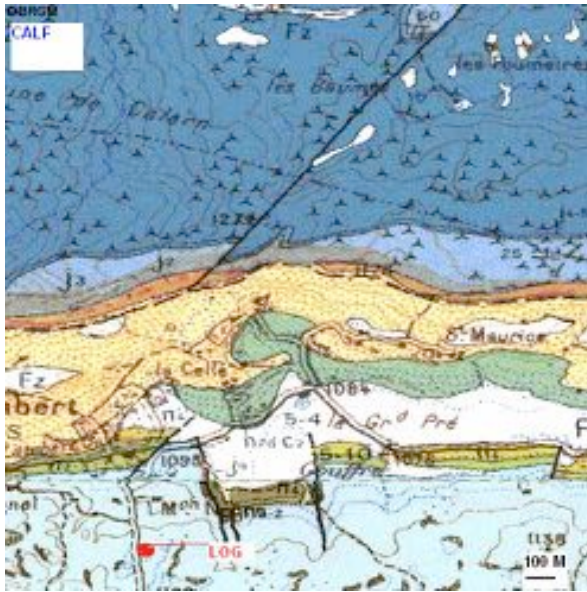
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 6

Log géologique

0	3 m	ARGILE	QUATERNAIRE
3	6 m	ALLUVIONS - GRAVIERS	QUATERNAIRE
6	30 m	ARGILES PLAISANCIENNES - ARGILES GRISES	

Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)

Commune : CAUSSOLS (037)

Région naturelle : GRASSE-CANNES

Adresse ou Lieu-dit :

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 968059 m

Y = 1870099 m

Altitude : 1119 m

Nature : CAVITE-NATURELLE

Profondeur atteinte (m) : 6

Log géologique

0 m 6 m PORTLANDIEN

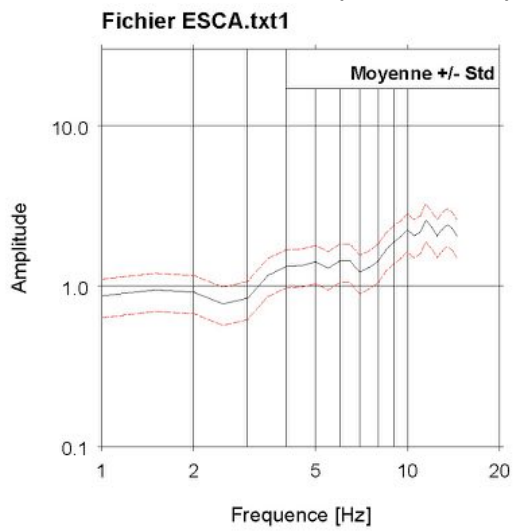
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



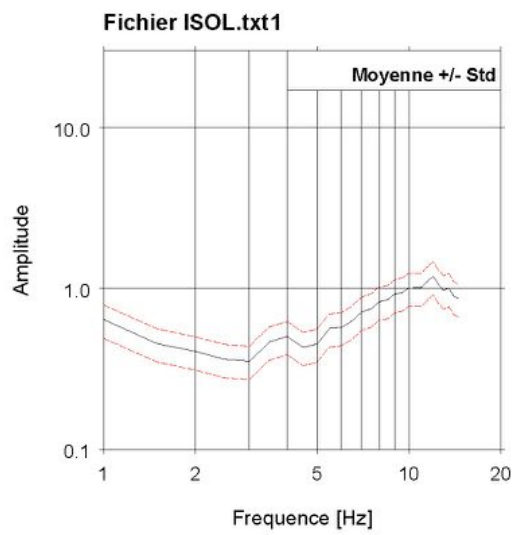
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)
 Commune : ROQUEBRUNE-CAP-MARTIN (104)
 Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR
 Adresse ou Lieu-dit :

Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 1013311 m
 Y = 1877135 m
 Altitude : 220 m

Nature : FORAGE

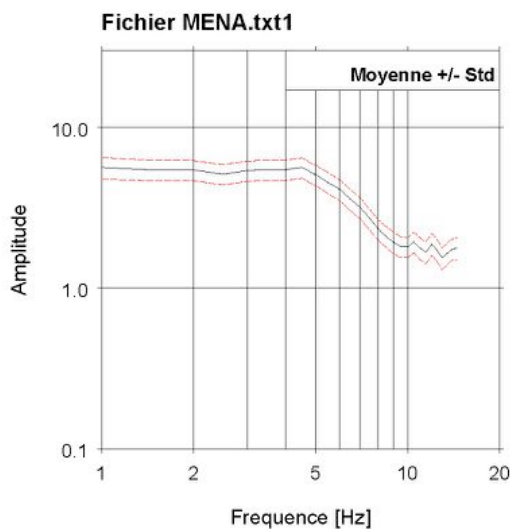
Profondeur atteinte (m) : 50

Log géologique

0 m 50 m MARNO-CALCAIRES

ENONIEN

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage Géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Localisation:

Département : ALPES-MARITIMES (06)

Commune : NICE (088)

Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR

Adresse ou Lieu-dit : PARKING STADE PALMEIRA

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 996725.833 m

Y = 1867594.121 m

Altitude : 8.49 m

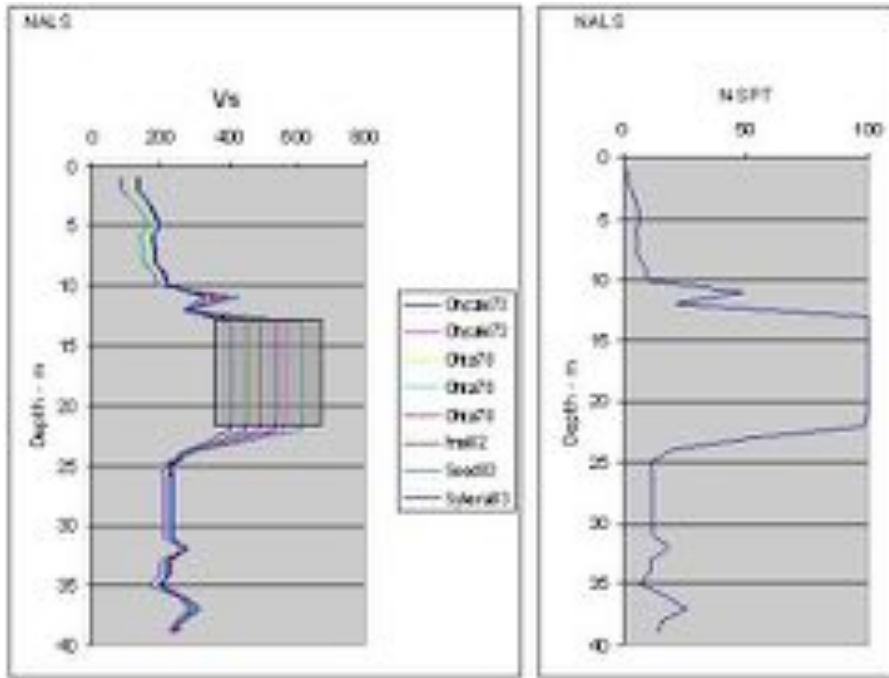
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 36

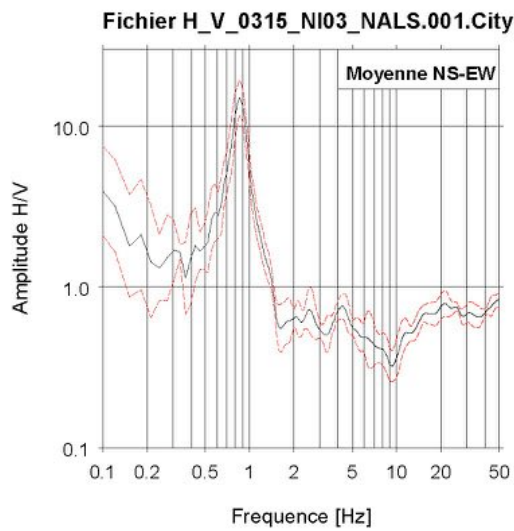
Log géologique

0 m	2.5 m	REMBLAI	QUATERNAIRE
2.5 m	8.5 m	LIMON + GALET	QUATERNAIRE
8.5 m	12.2 m	LIMON SABLEUX	QUATERNAIRE
12.2 m	22 m	SABLE FIN	QUATERNAIRE
22 m	25 m	SABLE LIMONEUX	QUATERNAIRE
25 m	28 m	LIMON SABLEUX	QUATERNAIRE
28 m	29 m	GALET	QUATERNAIRE
29 m	32.5 m	SABLE LIMONEUX+GALET	QUATERNAIRE
32.5 m	36 m	LIMON SABLEUX + GALET	QUATERNAIRE

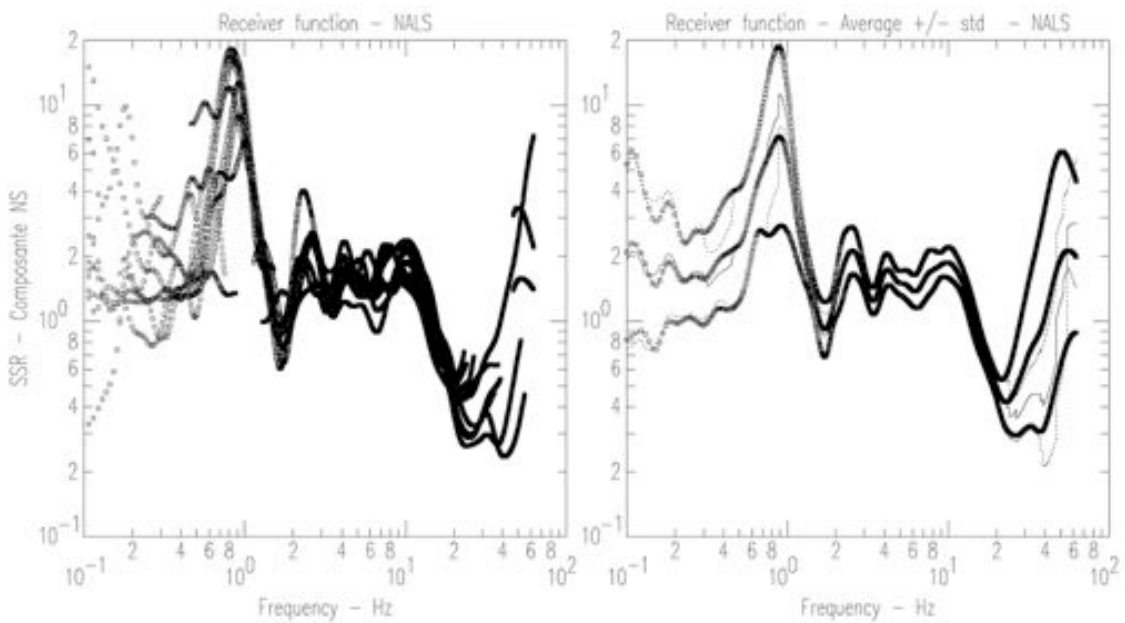
Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



HV bruit de fond



H/V Séisme



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

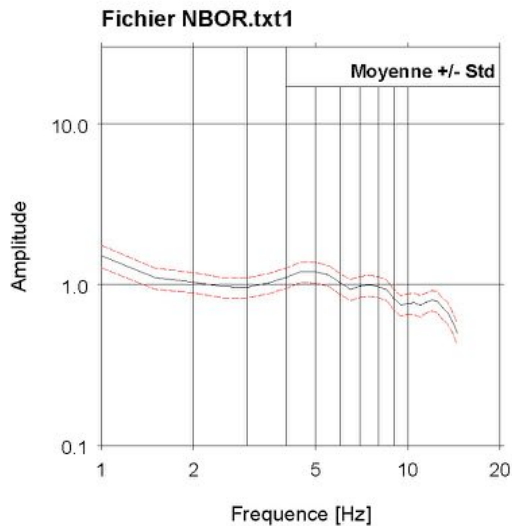
Département : ALPES-MARITIMES (06)
 Commune : NICE (088)
 Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR
 Adresse ou Lieu-dit : PORT DE NICE
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 999973 m
 Y = 1866762 m
 Altitude : 30 m

Nature : FORAGE
 Profondeur atteinte (m) : 40

Log géologique

0 m 40 m CALCAIRES JURASSIQUES

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Localisation:

Département : ALPES-MARITIMES (06)

Commune : NICE (088)

Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR

Adresse ou Lieu-dit : MARCHÉ DE LA GARE, HALL AUX FLEURS

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 992740.644 m

Y = 1863872.586 m

Altitude : 5.2 m

Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 22.4

Log géologique

0 m	0.7 m	TERRE VEGETALE	QUATERNAIRE
0.7 m	1.3 m	LIMON	QUATERNAIRE
1.3 m	15.4 m	GALETS, SABLE	QUATERNAIRE
15.4 m	22.1 m	SILT SABLEUX.	QUATERNAIRE
22.1 m	22.4 m	ALLUVIONS	QUATERNAIRE

Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)
Commune : NICE (088)
Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR
Adresse ou Lieu-dit : RENAULT-GAMBETTA
Coordonnées (Lambert 2 étendu)
X = 996774.057 m
Y = 1868245.173 m
Altitude : 10.6 m

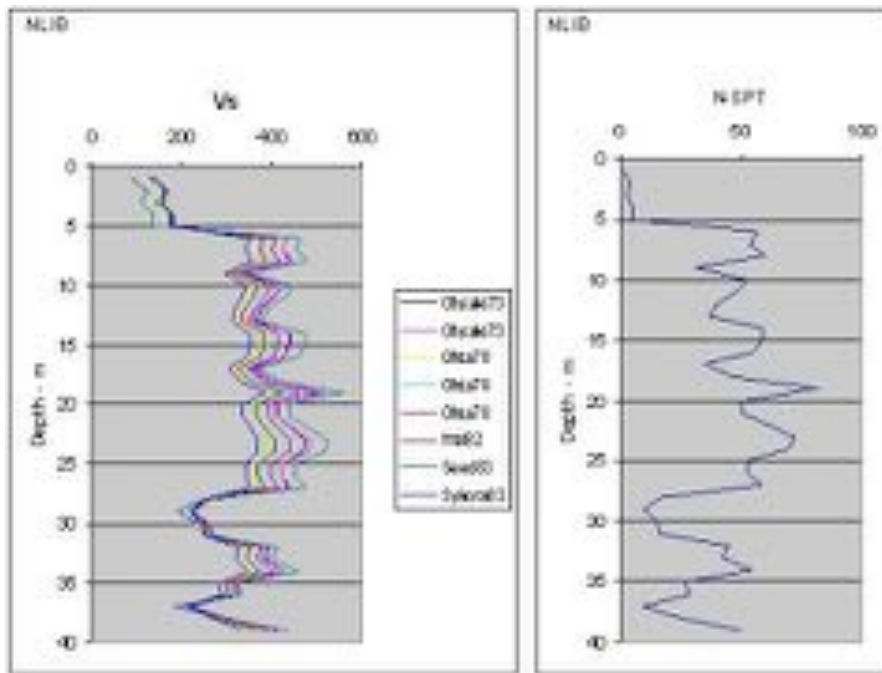
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 15

Log géologique

0 m	2.7 m	TERRE ARGILEUSE, GRAVELEUSE	QUATERNAIRE
2.7 m	3.3 m	LIMON SABLEUX GRAVELEUX	PLIOQUAT
3.3 m	5.2 m	LIMON PLASTIQUE	PLIOQUAT
5.2 m	9.8 m	ARGILE COMPACTE	PLIOQUAT
9.8 m	13.4 m	ARGILE LIMONEUSE	PLIOQUAT
13.4 m	15 m	ARGILE COMPACTE	PLIOQUAT

Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)

Commune : NICE (088)

Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR

Adresse ou Lieu-dit : 37-39 RUE DE LA REPUBLIQUE ET RUE PAPON

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 998807.246 m

Y = 1868130.789 m

Altitude : 9.6 m

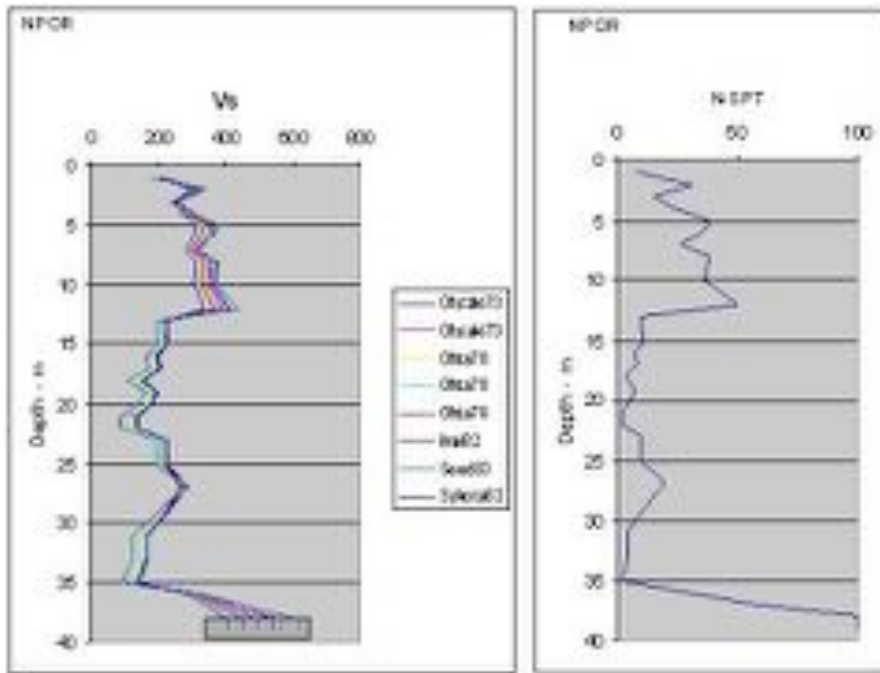
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 30

Log géologique

0 m	3 m	SABLE LIMONEUX	QUATERNAIRE
3 m	4 m	LIMON ARGILEUX + GALETS	QUATERNAIRE
4 m	11 m	SABLE + GALETS	QUATERNAIRE
11 m	17.5 m	LIMON SILTEUX	QUATERNAIRE
17.5 m	20 m	LIMON ARGILEUX + TOURBE	QUATERNAIRE
20 m	24 m	LIMON SILTEUX + TOURBE	QUATERNAIRE
24 m	29 m	LIMON SILTEUX + TOURBE	QUATERNAIRE
29 m	30 m	SABLE FIN + GALETS	QUATERNAIRE

Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)

Commune : EZE (059)

Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR

Adresse ou Lieu-dit : CHEMIN SERRE DE FOGUE

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 1005095 m

Y = 1871994 m

Altitude : 480 m

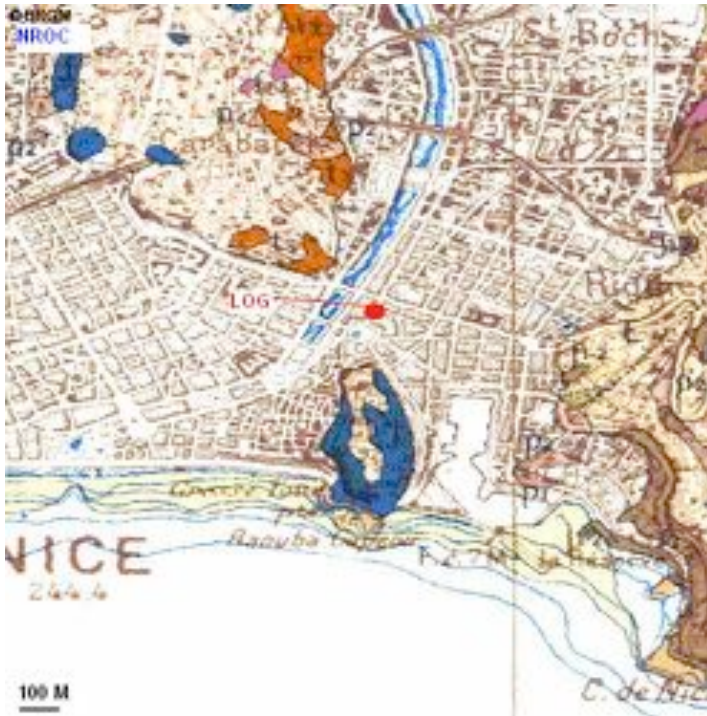
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 70

Log géologique

0 m 70 m MARNO-CALCAIRE CRETACE-SUP

CONDITIONS DE SITE – NROC



Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)

Commune : NICE (088)

Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR

Adresse ou Lieu-dit : 37-39 RUE DE LA REPUBLIQUE ET RUE PAPON

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 998807.246 m

Y = 1868130.789 m

Altitude : 9.6 m

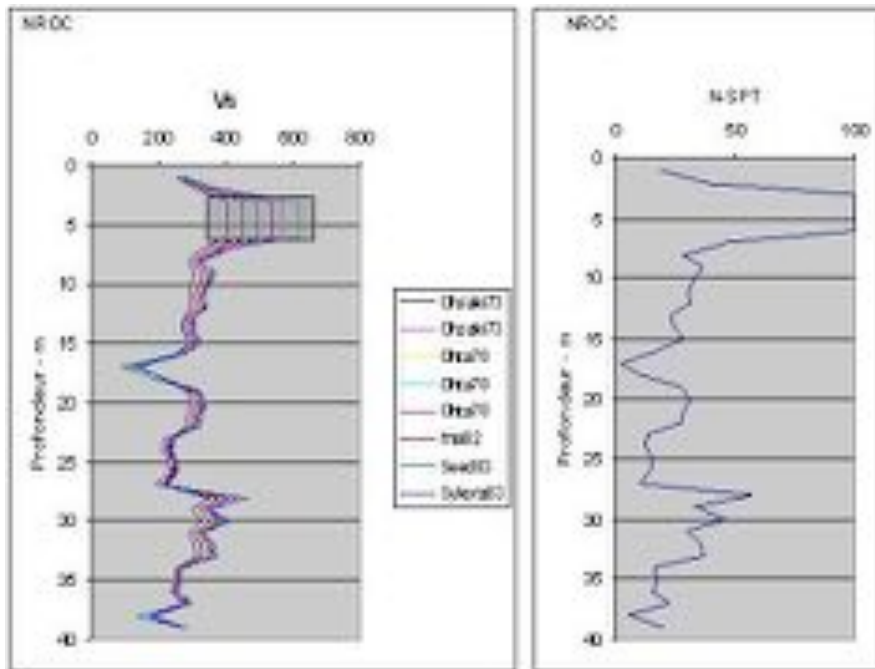
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 30

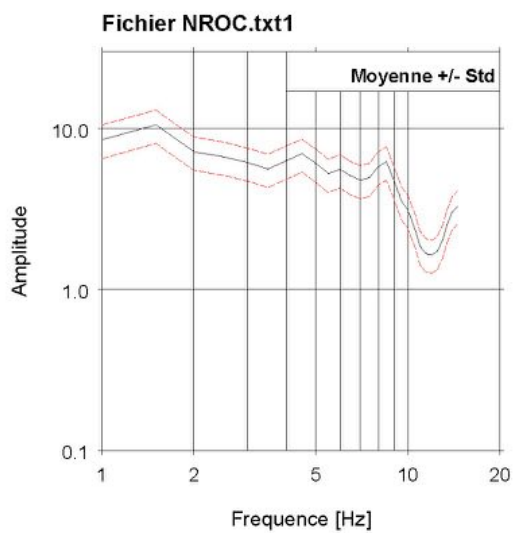
Log géologique

0 m	3 m	SABLE LIMONEUX	QUATERNAIRE
3 m	4 m	LIMON ARGILEUX + GALETS	QUATERNAIRE
4 m	11 m	SABLE + GALETS	QUATERNAIRE
11 m	17.5 m	LIMON SILTEUX	QUATERNAIRE
17.5 m	20 m	LIMON ARGILEUX + TOURBE	QUATERNAIRE
20 m	24 m	LIMON SILTEUX + TOURBE	QUATERNAIRE
24 m	29 m	LIMON SILTEUX + TOURBE	QUATERNAIRE
29 m	30 m	SABLE FIN + GALETS	QUATERNAIRE

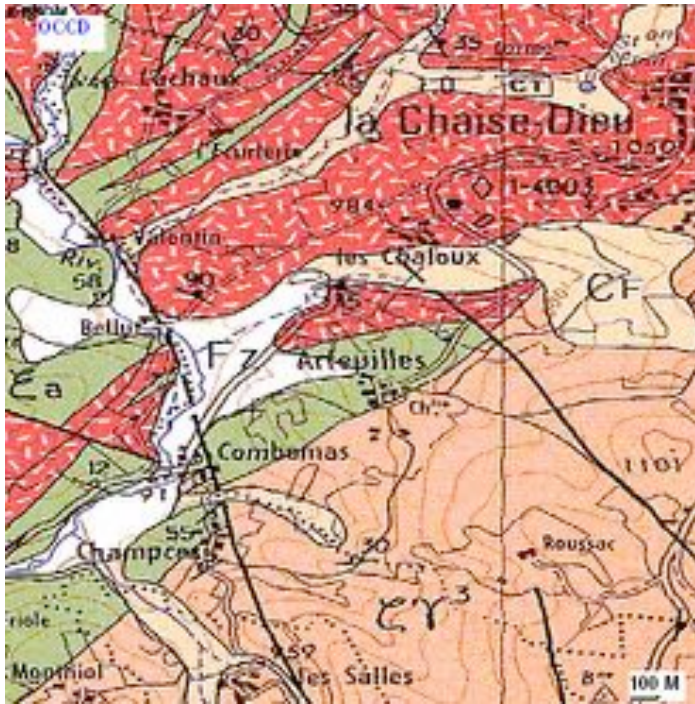
Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Carte Géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : PUY-DE-DOME (63)

Commune : CLERMONT-FERRAND (113)

Région naturelle :

Adresse ou Lieu-dit : BOULEVARD SUD-OUEST. PONT AVENUE DE LA LIBÉRATION

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 657926 m

Y = 2084520 m

Altitude : 413 m

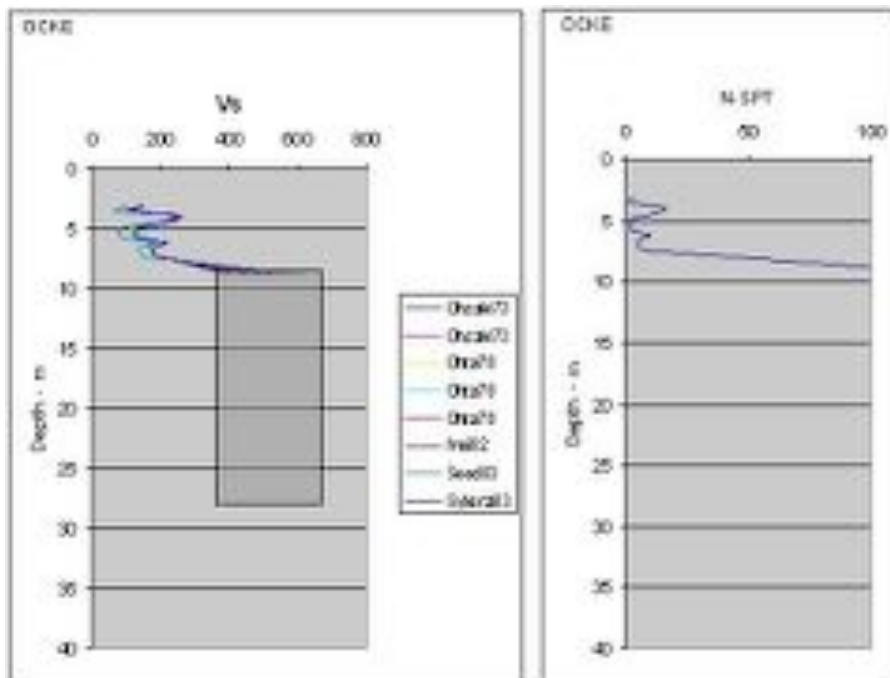
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 12

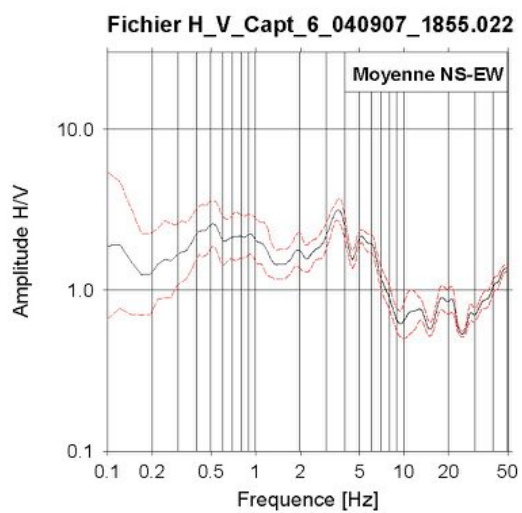
Log géologique

0 m	1,5 m	REMBLAI
1,5 m	3,8 m	MARNE ARGILEUSE MARRON, MOYENNEMENT COMPACTE
3,8 m	7,2 m	MARNE MARRON, PLUS COMPACTE
7,2 m	12 m	MARNE BLEUE, TRÈS COMPACTE

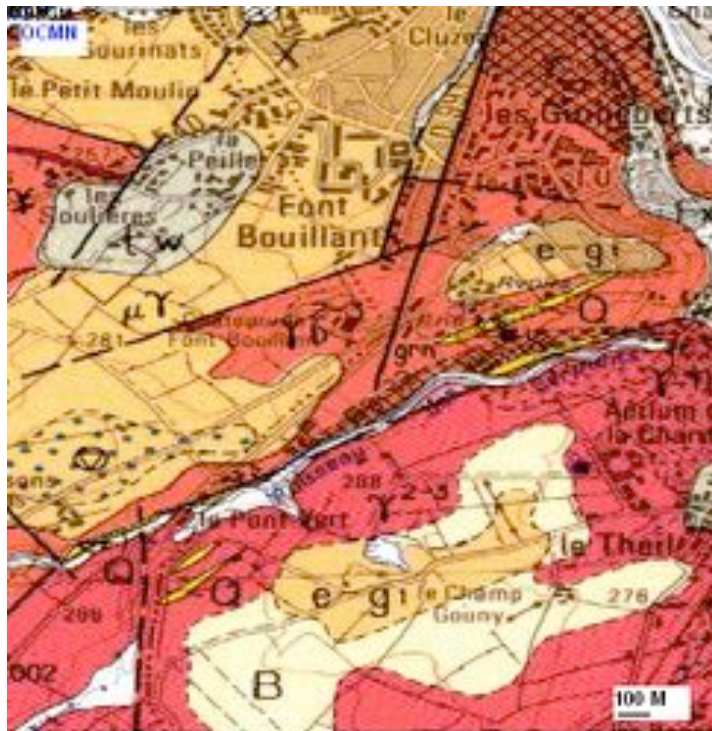
Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



HV bruit de fond



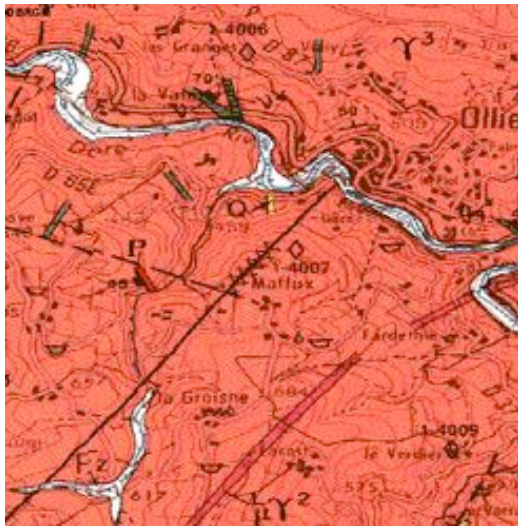
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : PUY-DE-DOME (63)
 Commune : CHAMALIERES (075)
 Région naturelle :
 Adresse ou Lieu-dit : HLM - AVE BERGOUGNAN
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 652920 m
 Y = 2087530 m
 Altitude : 402,5 m

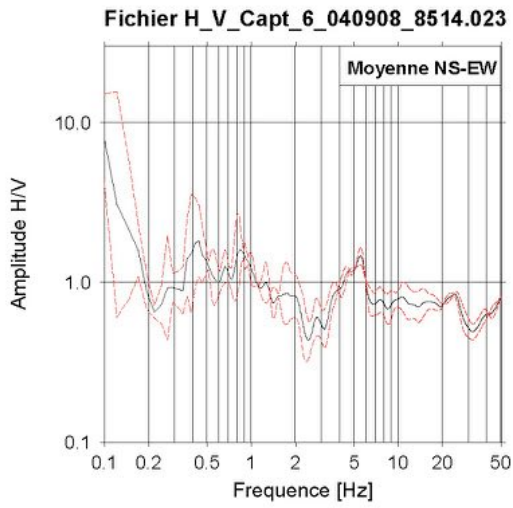
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 11

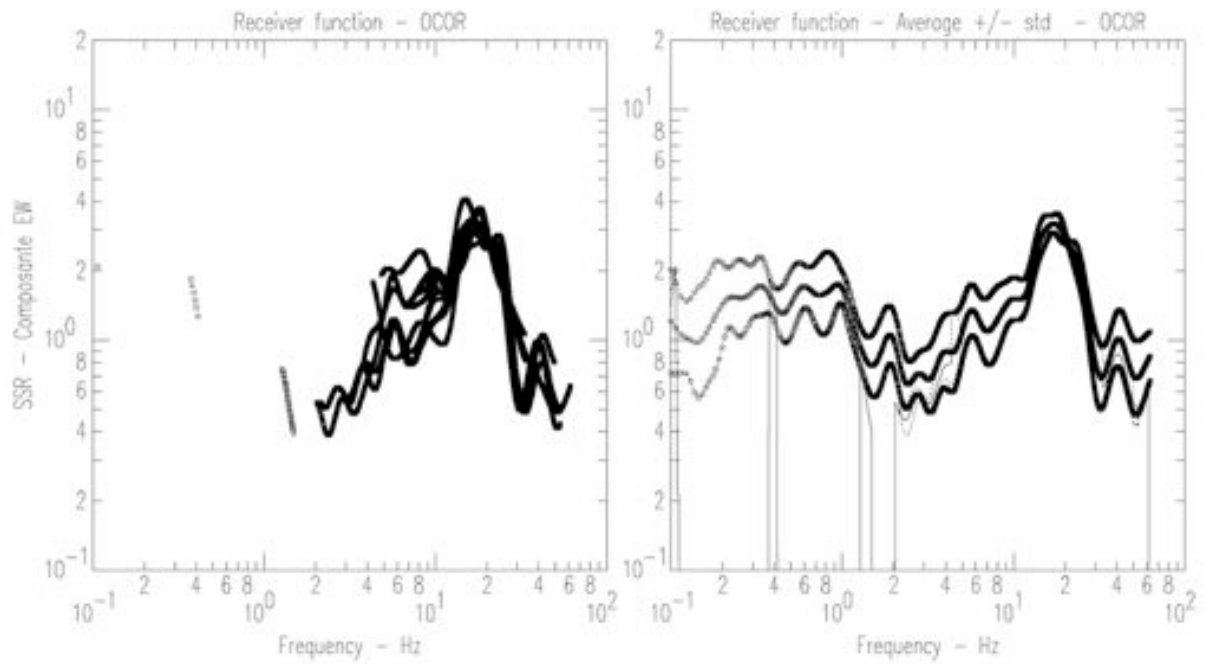
Log géologique

0 m	0,6 m	TERRE VEGETALE	
0,6 m	2,3 m	ARGILE	
2,3 m	5,2 m	ALLUVIONS, SILT, ARGILEUX	
5,2 m	6,1 m	LAPILLI	
6,1 m	9,2 m	MARNE PLASTIQUE	OLIGOCENE
9,2 m	11 m	MARNE COMPACTE	OLIGOCENE

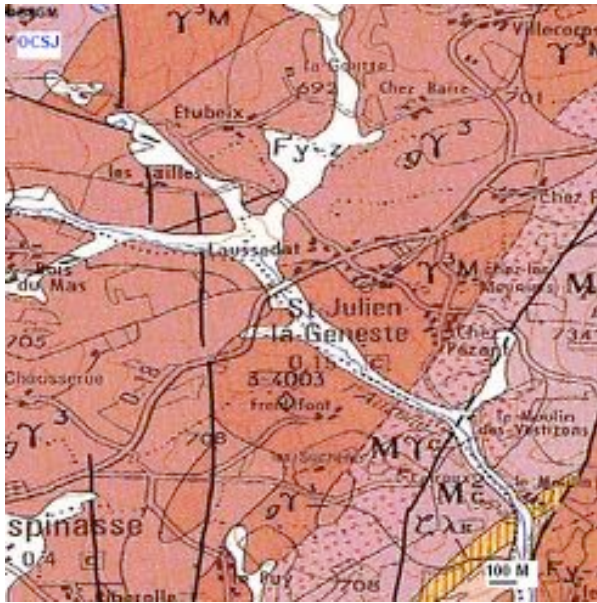
HV bruit de fond



HV Séismes



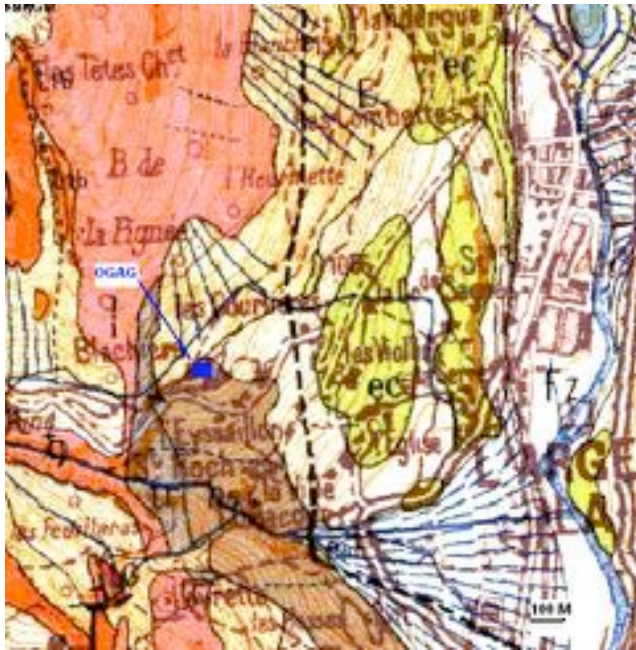
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

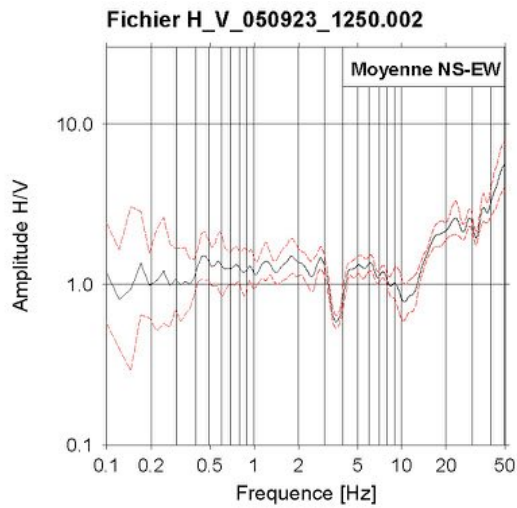
Coupe géologique



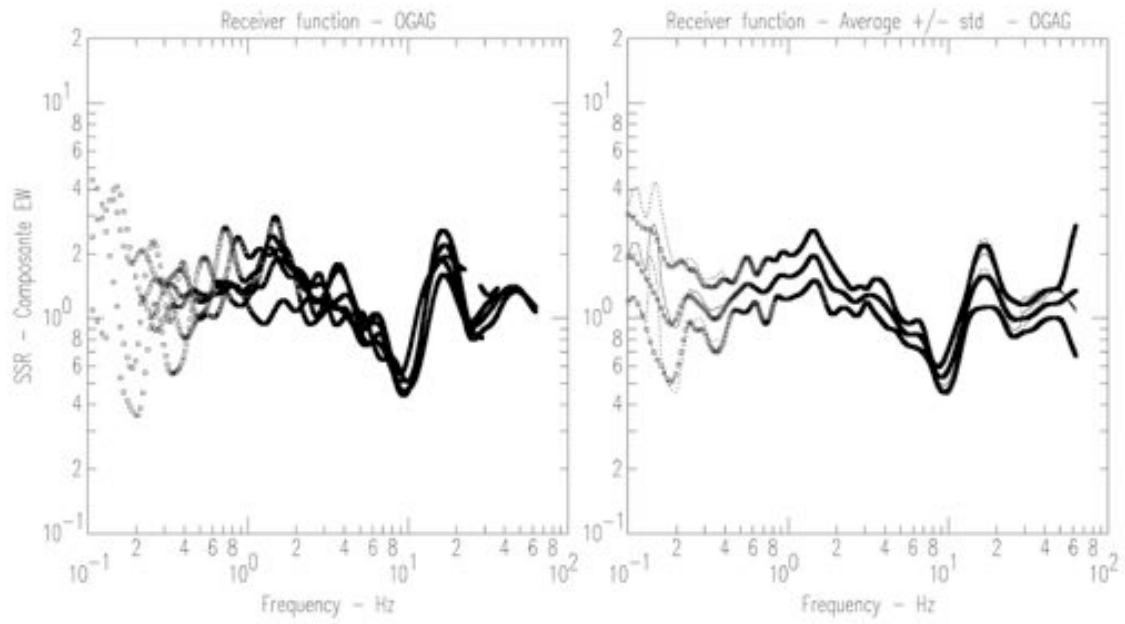
Sondage géologique

Aucun

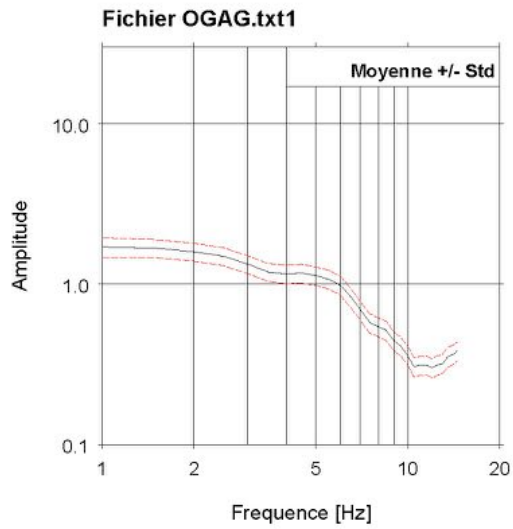
HV bruit de fond



H/V séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



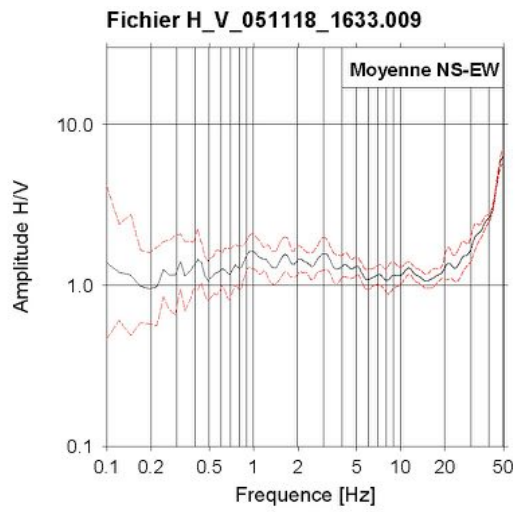
Carte géologique



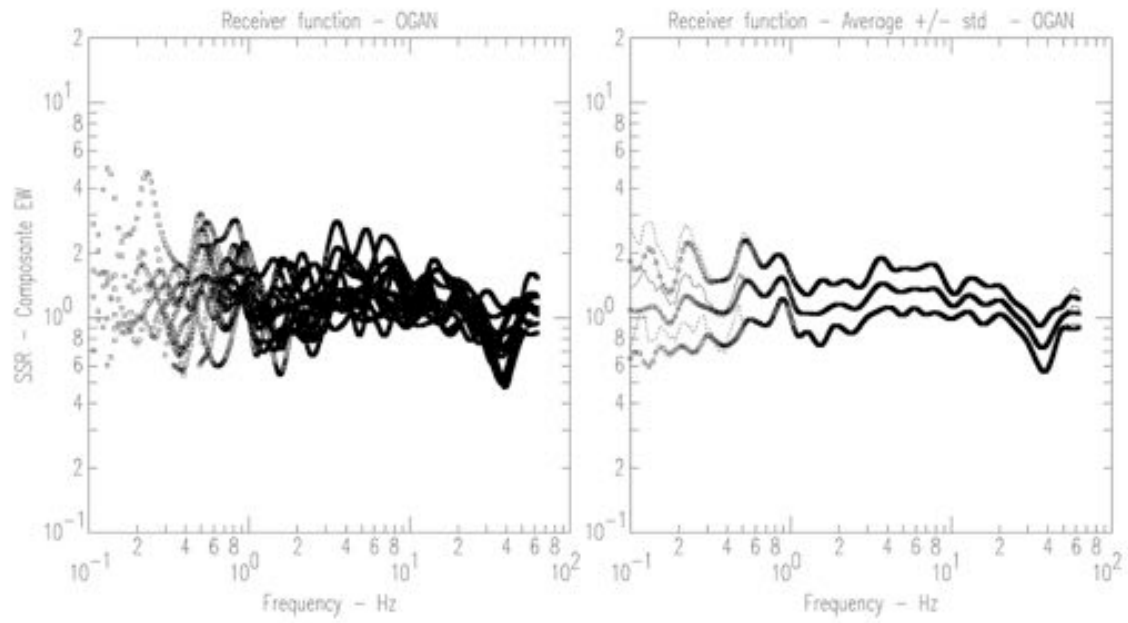
Sondage géologique

Aucun

HV bruit de fond

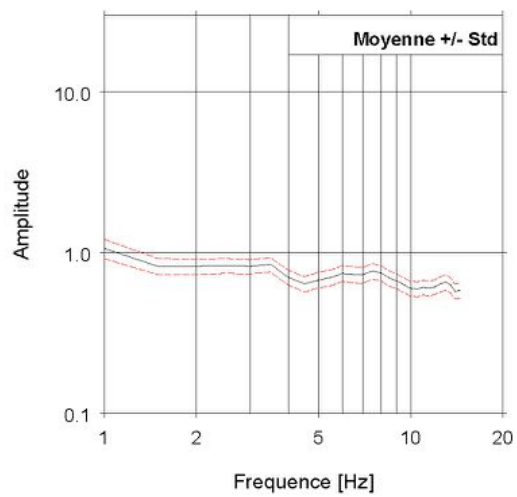


HV Séismes

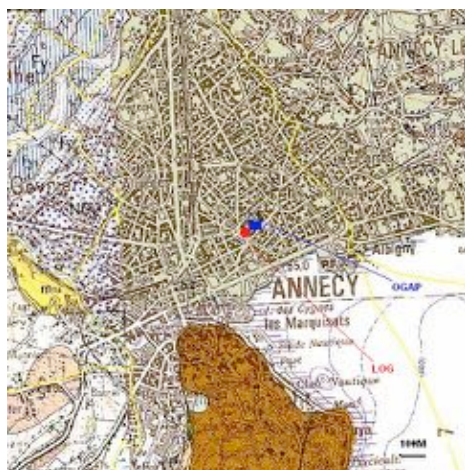


Inversion des données RAP (Drouet, 2006)

Fichier OGAN.txt1



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : HAUTE-SAVOIE (74)

Commune : ANNECY (010)

Région naturelle :

Adresse ou Lieu-dit : BD DU LYCEE- NLLS GALERIES

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 894390 m

Y = 2107790 m

Altitude : 448 m

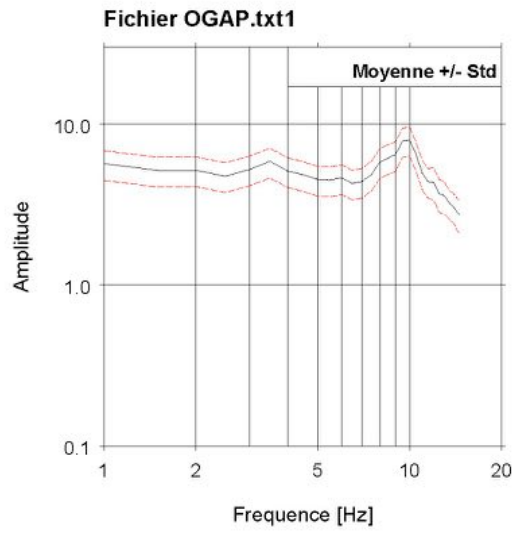
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 30

Log géologique

0 m	0.4 m	TERRE VEGETALE	QUATERNAIRE
0.4 m	1.5 m	ARGILE MARRON CAILLOUTEUSE	QUATERNAIRE
1.5 m	2.8 m	ARGILE GRISE PLASTIQUE	QUATERNAIRE
2.8 m	3.5 m	ARGILE MARRON	QUATERNAIRE
3.5 m	4.2 m	SABLE FIN GRIS JAUNE	QUATERNAIRE
4.2 m	4.5 m	ARGILE GRISE	QUATERNAIRE
4.5 m	6 m	SABLE ARGILEUX + GRAVIERS ET GALETS	QUATERNAIRE
6 m	7.8 m	SABLE ARGILEUX + GRAVIERS ET GALETS	QUATERNAIRE
7.8 m	9.1 m	SILTS	QUATERNAIRE
9.1 m	11.2 m	SABLE ARGILEUX + GRAVIERS	QUATERNAIRE
11.2 m	13.1 m	SABLE ARGILEUX	QUATERNAIRE
13.1 m	17.4 m	SABLE FIN ARGILEUX + GRAVIERS	QUATERNAIRE
17.4 m	18.6 m	SILTS	QUATERNAIRE
18.6 m	20.6 m	SABLE ARGILEUX + GRAVIERS	QUATERNAIRE
20.6 m	25.5 m	SILTS	QUATERNAIRE
25.5 m	27.8 m	SABLE FIN ARGILEUX + GRAVIERS	QUATERNAIRE
27.8 m	30 m	SABLE ARGILEUX	QUATERNAIRE

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : VAUCLUSE (84)

Commune : AVIGNON (007)

Région naturelle : COTE-DU-RHONE

Adresse ou Lieu-dit : ILOT DES CARMES RUE DES INFIRMIERES

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 799027 m

Y = 1886728 m

Altitude : 19 m

Nature : SONDAGE

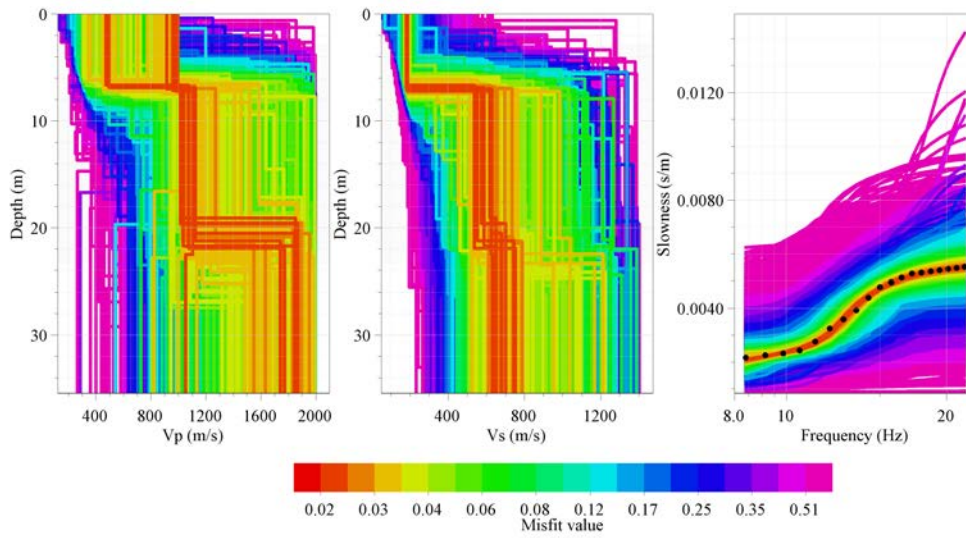
Profondeur atteinte (m) : 15

Log géologique

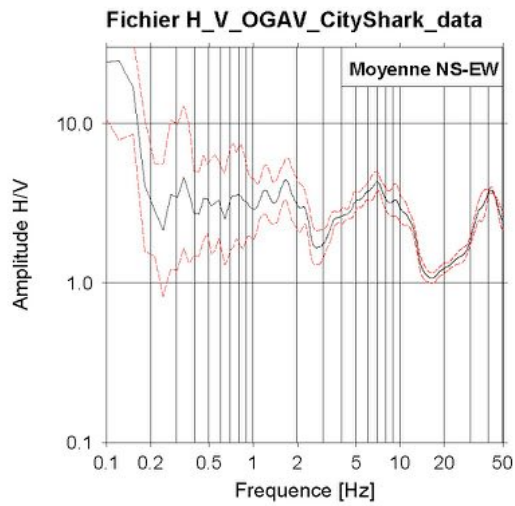
0 m	3 m	REMBLAI
3 m	15 m	LIMON + GALETS

QUATERNAIRE
QUATERNAIRE

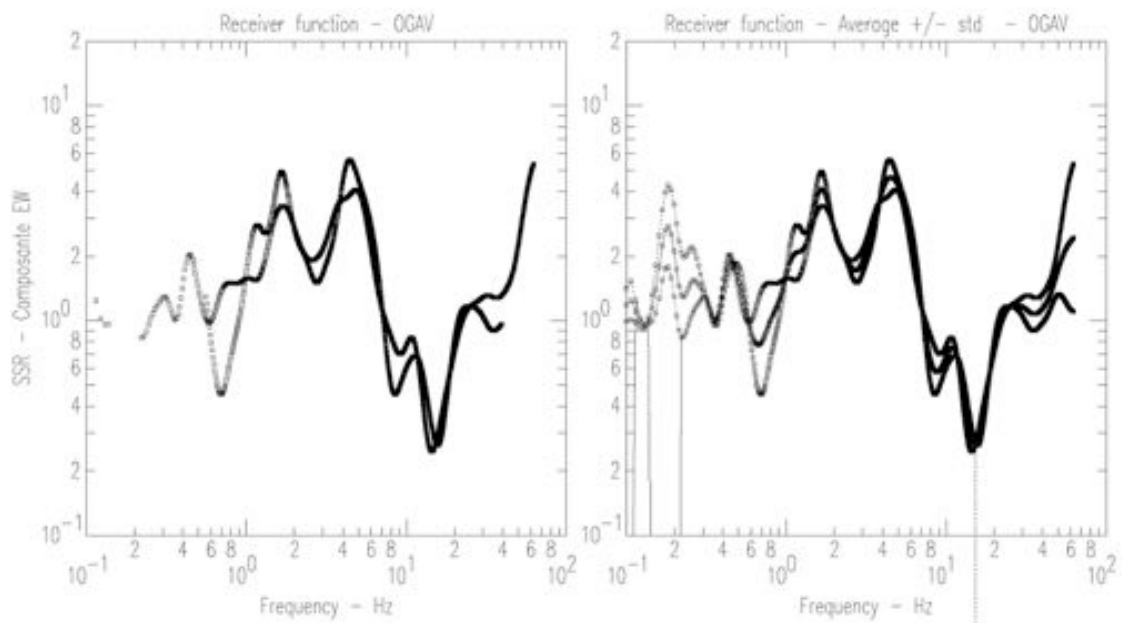
Essais Géotechniques/Géophysiques: SASW



HV bruit de fond



HV Séismes



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : DROME (26)
 Commune : BUIS-LES-BARONNIES (063)
 Région naturelle :
 Adresse ou Lieu-dit : RUISSEAU DE LAVAL
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 833808 m
 Y = 1922811 m
 Altitude : 356 m

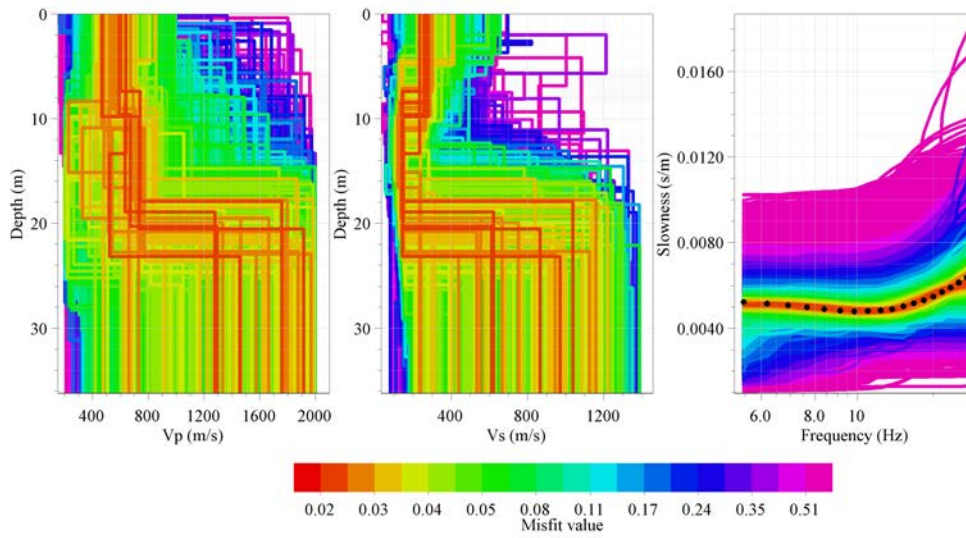
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 10.8

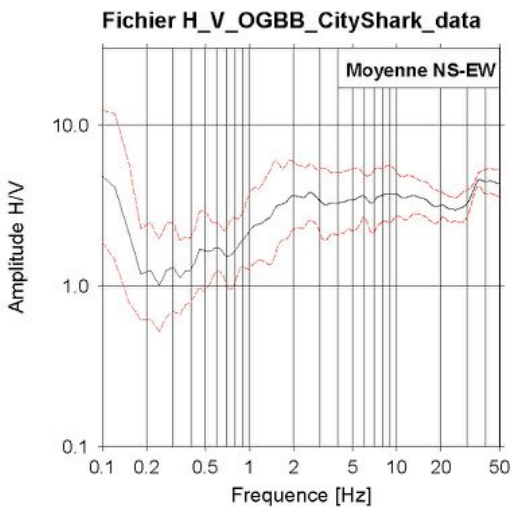
Log géologique

0 m	0.5 m	TERRE	QUATERNAIRE
0.5 m	1.7 m	ARGILE	QUATERNAIRE
1.7 m	5.9 m	ALLUVIONS ARGILEUX SABLEUX + BLOCS	QUATERNAIRE
5.9 m	7.7 m	SABLE GROSSIER	QUATERNAIRE
7.7 m	8.6 m	POUDINGUE+ GRAVIER+ ARGILE	QUATERNAIRE
8.6 m	8.8 m	MARNE	STAMPIEN
8.8 m	10.3 m	MARNE SABLEUX COMPACT	STAMPIEN
10.3 m	12.2 m	MARNE SABLEUX/GRES	STAMPIEN

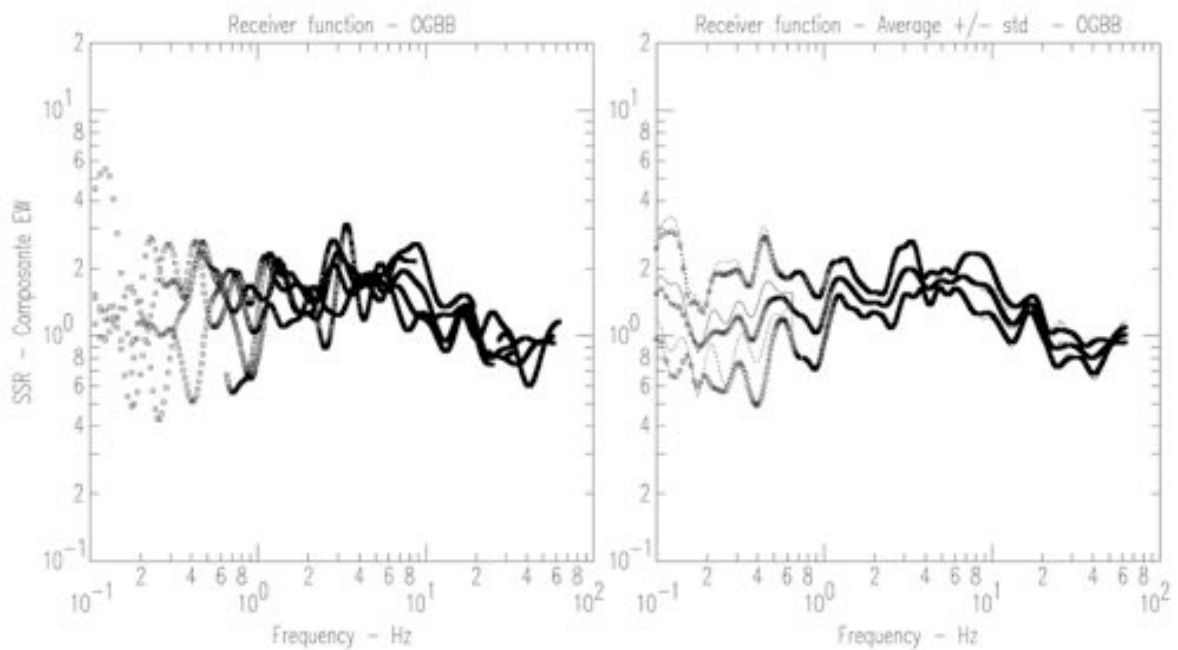
Essais Géotechniques/Géophysiques: SASW



HV bruit de fond



HV Séismes



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : SAVOIE (73)
Commune : MOTTE-SERVOLEX(LA) (179)
Région naturelle :
Adresse ou Lieu-dit : LA COTE DE POULY
Coordonnées (Lambert 2 étendu)
X = 875740 m
Y = 2077040 m
Altitude : 234 m

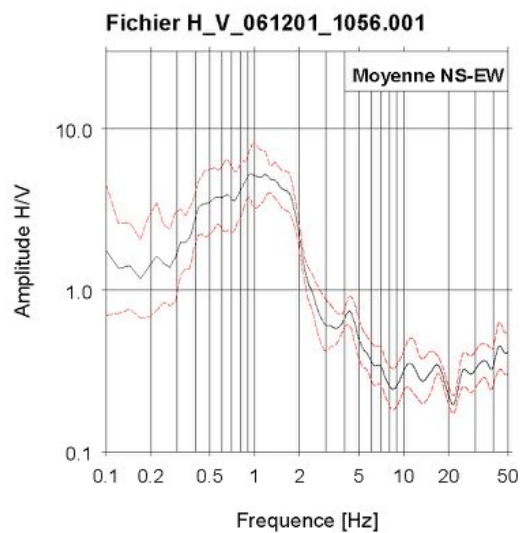
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 80

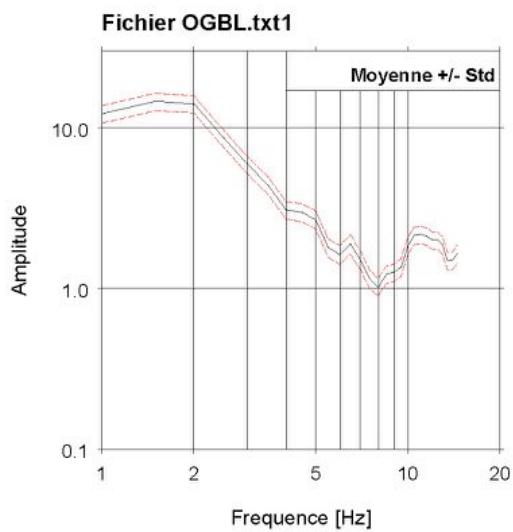
Log géologique

0 m	26 m	MORAINES
26 m	80 m	MOLASSES GRESEUSE ET CALCAIRE

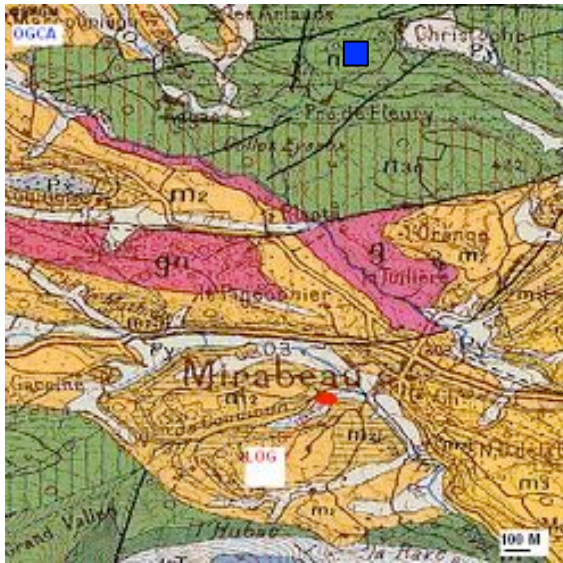
HV bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



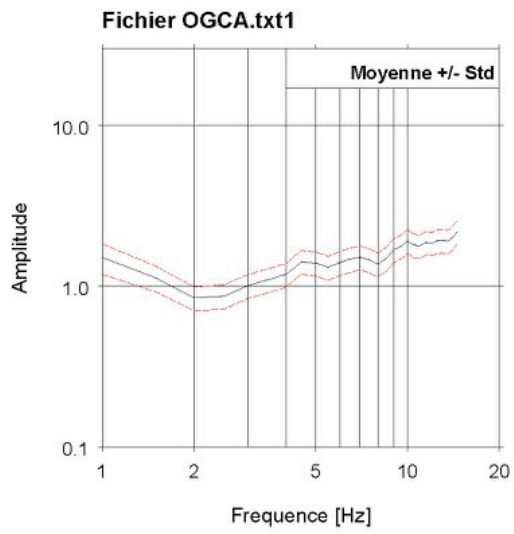
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Log géologique 1

Département : SAVOIE (73)
 Commune : CHAMBERY (065)
 Région naturelle : PREALPES
 Adresse ou Lieu-dit : TUNNEL DES MONTS

Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 880400 m
 Y = 2069900 m
 Altitude : 278.8 m

Nature : SONDAGE
Profondeur atteinte (m) : 16.7

0 m	1.5 m	TERRE, ARGILEUX
1.5 m	10 m	GRAVIER, SABLEUX
10 m	11.3 m	ARGILE, ROUGE A-VEGETAUX; GRAVIER
11.3 m	11.5 m	ARGILE, GRAVIER
11.5 m	13.5 m	GRAVIER, COMPACT
13.5 m	16.4 m	GRAVIER, SABLEUX
16.4 m	16.7 m	CALCAIRE, FISSURE

Log géologique 2

Département : SAVOIE (73)
 Commune : BASSENS (031)
 Région naturelle : PREALPES
 Adresse ou Lieu-dit : HOPITAL DE BASSEMS

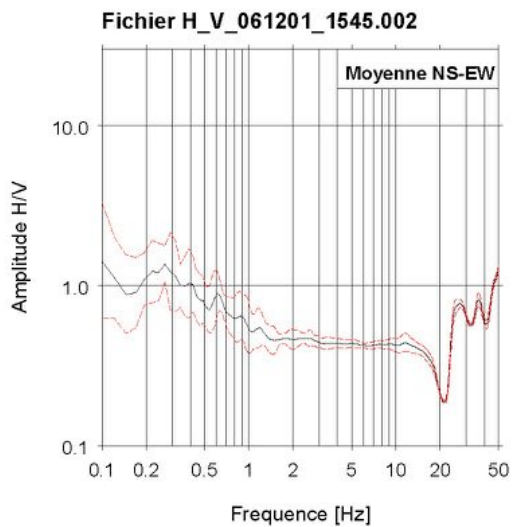
Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 880900 m
 Y = 2070340 m
 Altitude : 279 m

Nature : SONDAGE

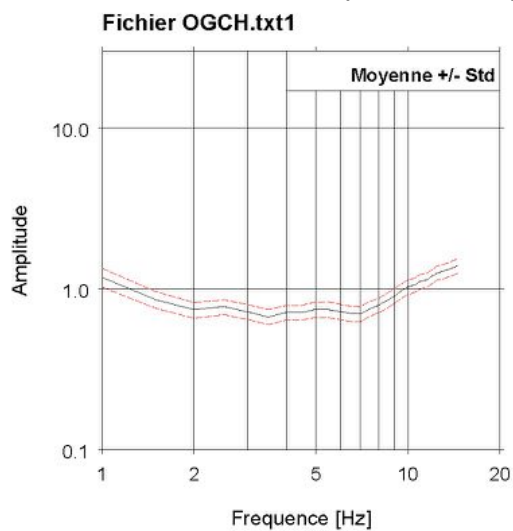
Profondeur atteinte (m) : 16

0 m	0.6 m	TERRE VEGETALE
0.6 m	1.8 m	SABLE GRAVIERS
1.8 m	2.6 m	ARGILE LIMONO SABLEUSE + GRAVIERS
2.6 m	7.7 m	SABLE GRAVIER + GALETS
7.7 m	10 m	LIMON ARGILEUX
10 m	11.6 m	LIMON ARGILEUX A SABLEUX
11.6 m	12 m	SABLE GRAVIER + GALETS
12 m	16 m	SABLE GRAVIER + GALETS

HV bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ISERE (38)
 Commune : SAINT-MARTIN-D'HERES (421)
 Région naturelle : PREALPES
 Adresse ou Lieu-dit : LES GLAIRONS
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 869529 m
 Y = 2026827 m
 Altitude : 211 m

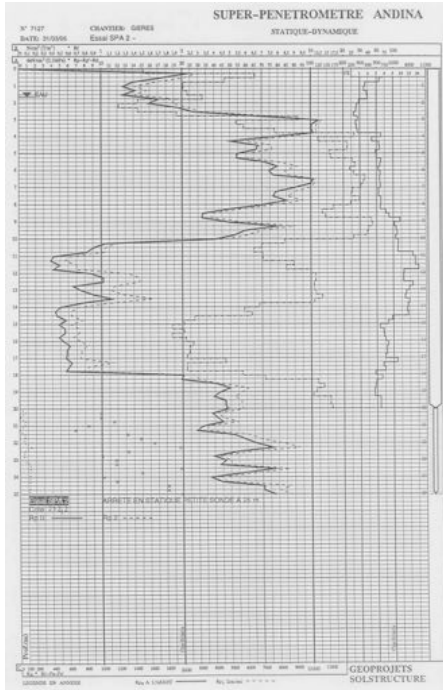
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 15

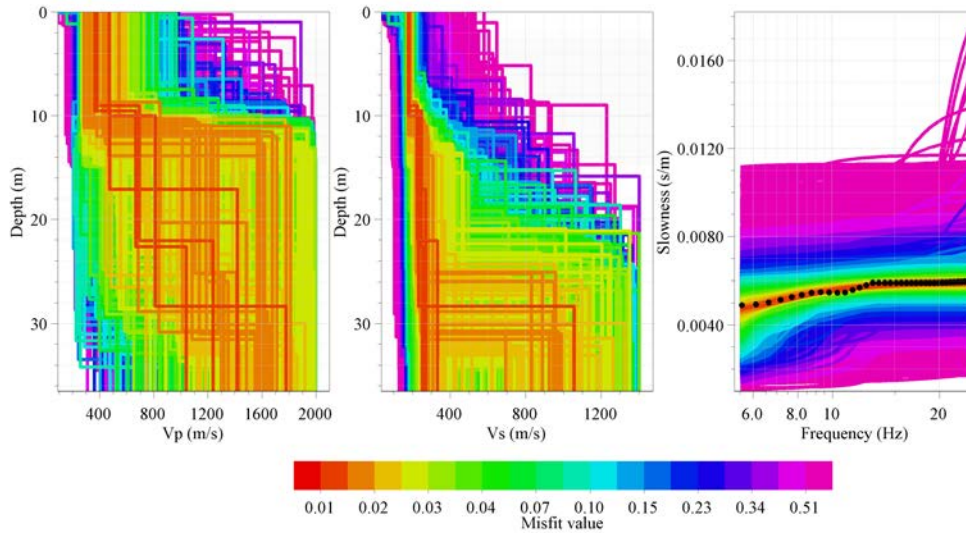
Log géologique

0 m	1 m	REMBLAIS
1 m	3.8 m	ARGILE
3.8 m	13 m	GRAVIER SABLEUX
13 m	15 m	GRAVIERS, GALETS ET SABLE

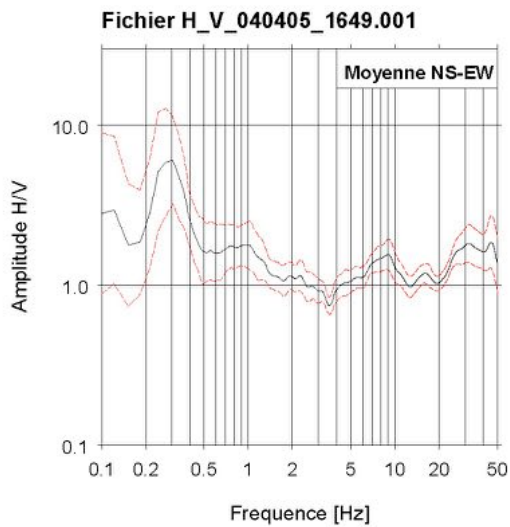
Essais Géotechniques/Géophysiques: CPT



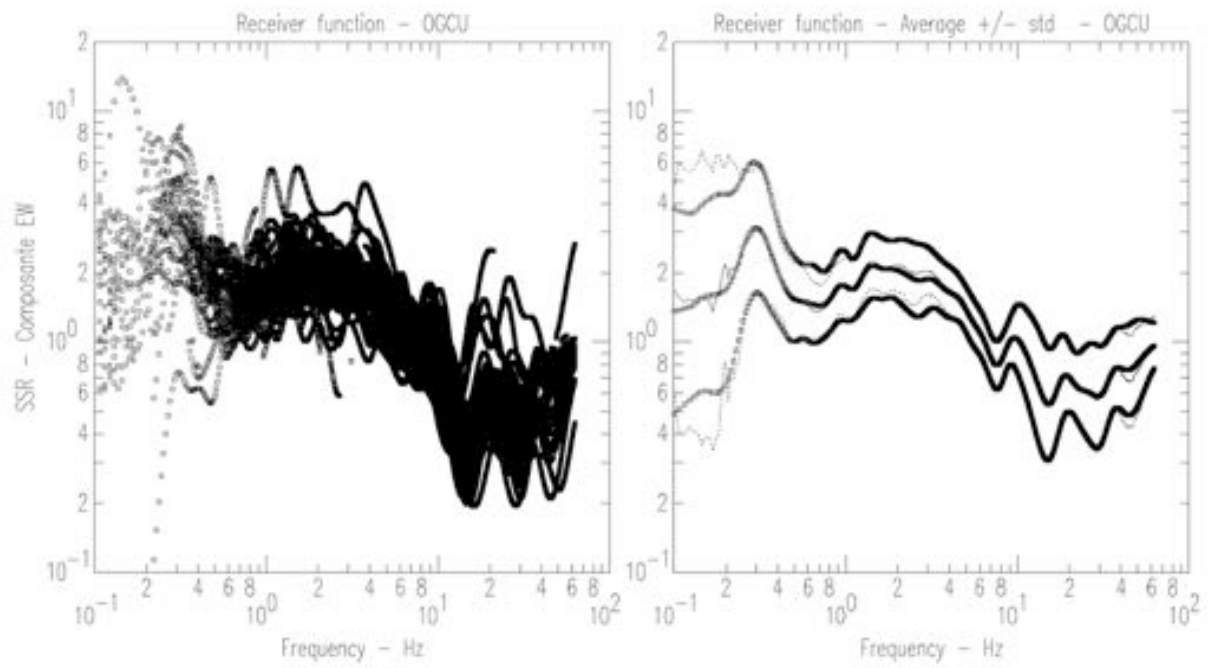
Essais Géotechniques/Géophysiques: SASW



HV bruit de fond

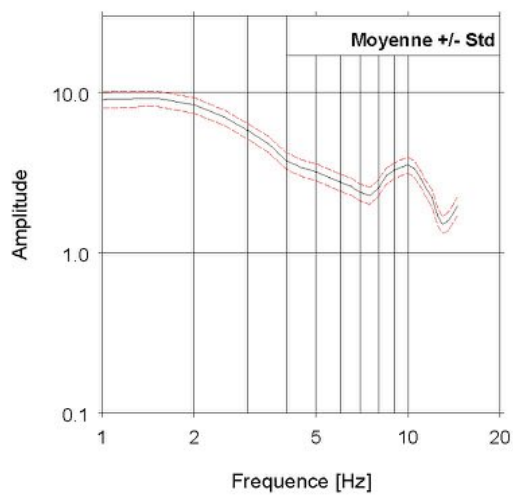


HV Séisme



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)

Fichier OGCU.txt1



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ISERE (38)
 Commune : SAINT-MARTIN-D'HERES (421)
 Région naturelle :
 Adresse ou Lieu-dit : MINITUBES
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 868220.171 m
 Y = 2025944.282 m
 Altitude : 212 m

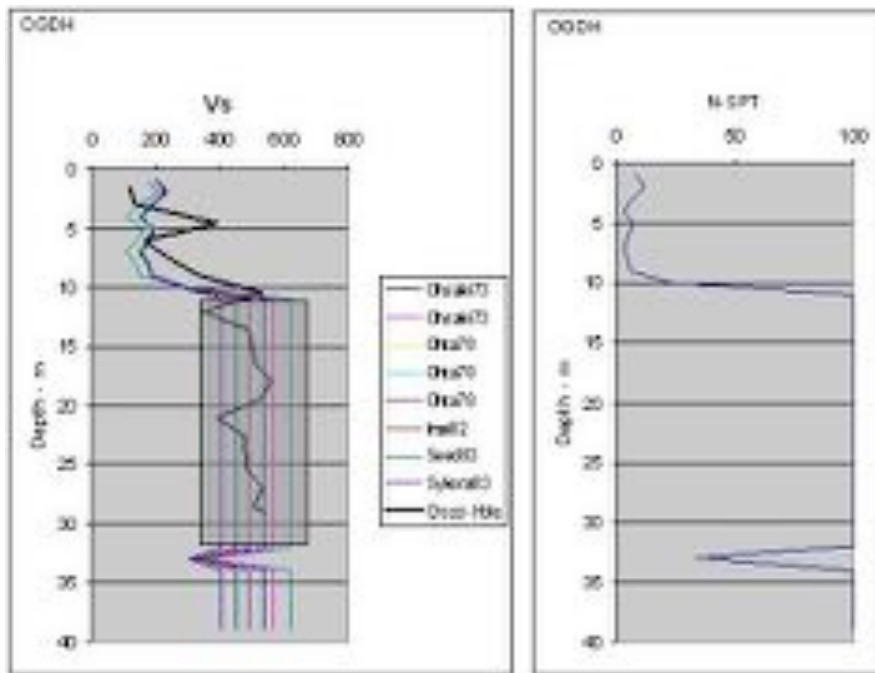
Nature : PIEZOMETRE

Profondeur atteinte (m) : 15

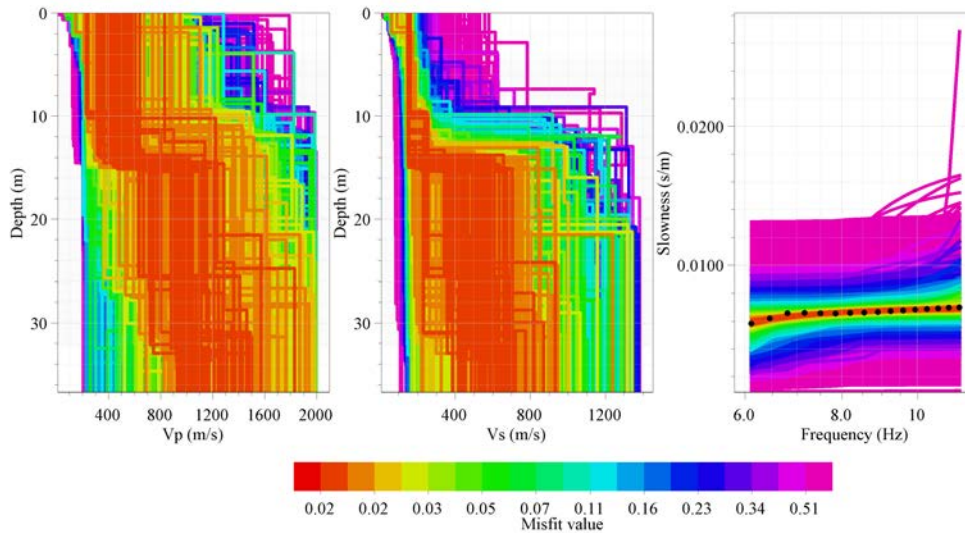
Log géologique

0 m	2 m	ARGILES PLASTIQUES
2 m	4 m	ARGILES PLASTIQUES A SABLO-LIMONEUSES
4 m	6.5 m	ARGILES PLASTIQUES
6.5 m	6.7 m	ARGILE TOURBEUSE
6.7 m	7.5 m	ARGILES PLASTIQUES
7.5 m	8.5 m	TOURBE ARGILEUSE
8.5 m	9 m	ARGILES PLASTIQUES
9 m	11.5 m	ARGILES SABLEUSES
11.5 m	13 m	ARGILES SABLO-GRAVELEUSES
13 m	14 m	GRAVIERS ARGILO-SABLEUX A SABLE MOYEN GRAVELEUX
14 m	15 m	GRAVIERS

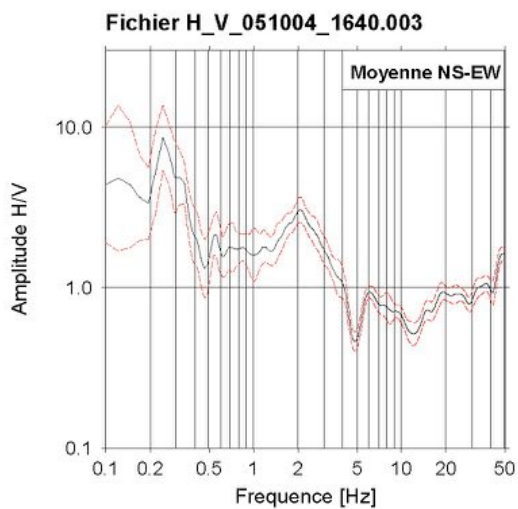
Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



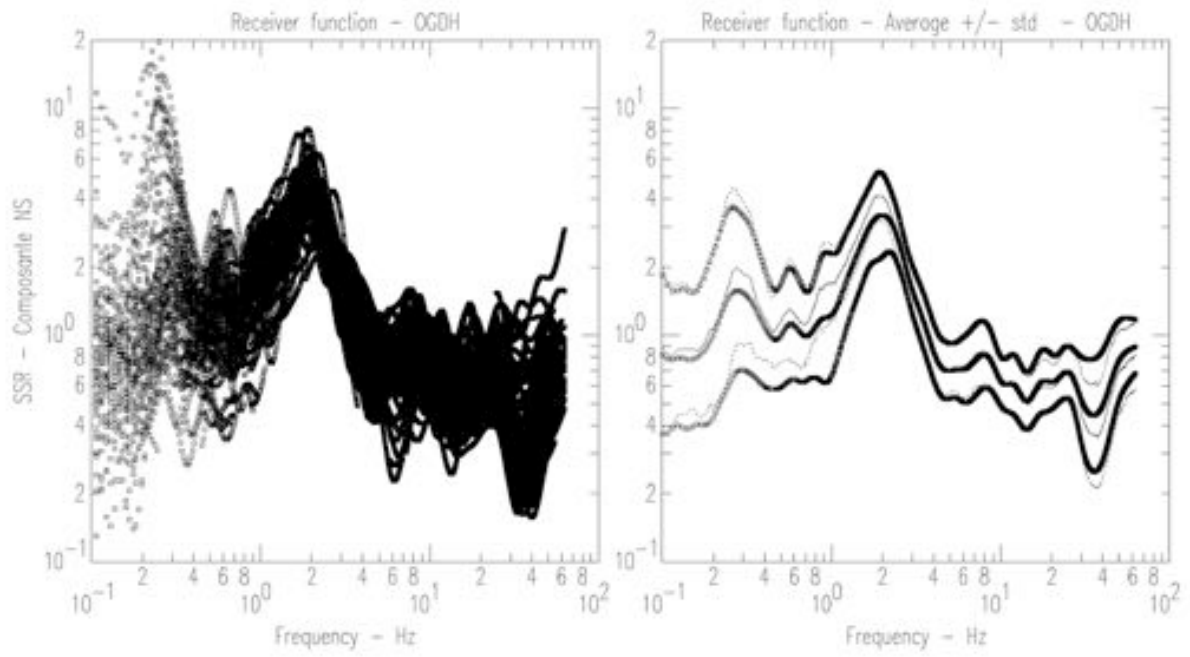
Essais Géotechniques/Géophysiques: SASW



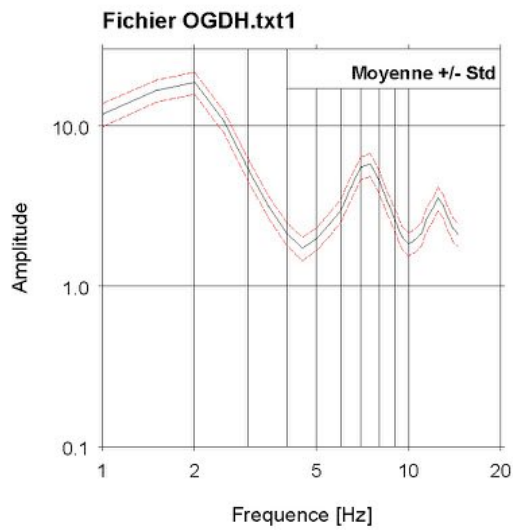
HV bruit de fond



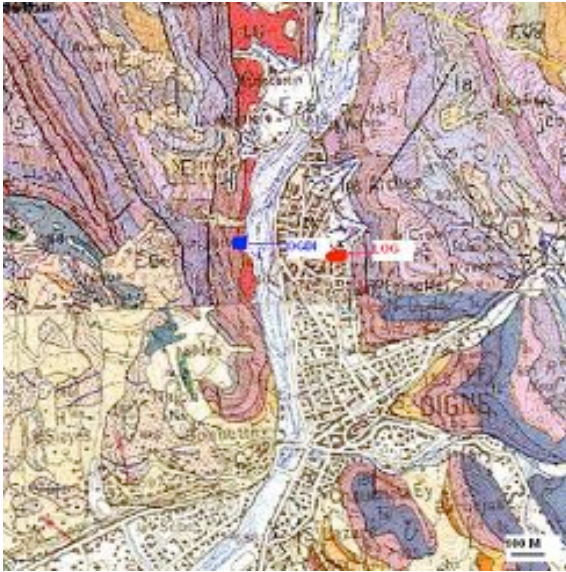
HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Log géologique

Département : ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE (04)

Commune : DIGNE-LES-BAINS (070)

Région naturelle : PREALPES

Adresse ou Lieu-dit : GENDARMERIE

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 912208 m

Y = 1907990 m

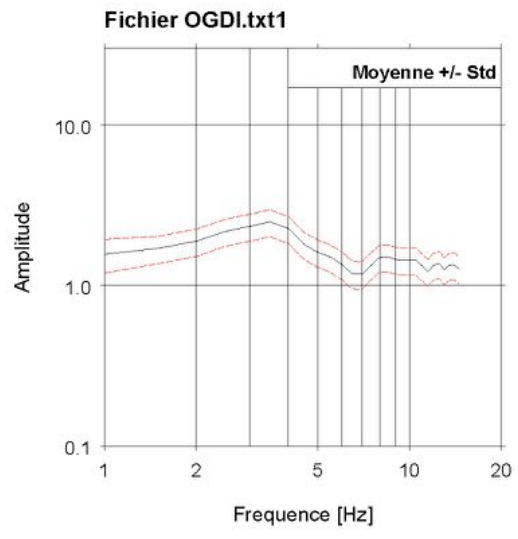
Altitude : 605.1 m

Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 12.5

0 m	1 m	SABLES GRAVELEUX	QUATERNAIRE
1 m	2.1 m	SABLES	QUATERNAIRE
2.1 m	3.75 m	LIMONS	QUATERNAIRE
3.75 m	12.5 m	SABLES ET GRAVES SABLEUSES	QUATERNAIRE

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : HAUTE-SAVOIE (74)

Commune : EPAGNY (112)

Région naturelle :

Adresse ou Lieu-dit : LOT LES CRETS

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 891300 m

Y = 2111390 m

Altitude : 470 m

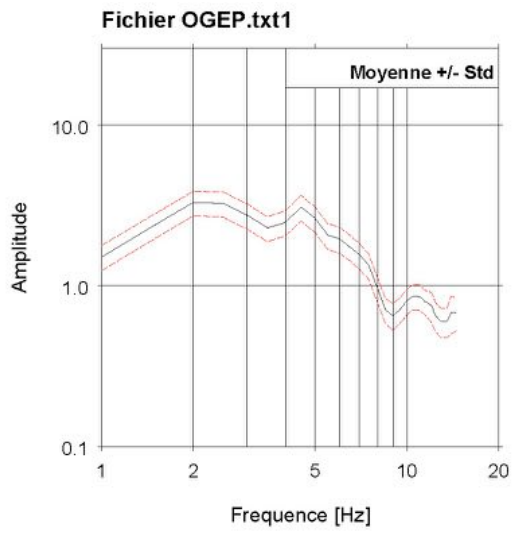
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 100

Log géologique

0 m	1.8 m	TERRE	QUATERNAIRE
1.8 m	5.4 m	TOURBE	QUATERNAIRE
5.4 m	6.2 m	ARGILE MOLLE	QUATERNAIRE
6.2 m	7.6 m	TOURBE	QUATERNAIRE
7.6 m	9.8 m	ARGILE SABLEUSE	QUATERNAIRE
9.8 m	11.5 m	SABLE ARGILEUX + GRAVIERS	QUATERNAIRE
11.5 m	13.4 m	SABLE FIN ARGILEUX	QUATERNAIRE
13.4 m	13.7 m	ARGILE PLASTIQUE	QUATERNAIRE
13.7 m	16 m	SABLE FIN ARGILEUX	QUATERNAIRE
16 m	17.5 m	SABLE ARGILEUX	QUATERNAIRE
17.5 m	20.5 m	SABLE FIN	QUATERNAIRE
20.5 m	21.8 m	SABLE FIN ARGILEUX	QUATERNAIRE
21.8 m	23 m	ARGILE SILTEUSE	QUATERNAIRE
23 m	25.9 m	SABLE FIN ARGILEUX	QUATERNAIRE
25.9 m	27.3 m	ARGILE SABLEUSE	QUATERNAIRE
27.3 m	29.6 m	ARGILE COMPACTE	QUATERNAIRE
29.6 m	33.8 m	ARGILE COMPACTE + GRAVIERS ET GALETS	QUATERNAIRE
33.8 m	34 m	BLOCS DE CALCAIRE DUR	QUATERNAIRE
34 m	40 m	ARGILE GRISE + GRAVIERS	QUATERNAIRE
40 m	53.1 m	ALTERNANCE DE COUCHES D'ARGILE ET DE SABLE FIN	QUATERNAIRE

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique

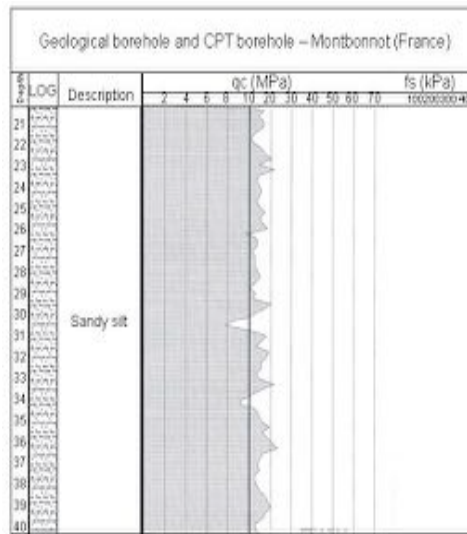
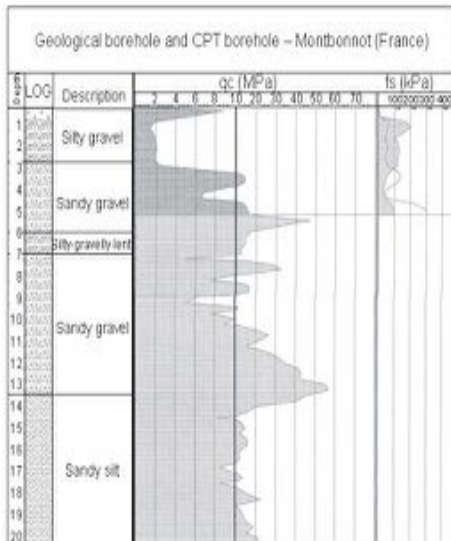


Sondage géologique

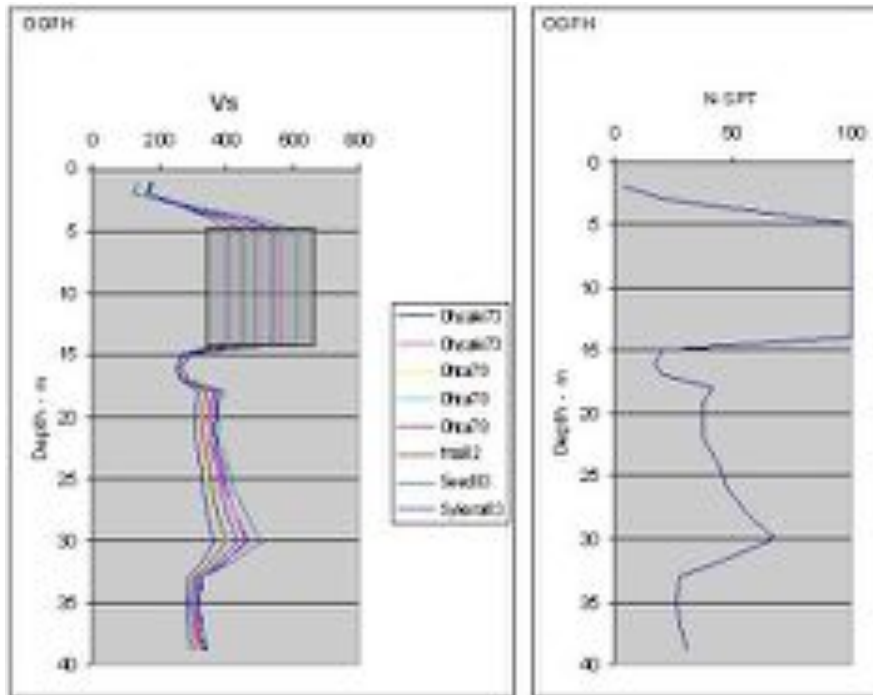
Source LGIT

Nature : Essai CPT

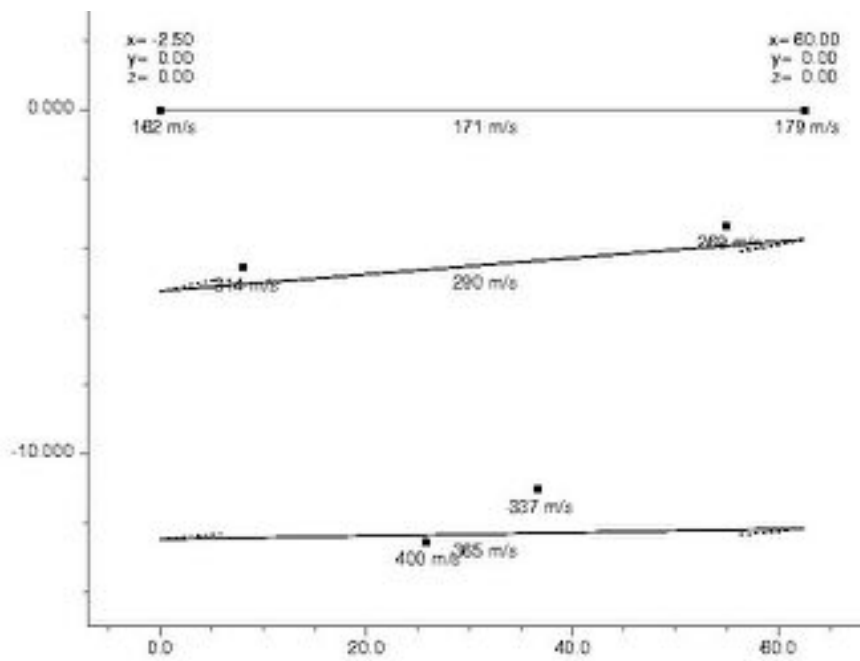
Profondeur atteinte (m) : 40 m



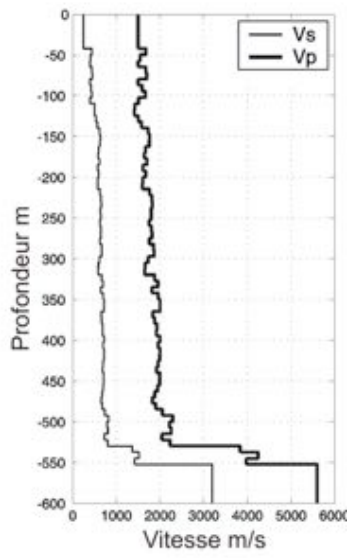
Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



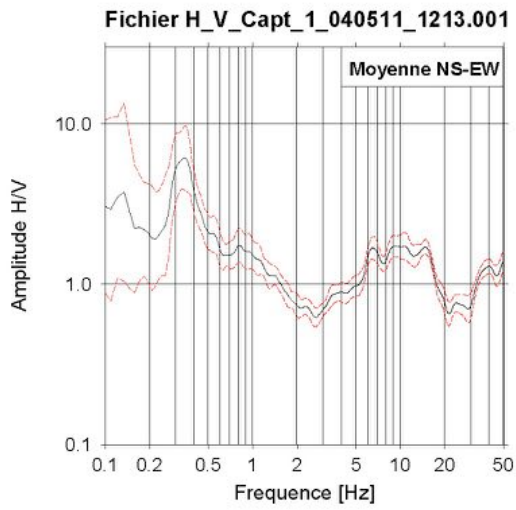
Essais Géotechniques/Géophysiques: Sismique Réfraction onde S (Réf : Guéguen et al., PAGEOPH, 2007)



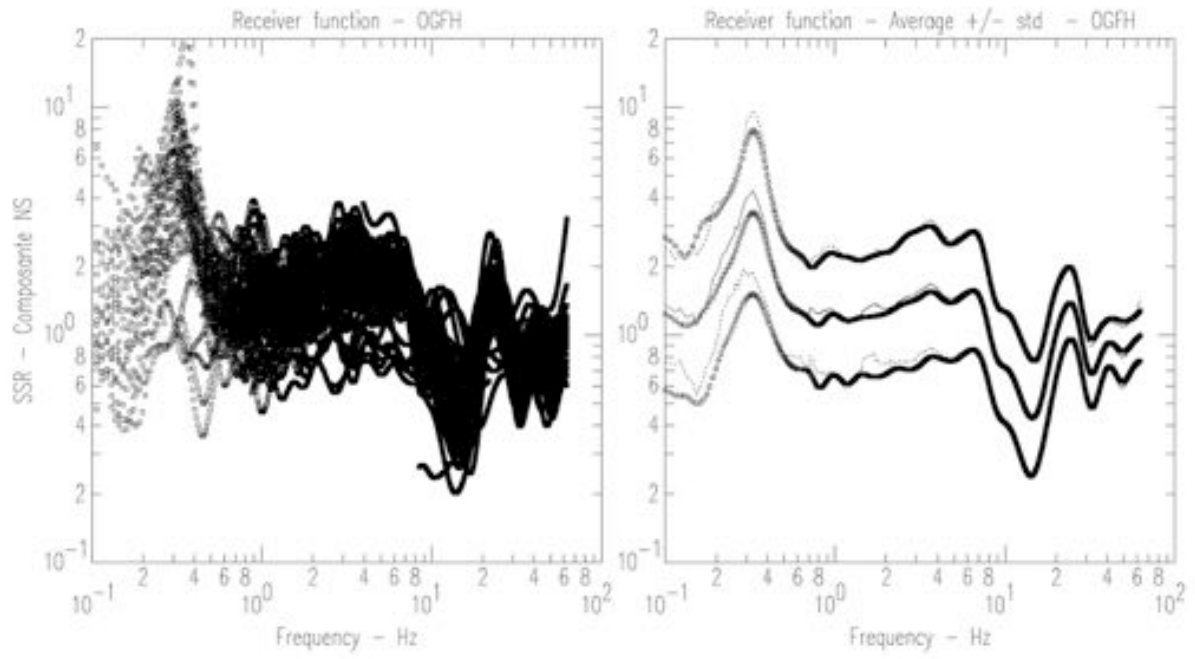
Essais Géotechniques/Géophysiques: Down-hole (Réf : Cornou et al., BSSA, 2003)



HV bruit de fond

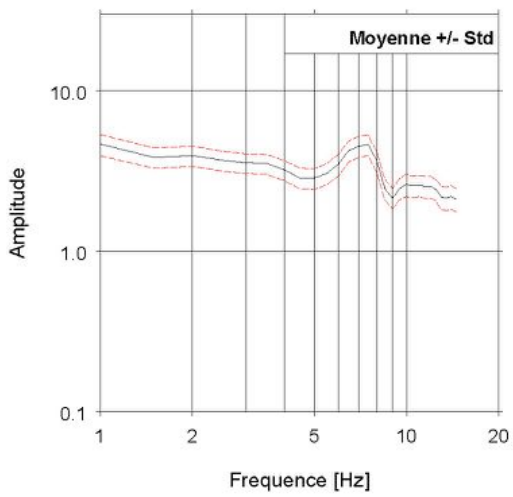


HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)

Fichier OGFH.txt1



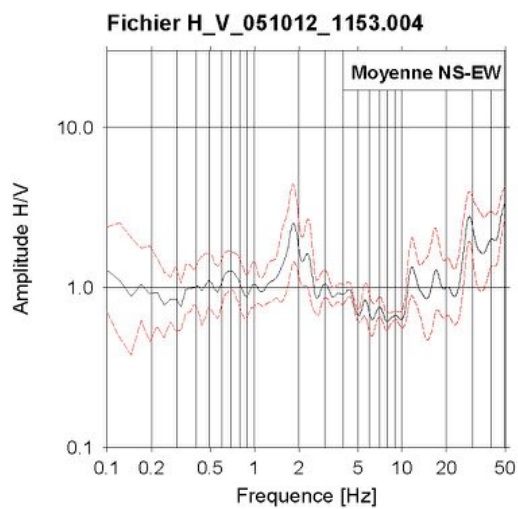
Carte géologique



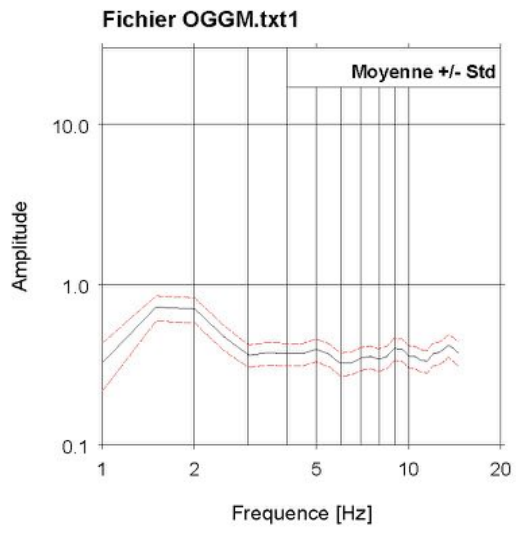
Sondage géologique

Aucun

HV bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source LGIT

Nature : Forage pour fondation Hôtel de ville

Profondeur atteinte (m) : 17.6 m

0 m	2.0 m	REMBLAI	
2.0 m	12.4 m	LIMONS ARGILEUX + TOURBE	QUATERNAIRE
12.4 m	14.7 m	GALETS+ SABLE GROSSIER	QUATERNAIRE
14.7 m	17.6 m	LIMONS + TOURBE + BOIS	QUATERNAIRE

Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : SAVOIE (73)

Commune : LECHERE(LA) (187)

Région naturelle : ALPES

Adresse ou Lieu-dit : LA CONTAMINE D'EN HAUT

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 923366 m

Y = 2067005 m

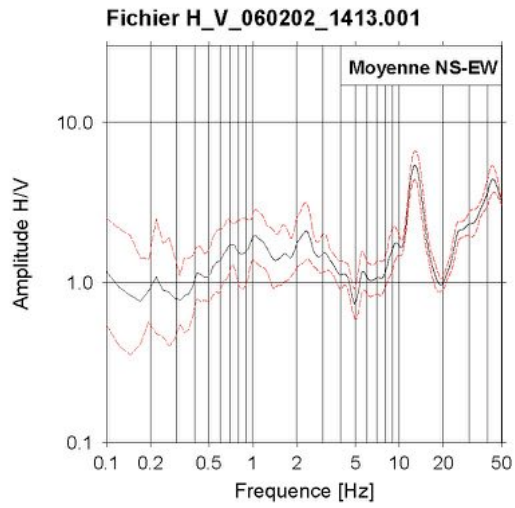
Altitude : 429.78 m

Nature : FORAGE

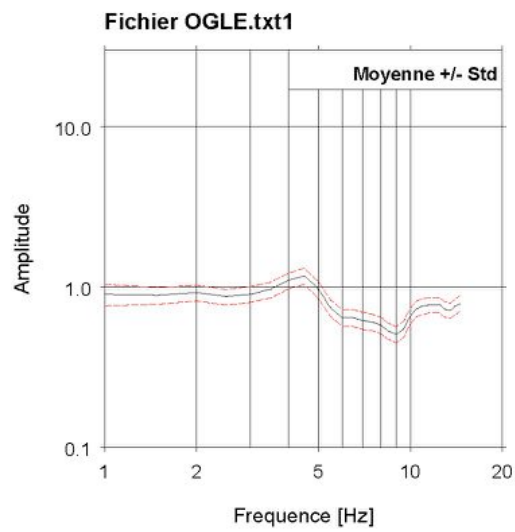
Profondeur atteinte (m) : 12

0 m	1.6 m	SABLE FIN ARGILEUX
1.6 m	8.5 m	SABLE GROSSIER
8.5 m	12 m	SABLE GROSSIER TRES COMPACT

HV bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : VAUCLUSE (84)
 Commune : LAPALUD (064)
 Région naturelle : COTE-DU-RHONE
 Adresse ou Lieu-dit : CARREFOUR GIRATOIRE

Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 787862 m
 Y = 1924483 m
 Altitude : 45 m

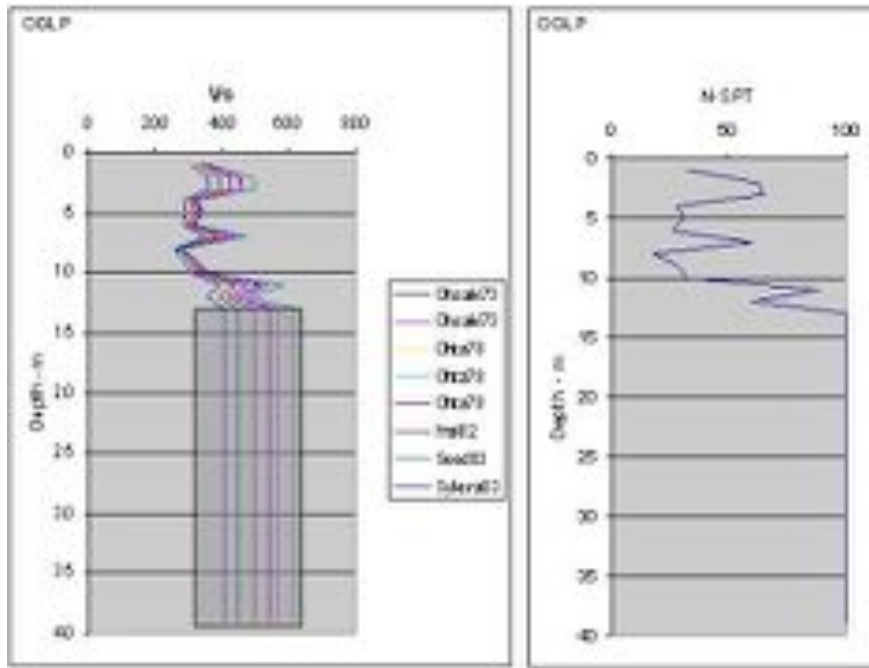
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 10

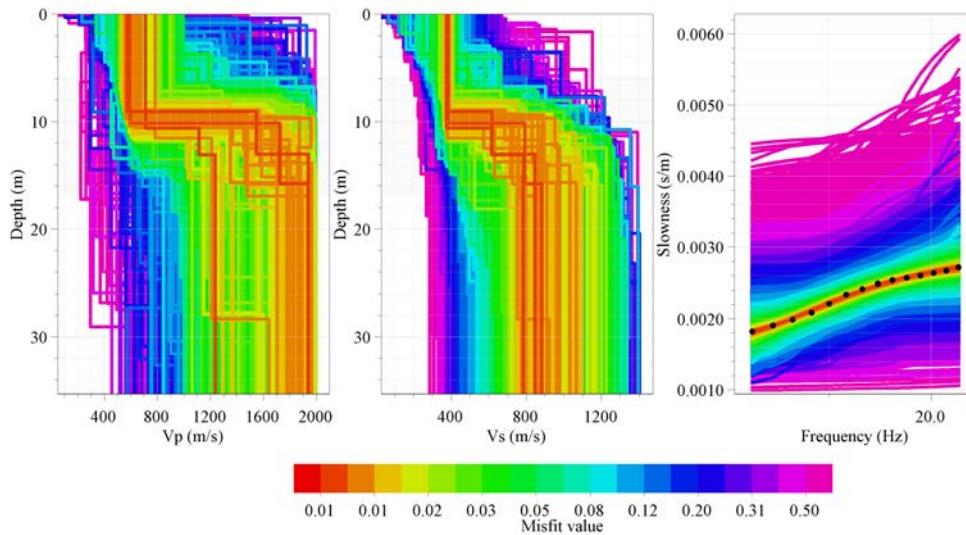
Log géologique

0 m	0.5 m	REMBLAI	QUATERNAIRE
0.5 m	7.8 m	ALLUVION LIMON; GRAVIER/SABLE	QUATERNAIRE
7.8 m	8.6 m	ALLUVION SABLE/GRAVIER, COMPACT	QUATERNAIRE
8.6 m	10 m	MARNE, SABLEUX	HELVETIEN

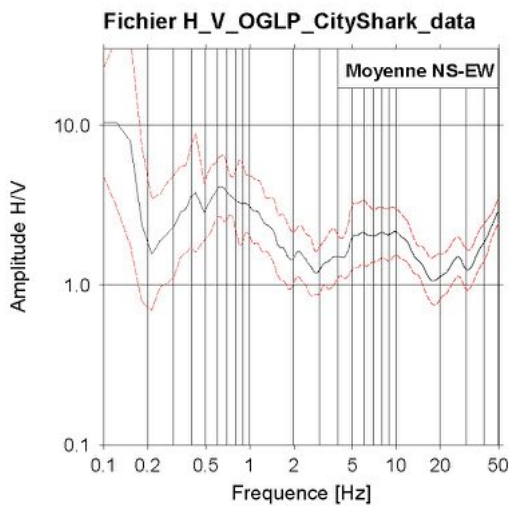
Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



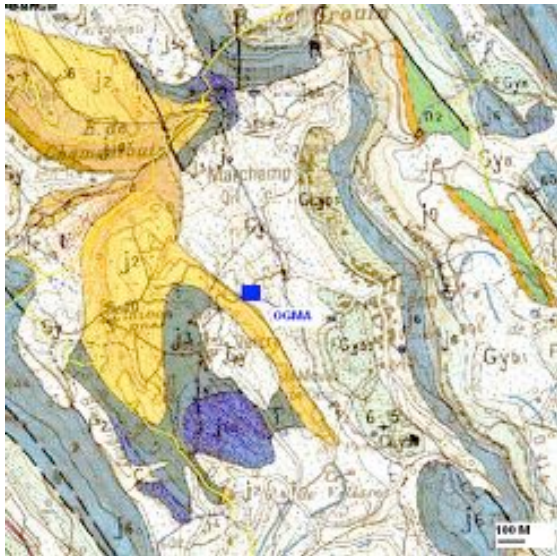
Essais Géotechniques/Géophysiques: SASW



HV bruit de fond



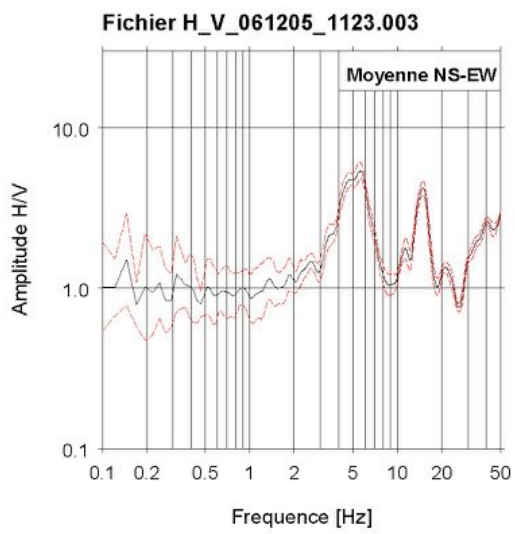
Carte géologique



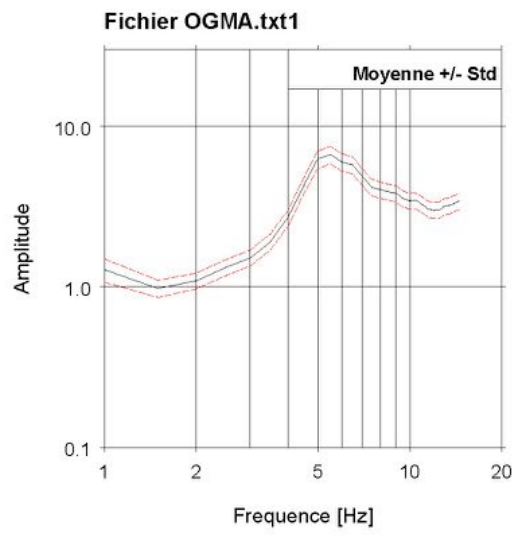
Sondage géologique

Aucun

HV bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : HAUTES-ALPES (05)
 Commune : MONETIER-LES-BAINS(LE) (079)
 Région naturelle : ALPES
 Adresse ou Lieu-dit : VILLE
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 929182.014 m
 Y = 2006051.685 m
 Altitude : 1483 m

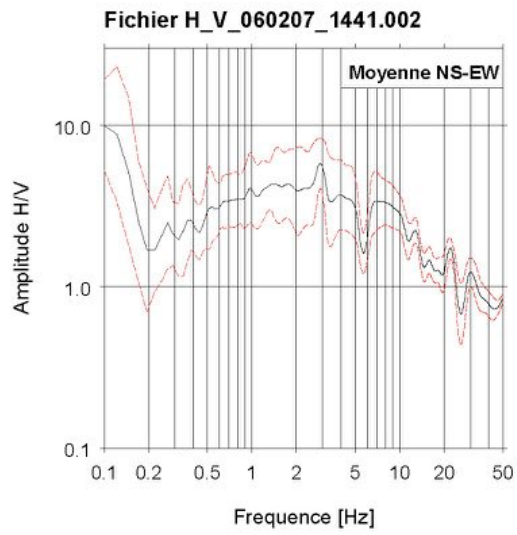
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 145

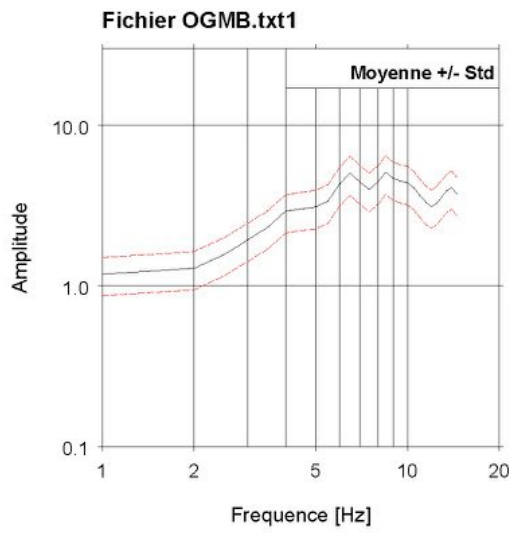
Log géologique

0 m	19 m	ALLUVIONS	QUATERNAIRE
19 m	33 m	ALLUVIONS FLUVIO-GLACIAIRE (GALETS - ARGILE)	QUATERNAIRE
33 m	60 m	MARNES INDUREES	JURASSIQUE
60 m	145 m	CALCAIRE	JURASSIQUE

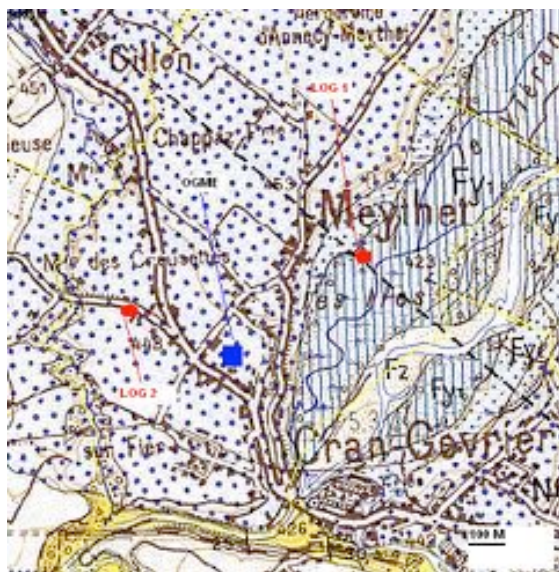
HV bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Log géologique 1

Département : HAUTE-SAVOIE (74)

Commune : MEYTHET (182)

Région naturelle : PAYS-DES-LACS

Adresse ou Lieu-dit :

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 892000 m

Y = 2109000 m

Altitude : 455 m

Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 41

0 m	3.8 m	GRAVIER ET BLOCS
3.8 m	29 m	SABLE GRAVIER ET GALETS
29 m	34 m	SABLE ARGILEUX
34 m	41 m	ARGILE

Log géologique 2

HAUTE-SAVOIE (74)

Commune : CRAN-GEVRIER (093)

Région naturelle : PAYS-DES-LACS

Adresse ou Lieu-dit : PONT DU FIER

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 890965 m

Y = 2108755 m

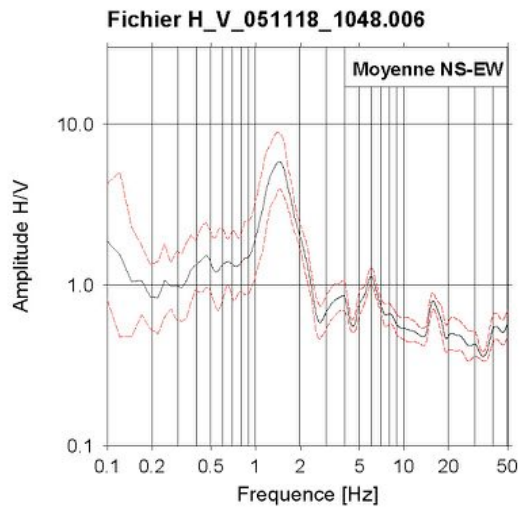
Altitude : 427 m

Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 15

0 m	1.1 m	TERRE VEGETALE.
1.1 m	6.8 m	SABLE, GRAVIERS ET GALETS.
6.8 m	10.7 m	MOLASSE GRESEUSE.

HV bruit de fond



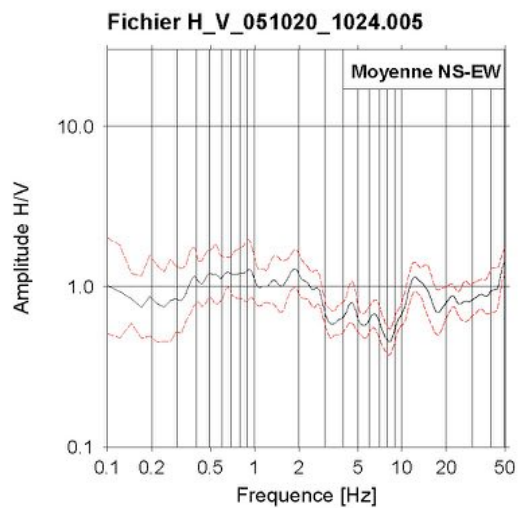
Carte géologique



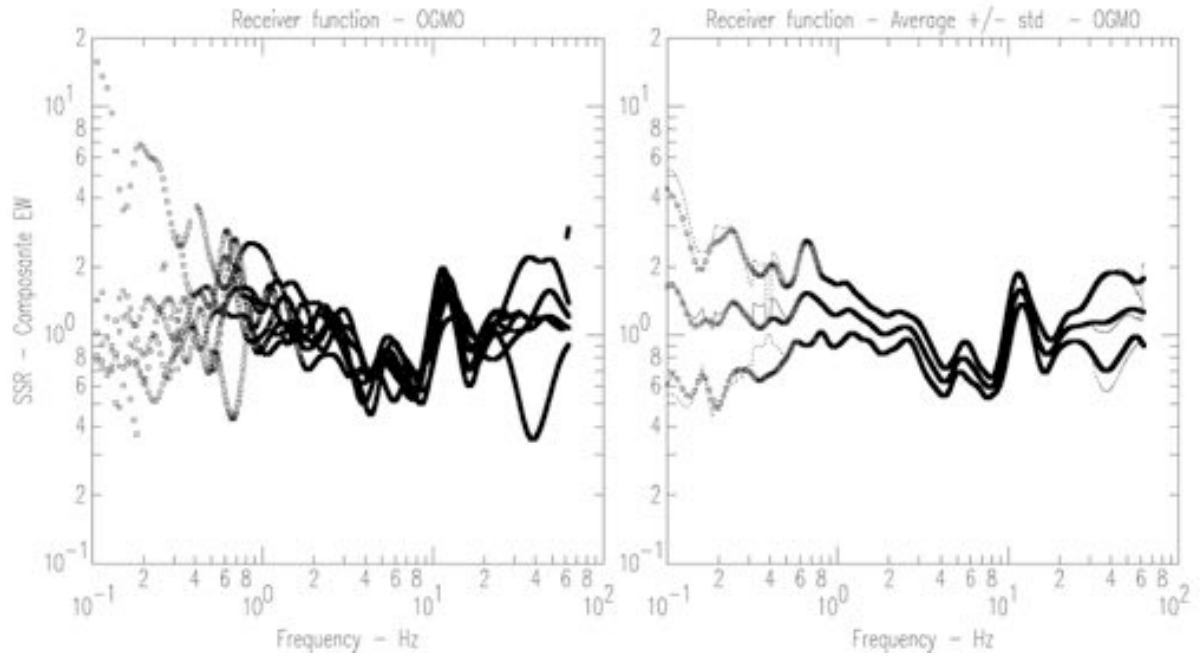
Sondage géologique

Aucun

HV bruit de fond

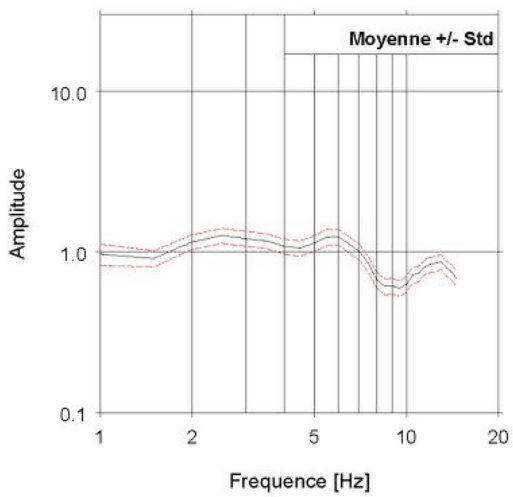


HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)

Fichier OGMO.txt1



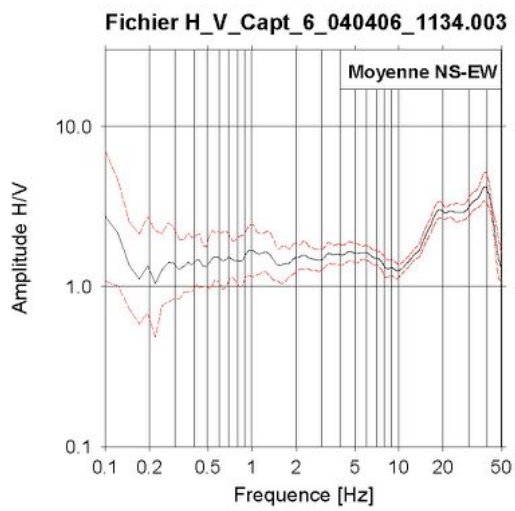
Carte géologique



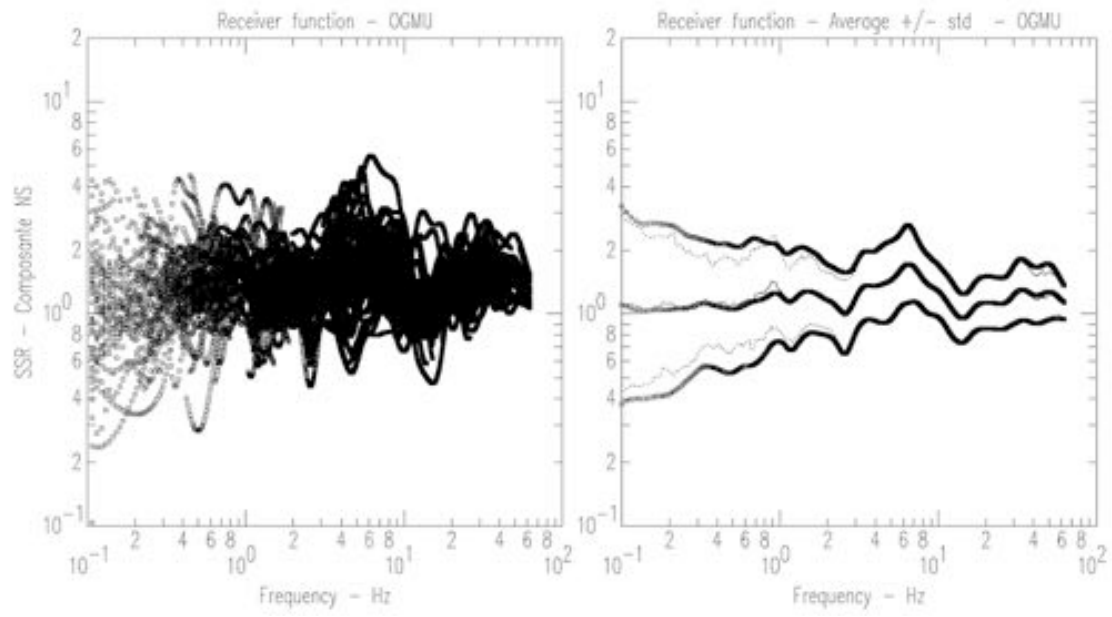
Sondage géologique

Aucun

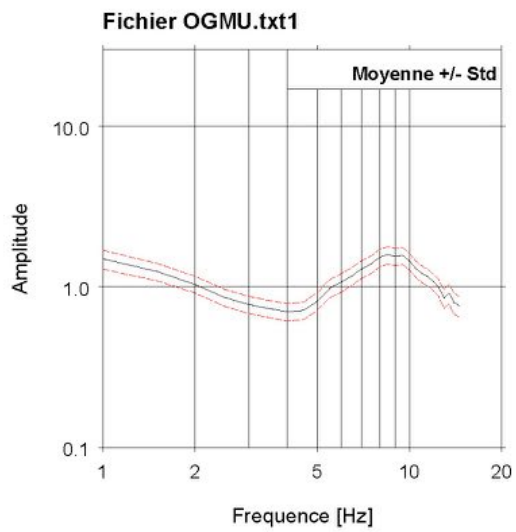
HV bruit de fond



HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ISERE (38)
 Commune : PONT-DE-CLAIX(LE) (317)
 Région naturelle : PREALPES
 Adresse ou Lieu-dit :
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 864861 m
 Y = 2020066 m
 Altitude : 240 m

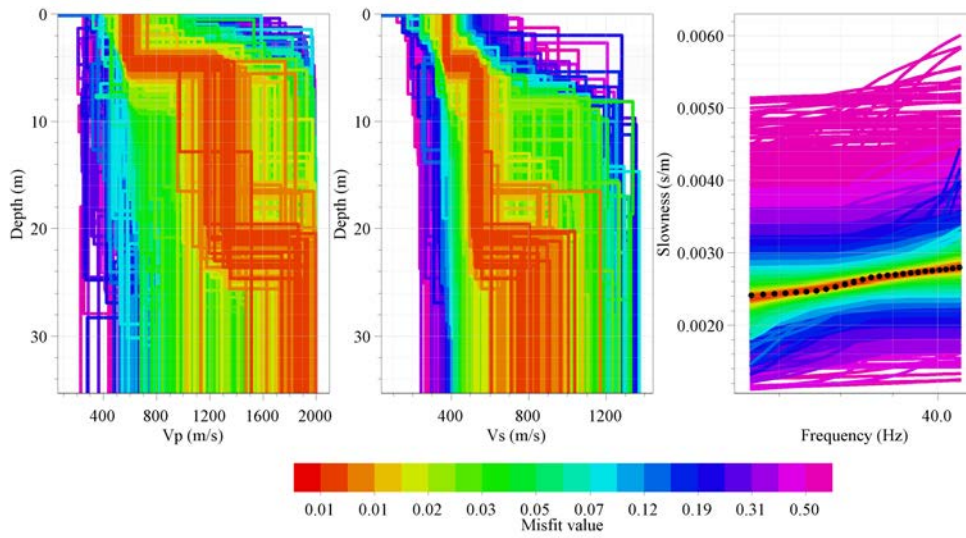
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 20

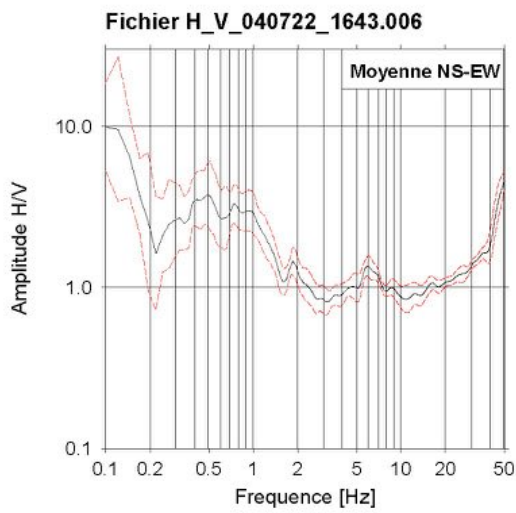
Log géologique

0 m	0.9 m	TERRE VEGETALE
0.9 m	14.2 m	GRAVIERS ET GALETS
14.2 m	16 m	GRAVIERS ET SABLES
16 m	20 m	GRAVIERS

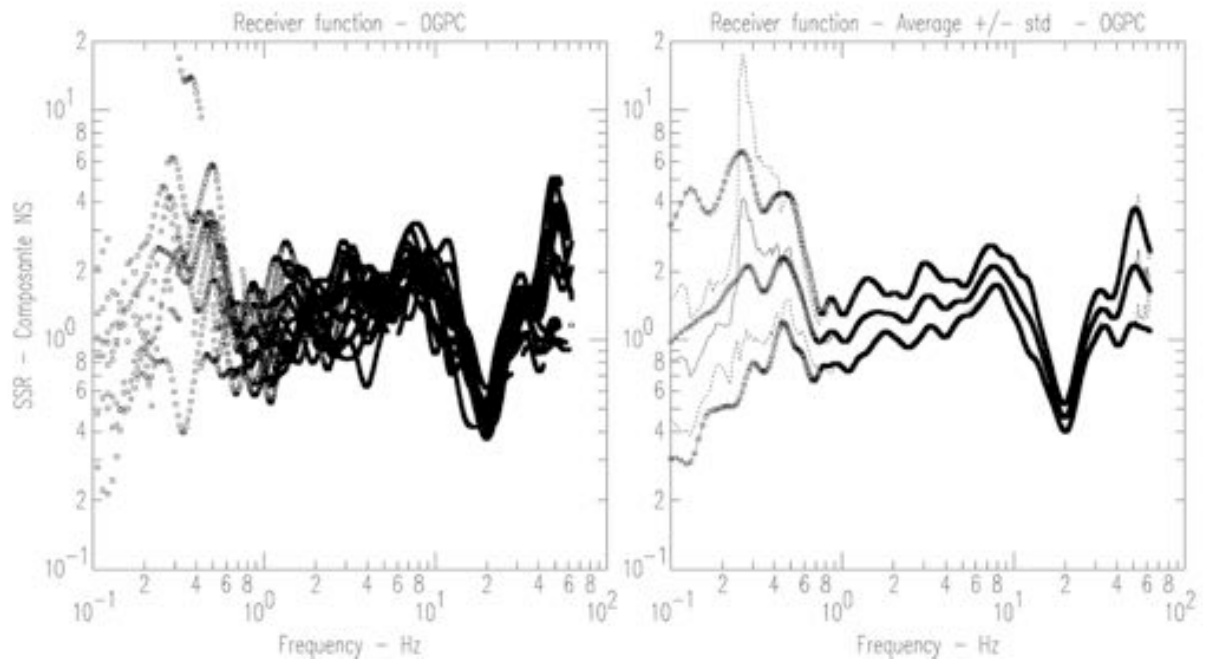
Essais Géotechniques/Géophysiques: SASW



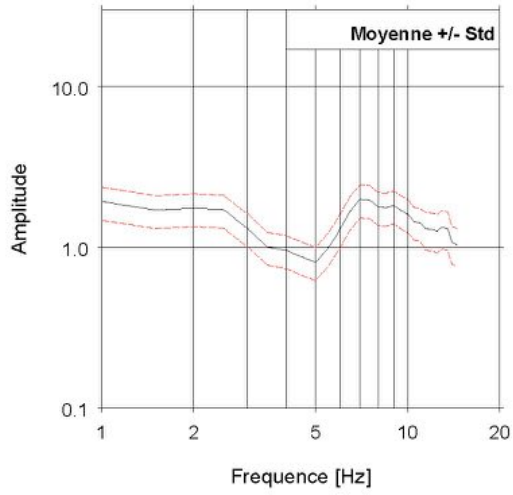
HV bruit de fond



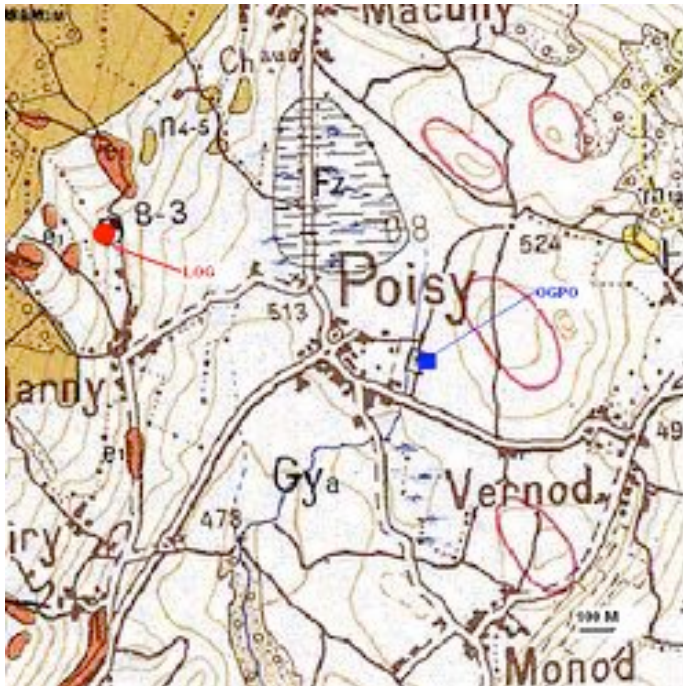
HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)
Fichier OGPC.txt1



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : HAUTE-SAVOIE (74)

Commune : POISY (213)

Région naturelle :

Adresse ou Lieu-dit : SAVOIE-SV108

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 888200 m

Y = 2109640 m

Altitude : 567 m

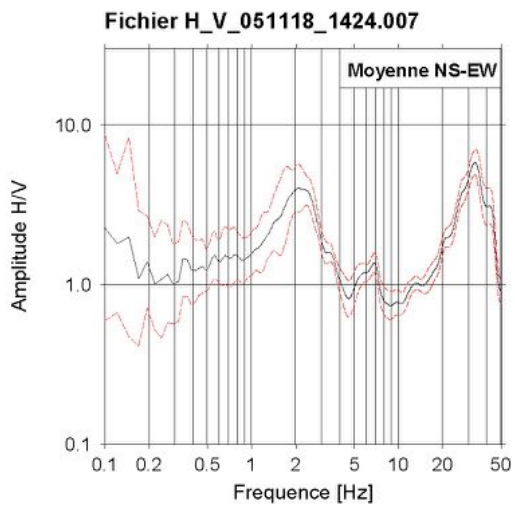
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 1260

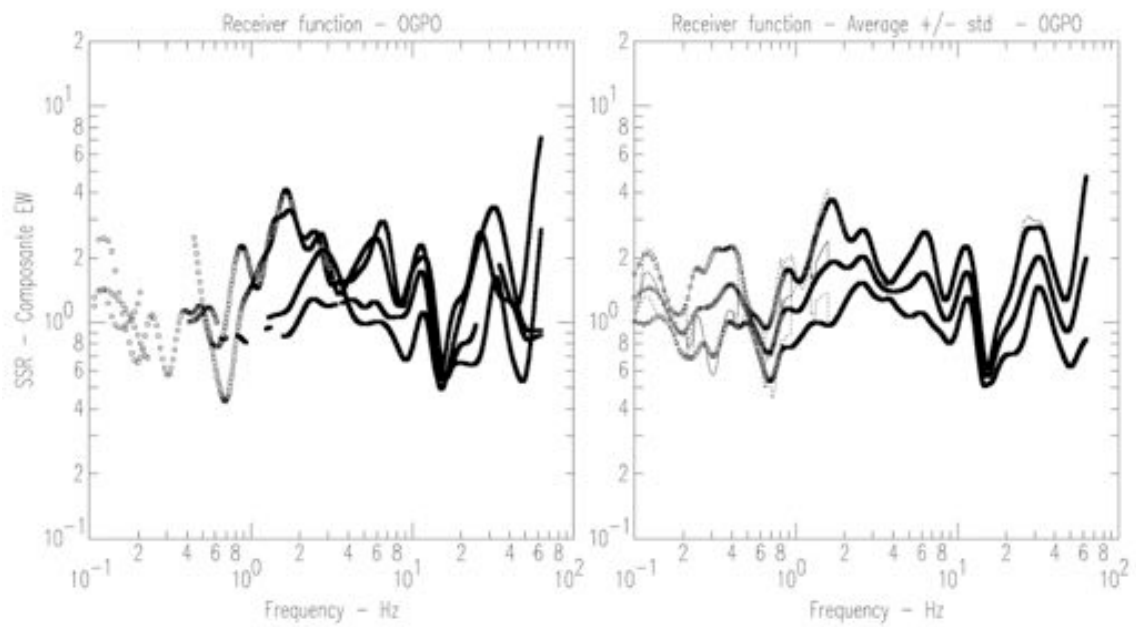
Log géologique

0 m 1260 m OLIGOCENE

HV bruit de fond



HV Séismes



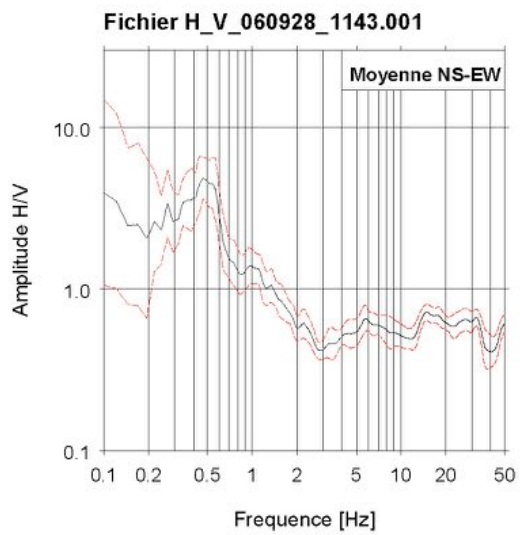
Carte géologique



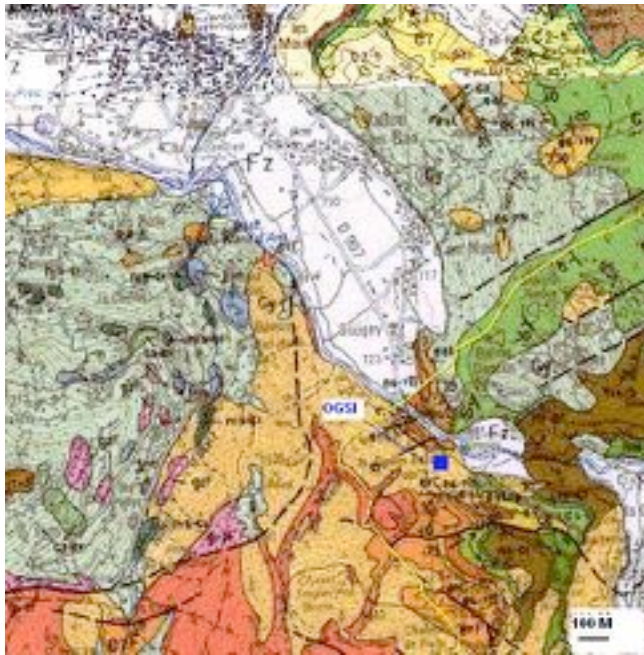
Sondage géologique

Aucun

HV bruit de fond



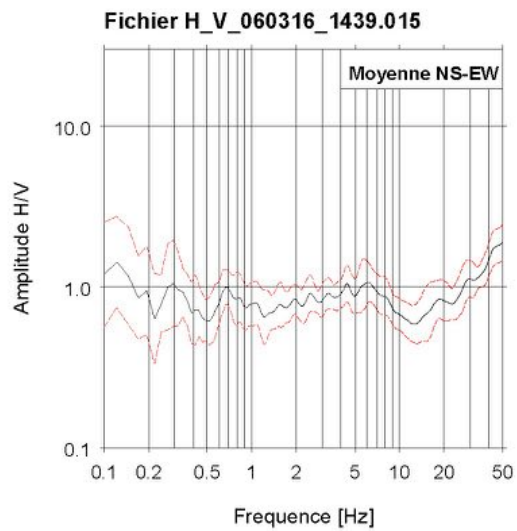
Carte géologique



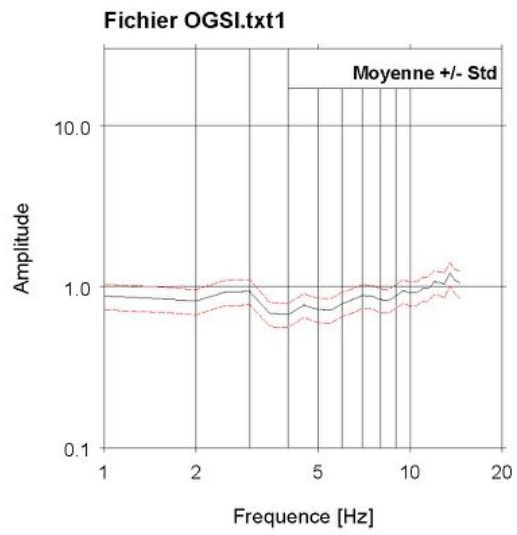
Sondage géologique

Aucun

HV bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ISERE (38)
 Commune : GRENOBLE (185)
 Région naturelle : PREALPES
 Adresse ou Lieu-dit : ILE VERTE, TOUR VERCORS
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 867137.283 m
 Y = 2027297.443 m
 Altitude : 212.1 m

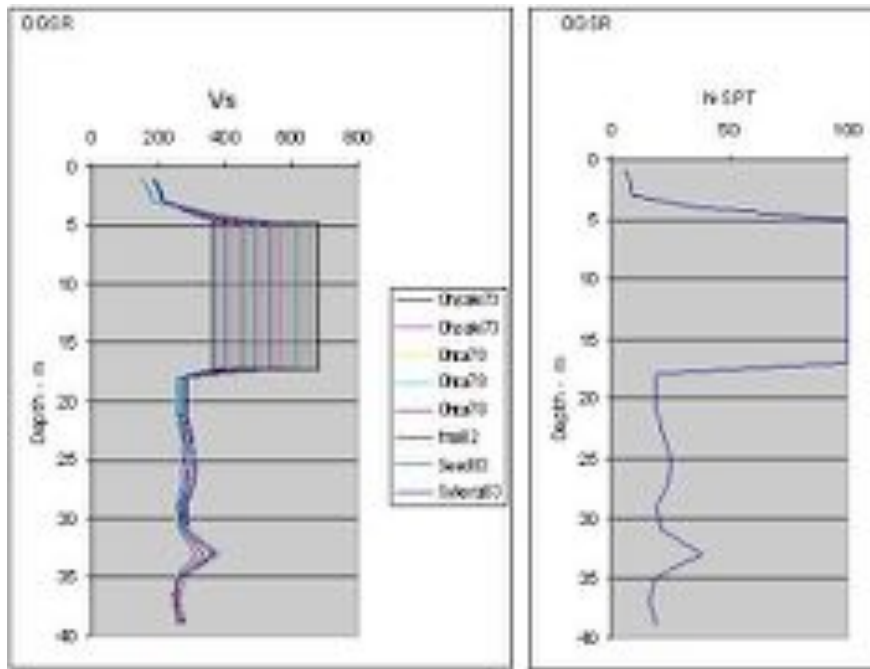
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 50

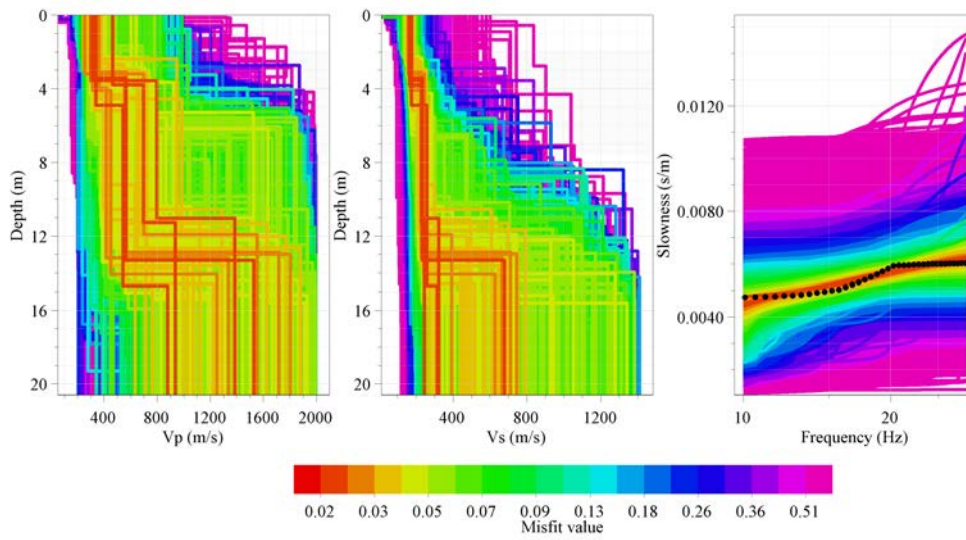
Log géologique

0 m	5m	REMBLAI	QUATERNAIRE
5 m	7.6 m	SABLE GRAVIERS + GALETS	QUATERNAIRE
7.6 m	8.3 m	GRAVIERS + GALETS	QUATERNAIRE
8.3 m	17.3 m	SABLE, GRAVIERS + GALETS	QUATERNAIRE
17.3 m	26.6 m	SABLE GROSSIER	QUATERNAIRE
26.6 m	40 m	SABLE FIN GRISATRE	QUATERNAIRE
40 m	50 m	SABLE FIN NOIRATRE	QUATERNAIRE

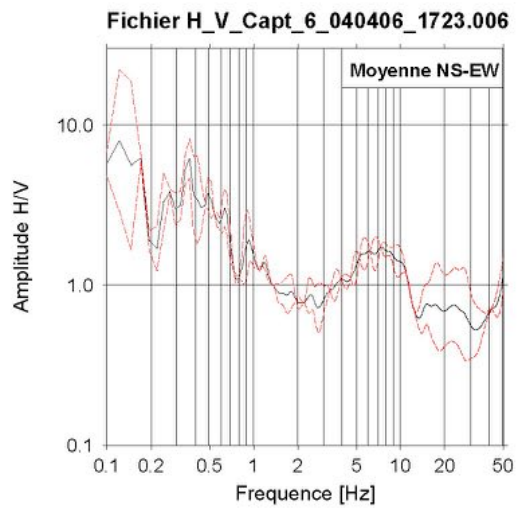
Essais Géotechniques/Géophysiques: SPT



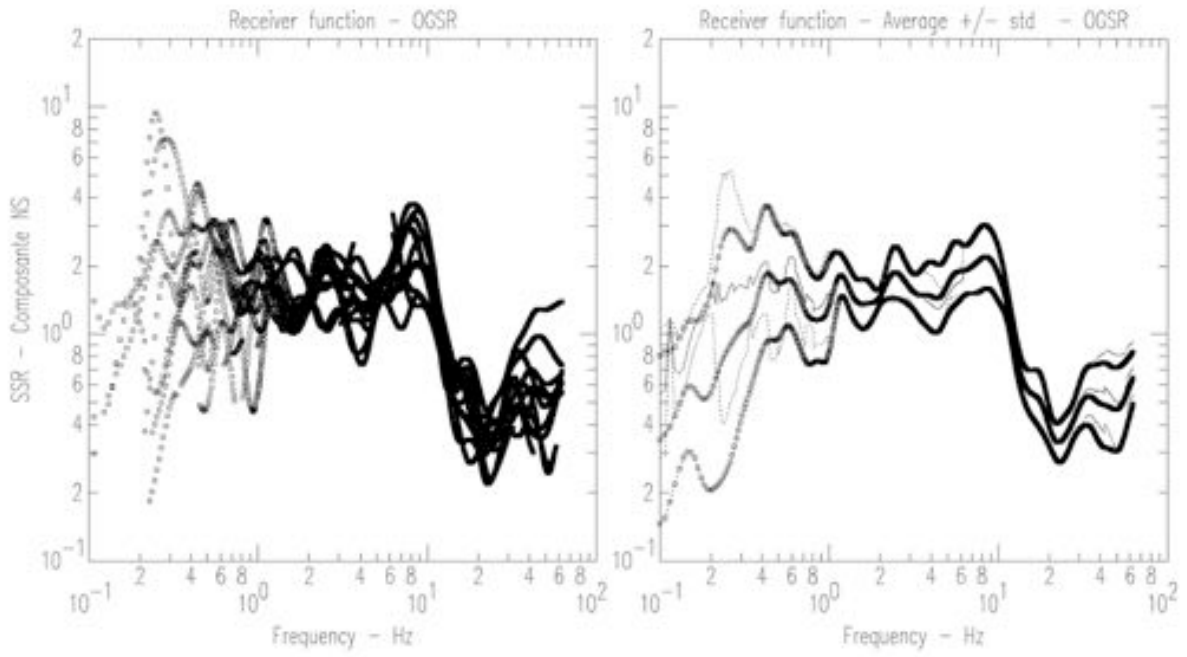
Essais Géotechniques/Géophysiques: SASW



HV bruit de fond

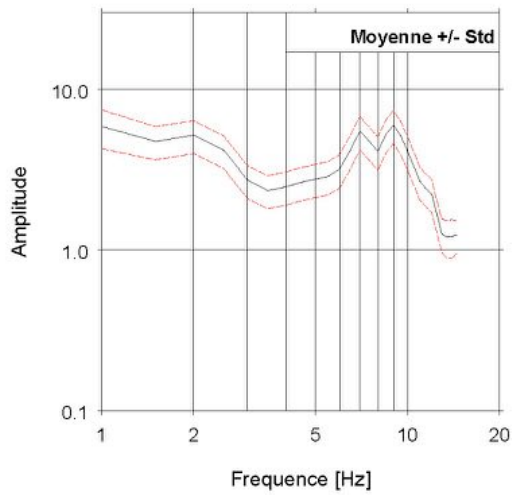


HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)

Fichier OGSR.txt1



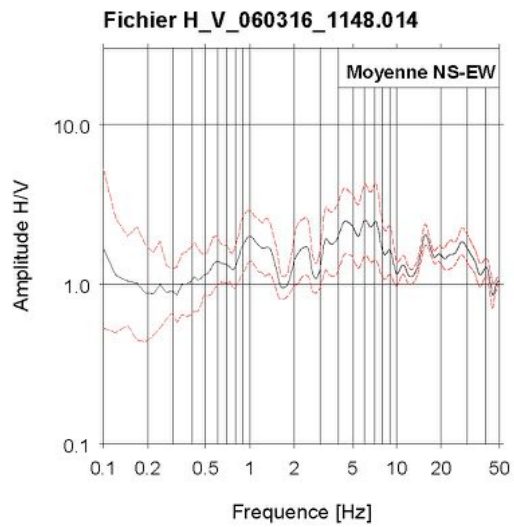
Carte géologique



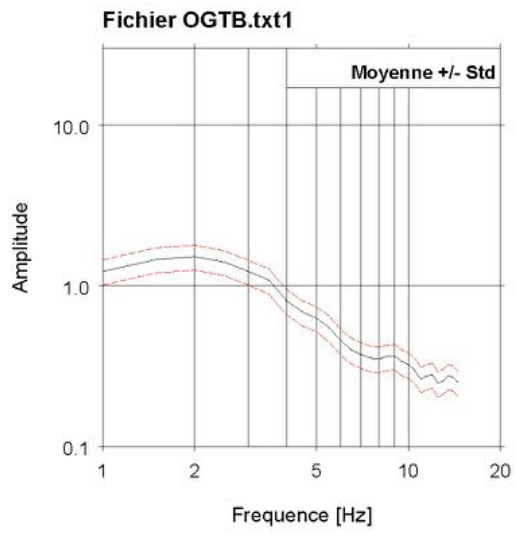
Sondage géologique

Aucun

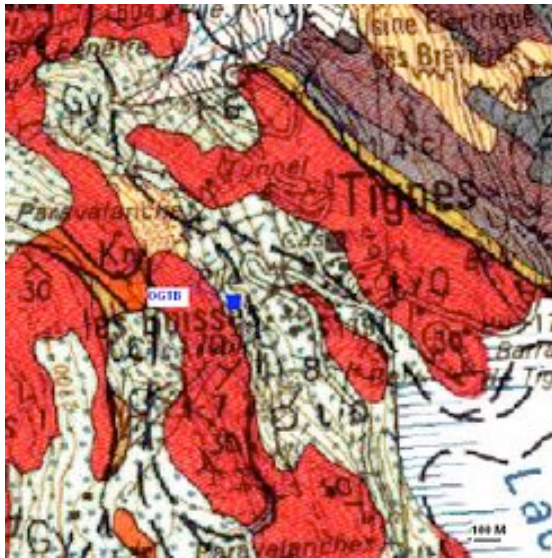
HV bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



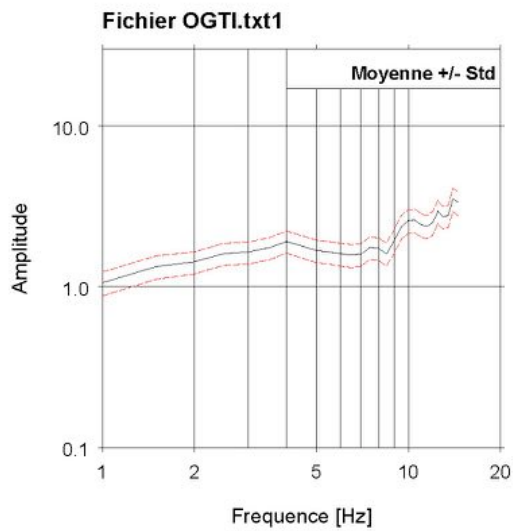
Carte géologique



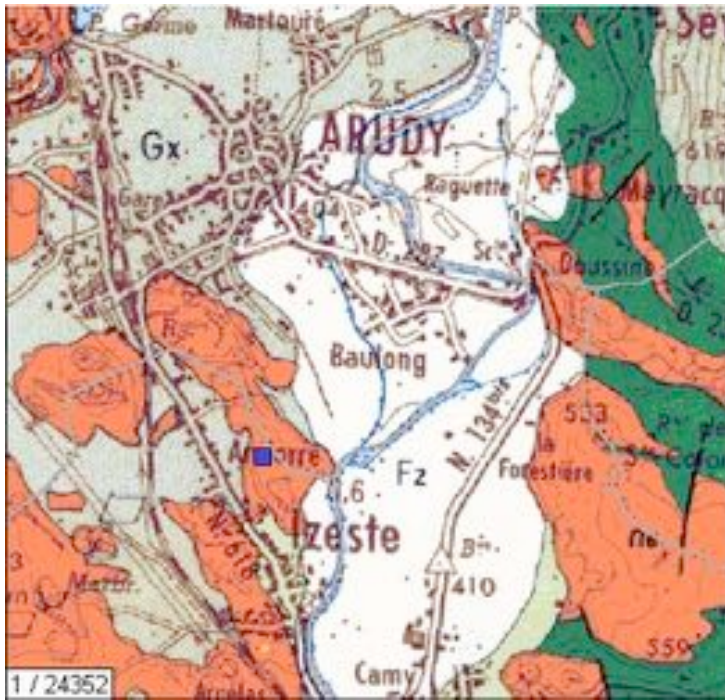
Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



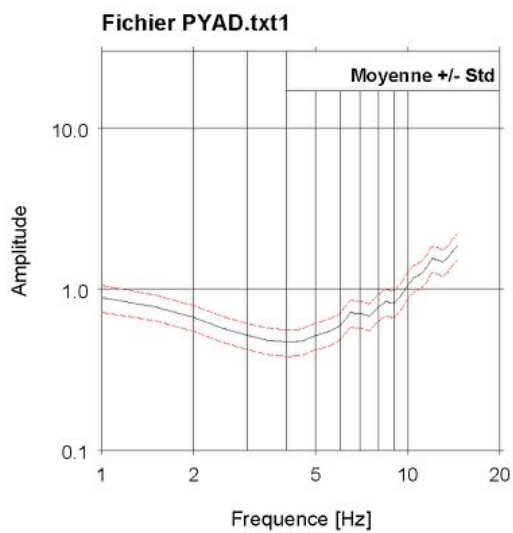
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



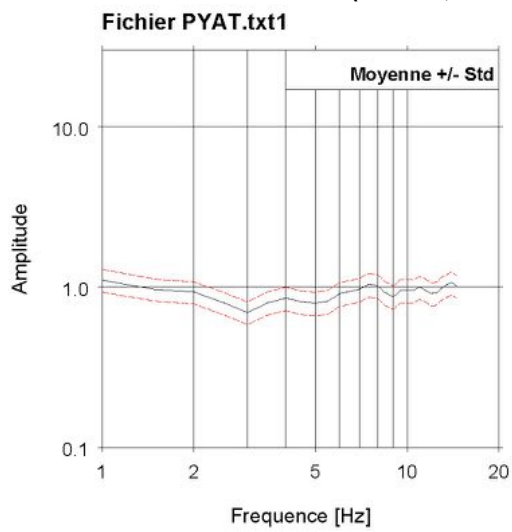
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : PYRENEES-ORIENTALES (66)

Commune : BANYULS-SUR-MER (016)

Région naturelle :

Adresse ou Lieu-dit : CAMP RAFALET

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 663200,111 m

Y = 1718309,575 m

Altitude : 30 m

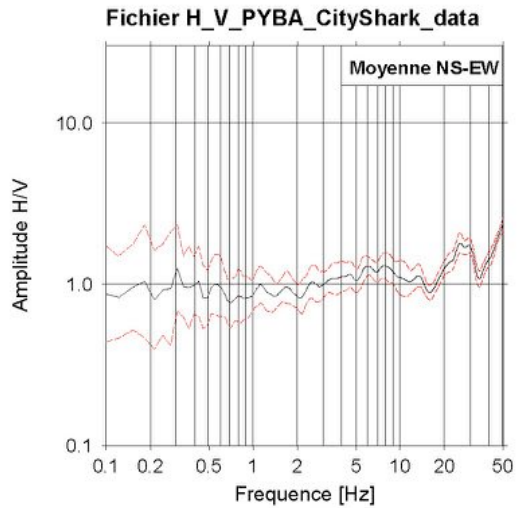
Nature : PUIITS

Profondeur atteinte (m) : 5,2

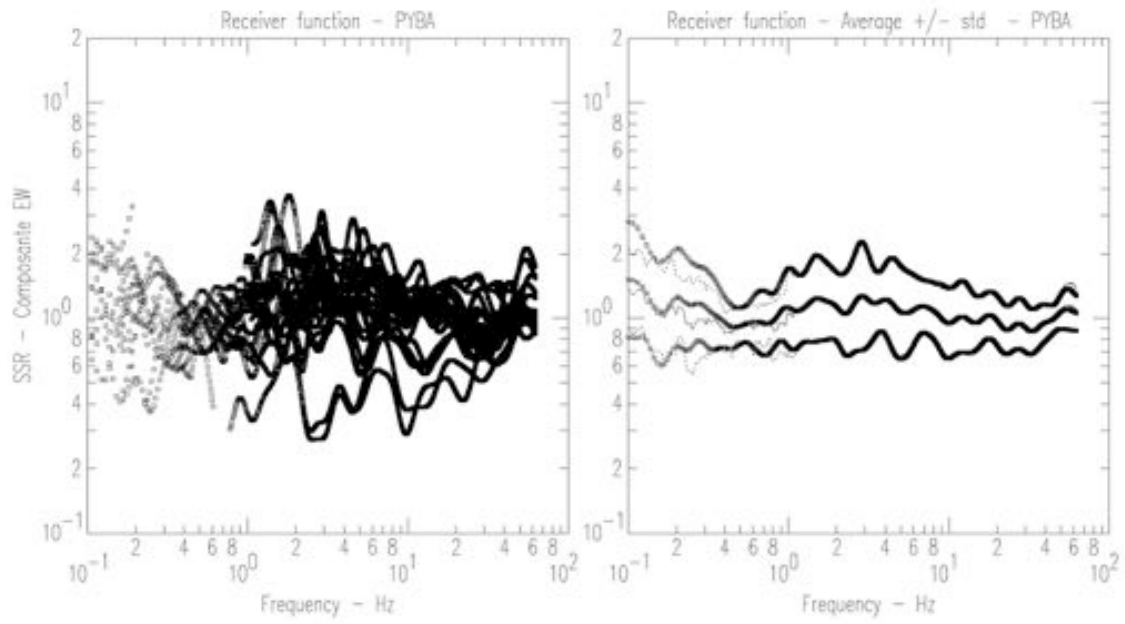
Log géologique

0 m	3 m	TERRE VEGETALE
3 m	5,2 m	QUARTZITE + SCHISTES

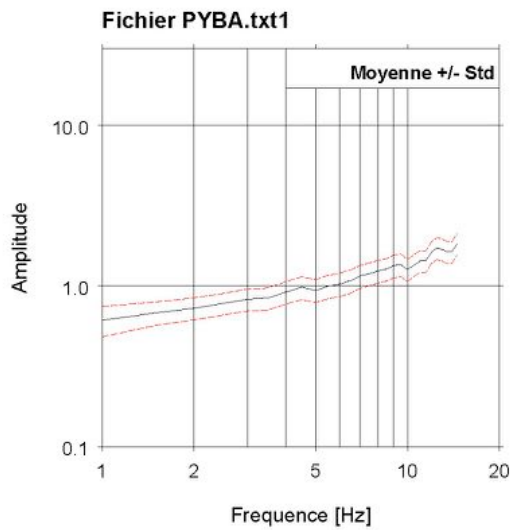
HV bruit de fond



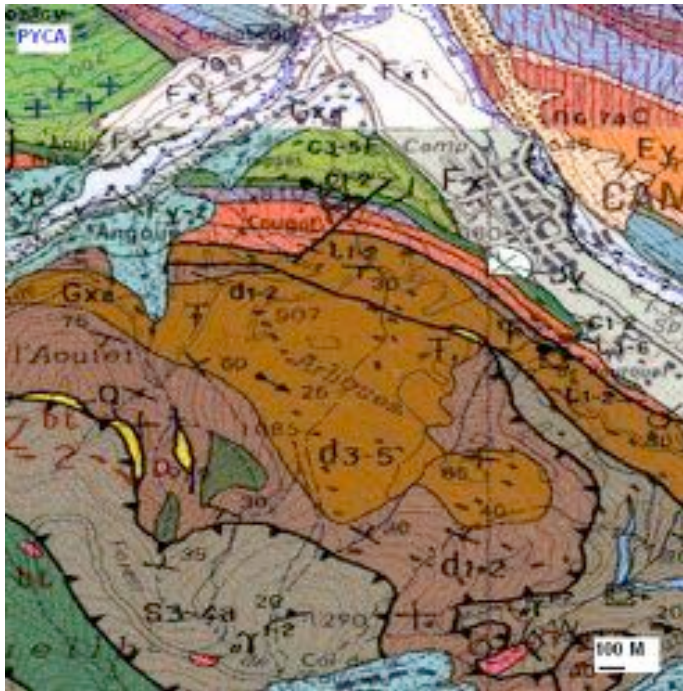
HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



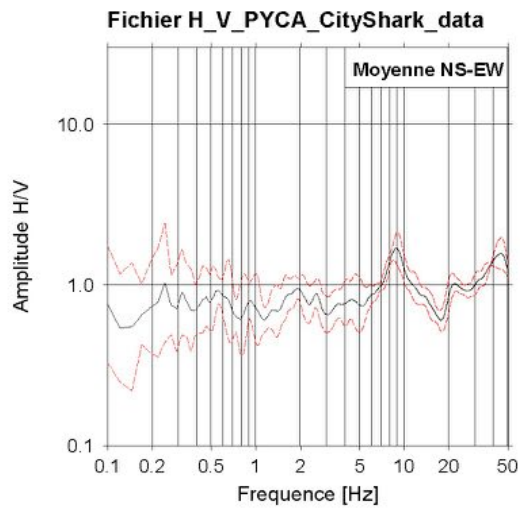
Carte géologique



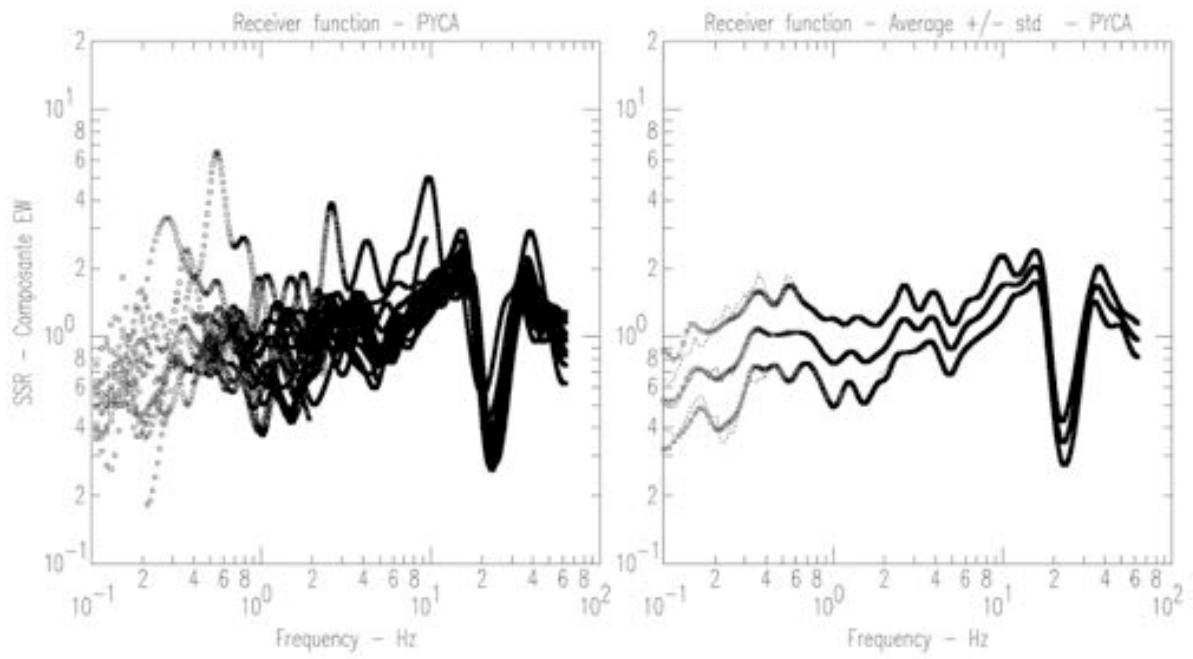
Sondage géologique

Aucun

HV bruit de fond

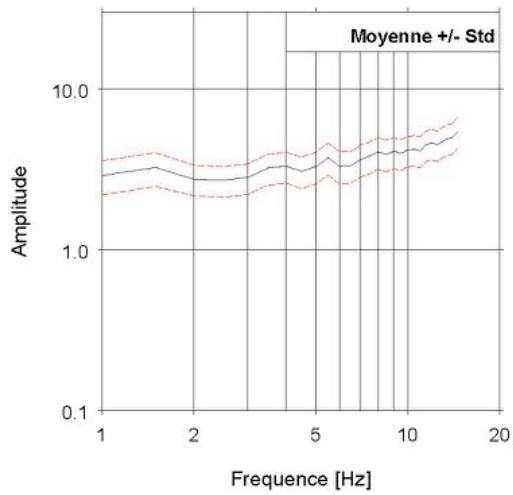


HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)

Fichier PYCA.txt1



Carte géologique

Aucune

Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : PYRENEES-ORIENTALES (66)

Commune : SAINT-PAUL-DE-FENOUILLET (187)

Région naturelle :

Adresse ou Lieu-dit : ANCIEN CHAPITRE DE FENOUILLET

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 613498,445 m

Y = 1756471,796 m

Altitude : 243 m

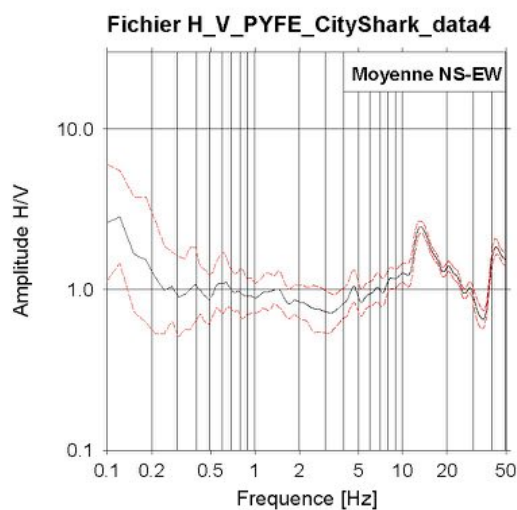
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 11

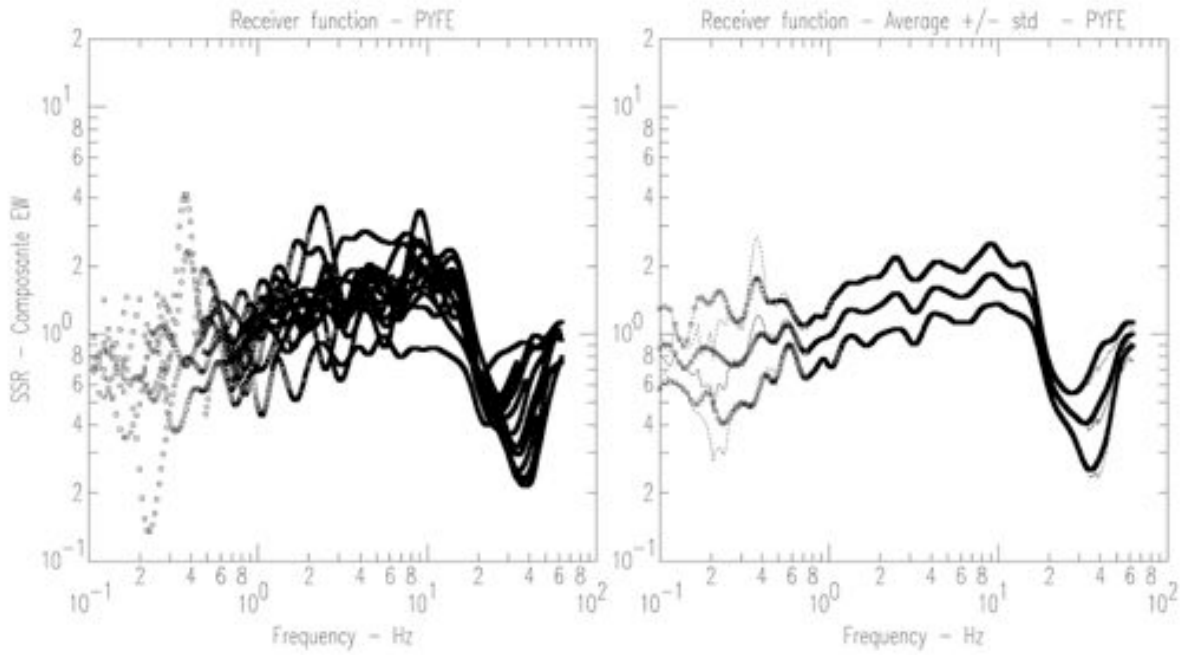
Log géologique

0 m	0,9 m	REMBLAI/SABLE
0,9 m	2,8 m	SABLE/LIMON
2,8 m	6,5 m	SABLE FIN ARGILEUX
6,5 m	8,5 m	ARGILE + SABLE
8,5 m	11 m	ARGILE SABLEUSE

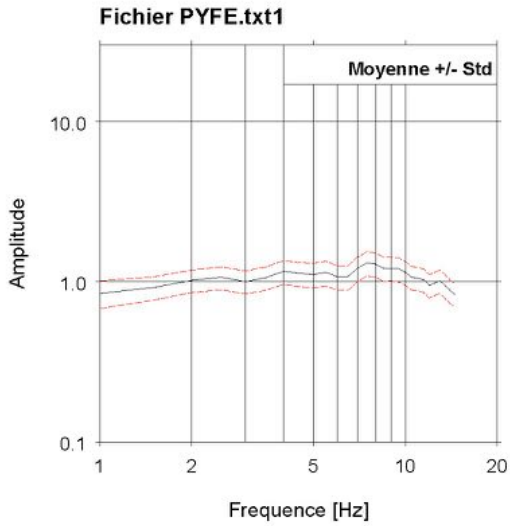
HV bruit de fond



HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



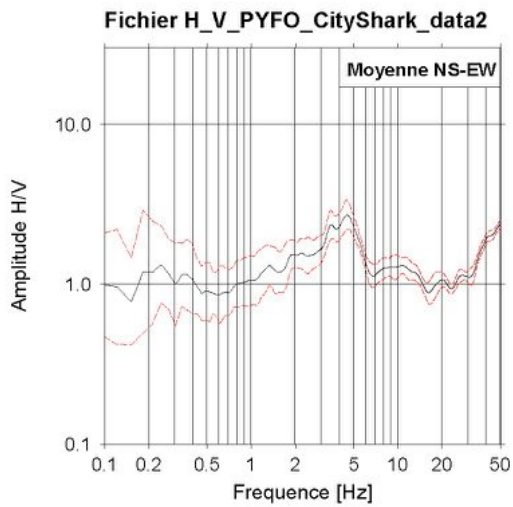
Carte géologique



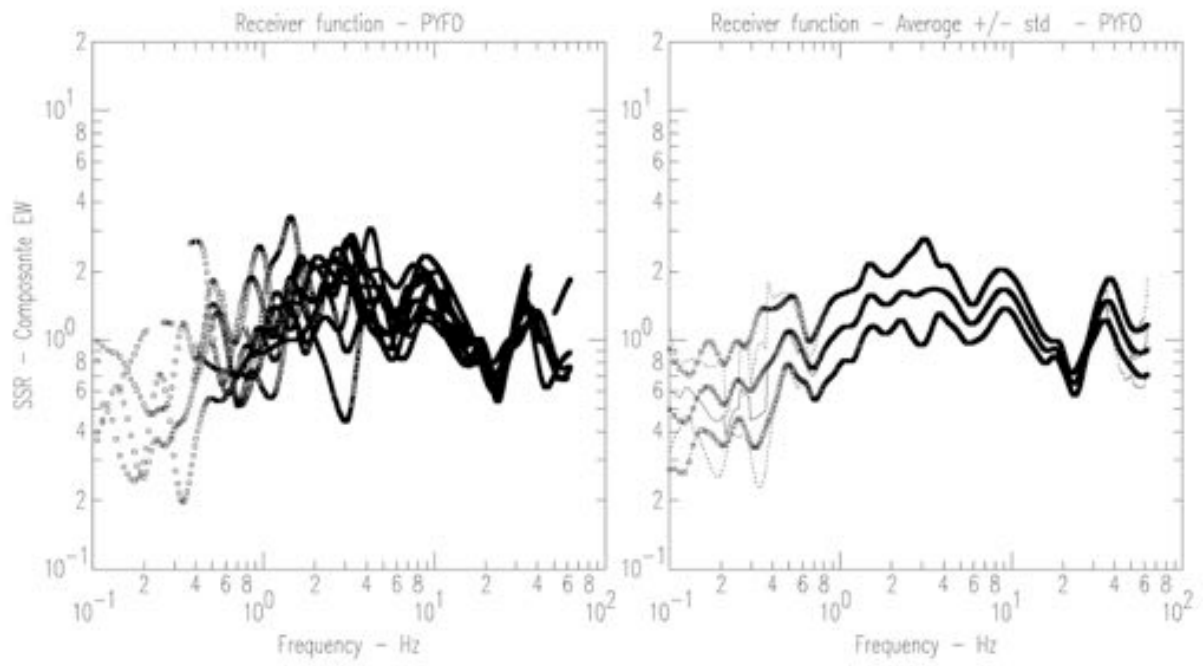
Sondage géologique

Aucun

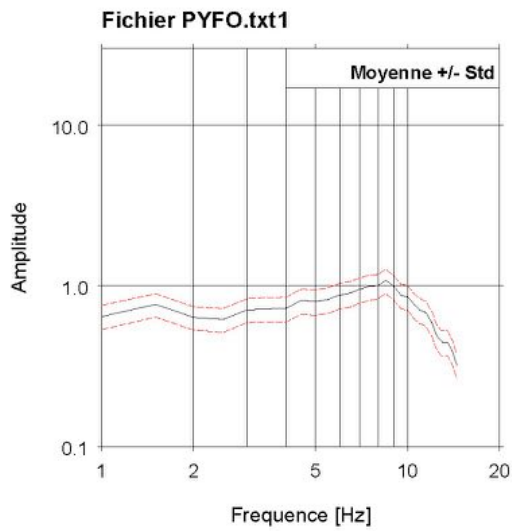
HV bruit de fond



HV séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ARIEGE (09)
 Commune : SAINT-LIZIER (268)
 Région naturelle : NORD-PYRENEES
 Adresse ou Lieu-dit : RD 117
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 501782.918 m
 Y = 1778274.423 m
 Altitude : 385 m

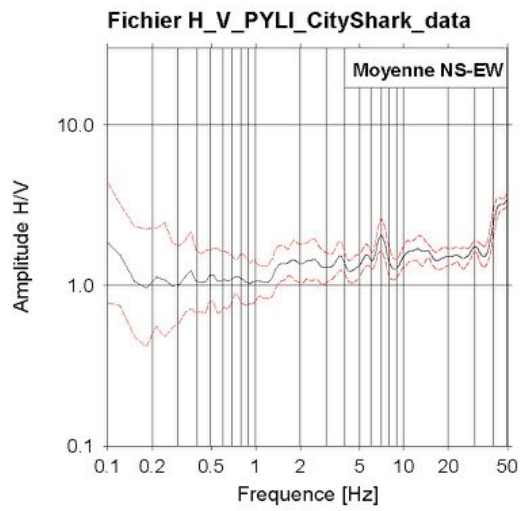
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 7

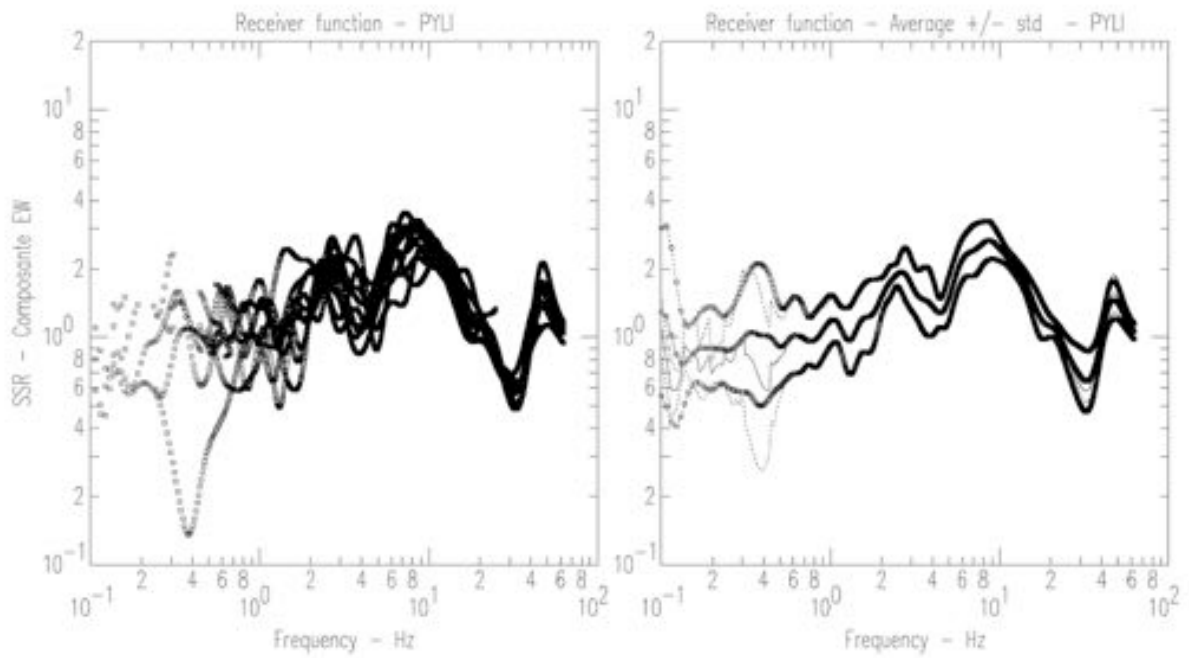
Log géologique

0 m	0.5 m	REMBLAI ROUTIER
0.5 m	3 m	ARGILE LIMONEUSE + BLOCS
3 m	4.6 m	ARGILE LIMONEUSE
4.6 m	5.3 m	ARGILE AVEC BLOCS
5.3 m	5.7 m	BLOCS
5.7 m	7 m	ROCHER

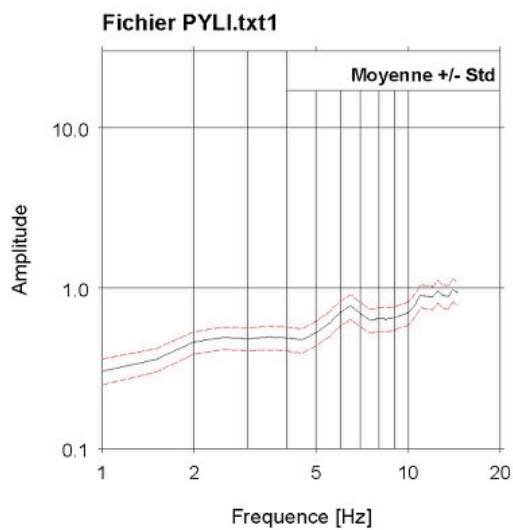
HV bruit de fond



HV séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique

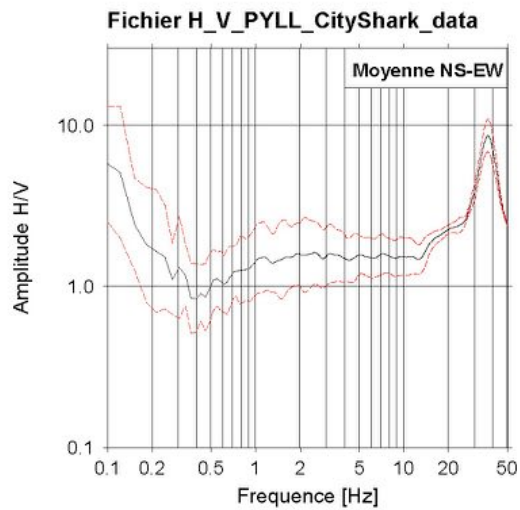


Sondage géologique

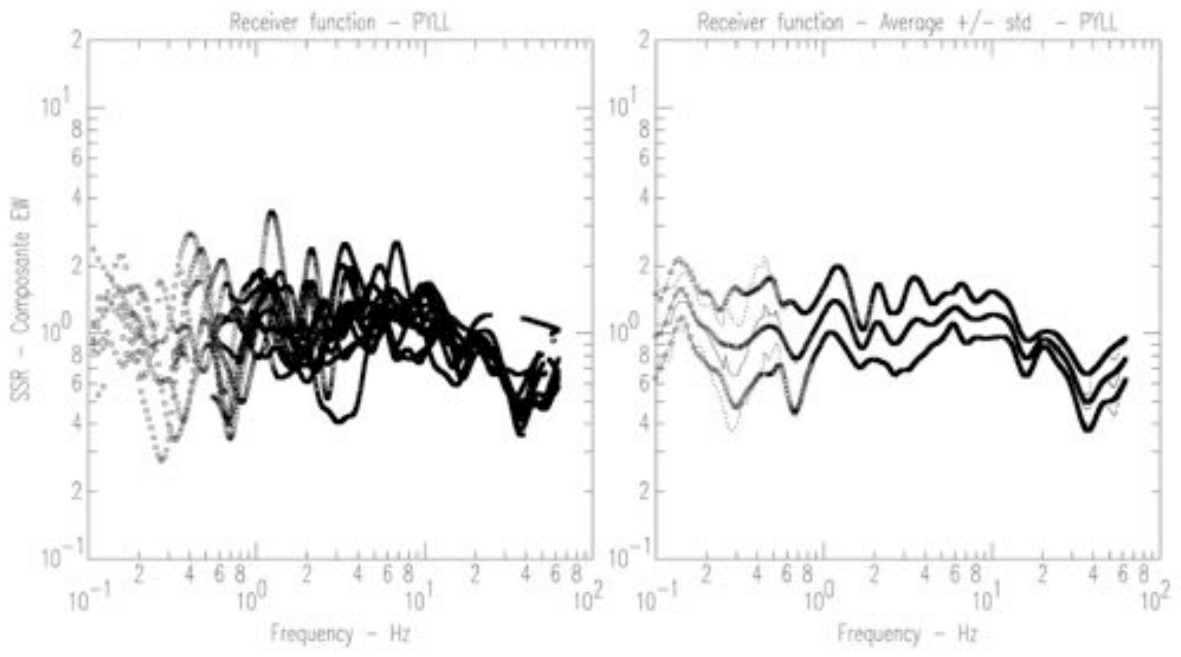
Aucun

Essais Géotechniques/Géophysiques: Sismique réfraction
 $V_p > 3000 \text{ m/s}$ (Source BRGM)

HV bruit de fond



HV Séismes



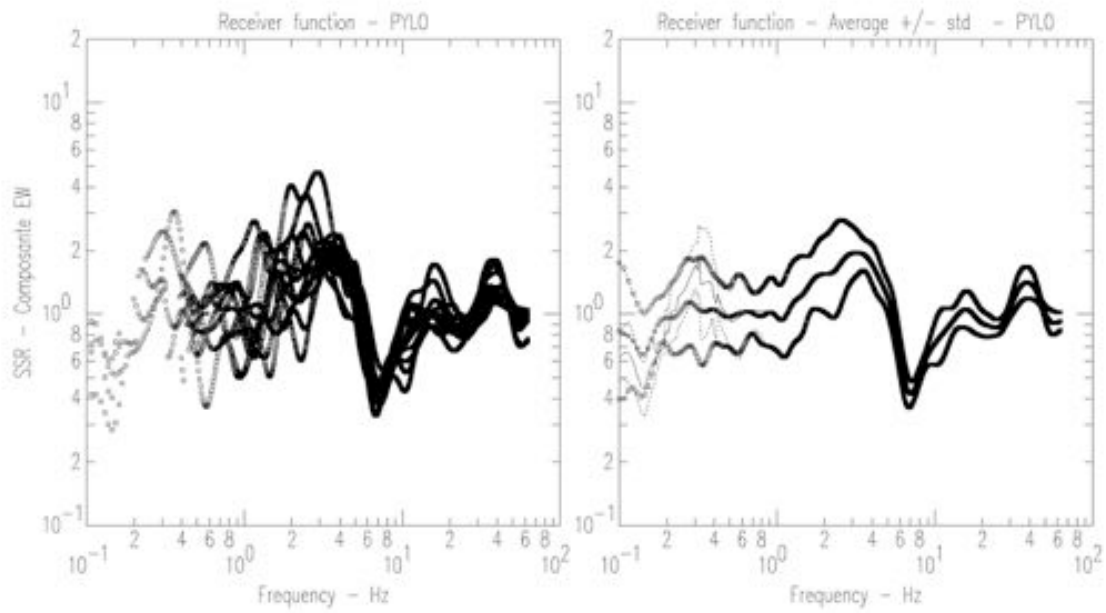
Carte géologique



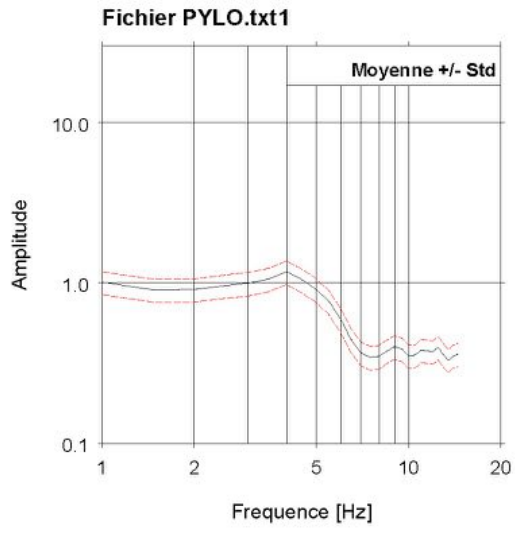
Sondage géologique

Aucun

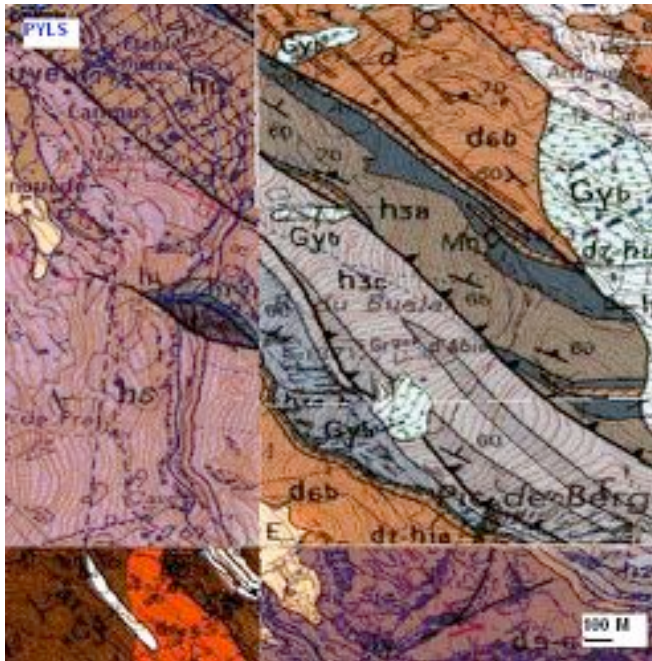
HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



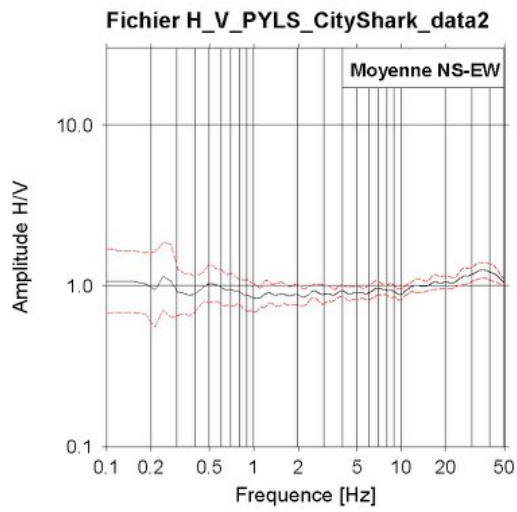
Carte géologique



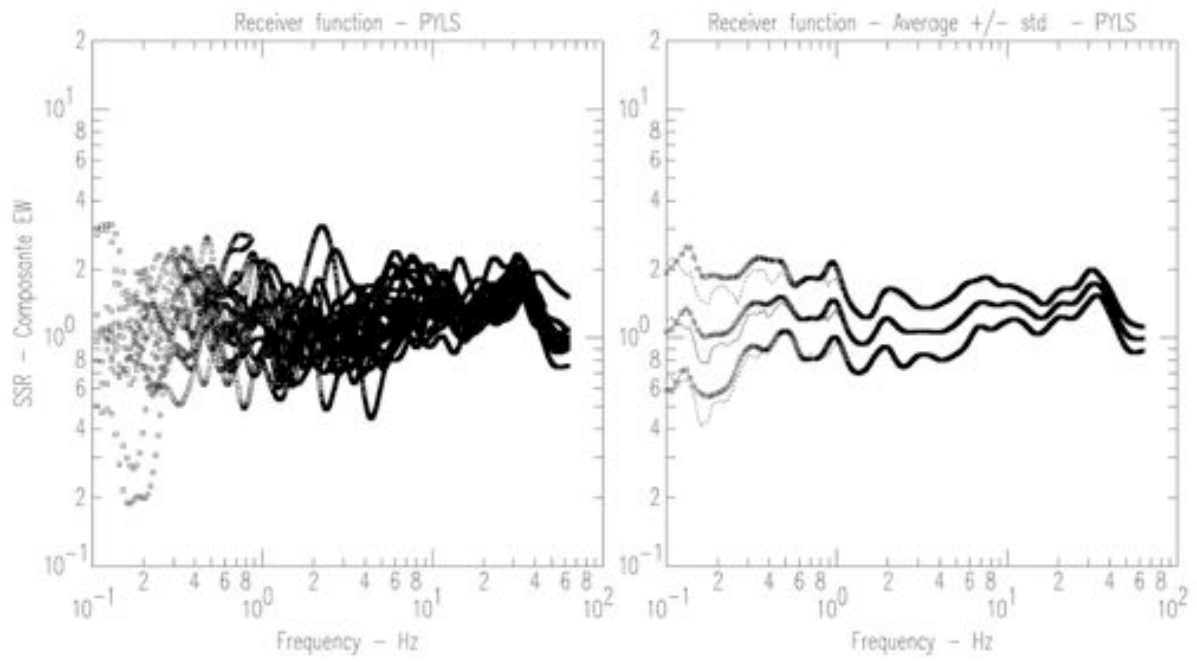
Sondage géologique

Aucun

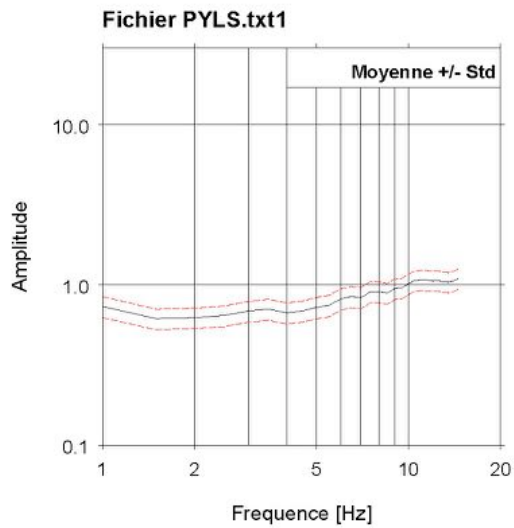
HV bruit de fond



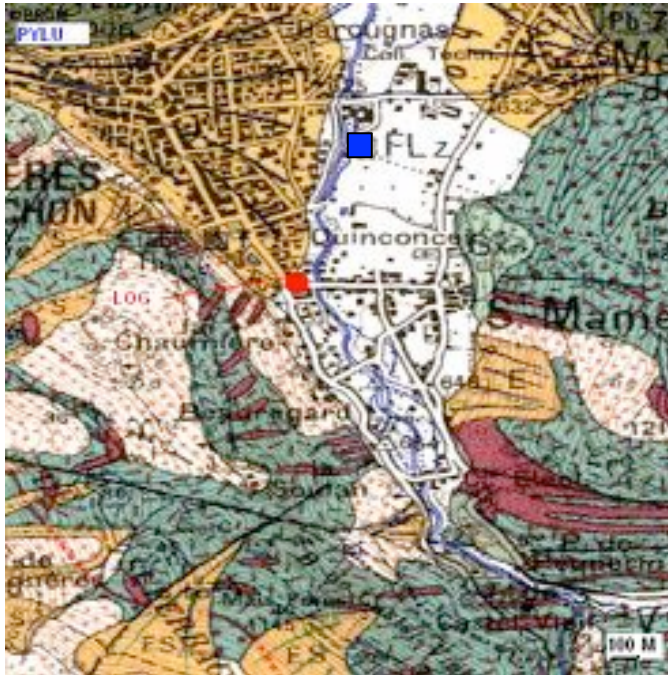
HV Séismes



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : HAUTE-GARONNE (31)
 Commune : BAGNERES-DE-LUCHON (042)
 Région naturelle : PYRENEES-AXIALES
 Adresse ou Lieu-dit : PARC DES THERMES - FORAGE F7

Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 457397 m
 Y = 1754839 m
 Altitude : 150,8 m

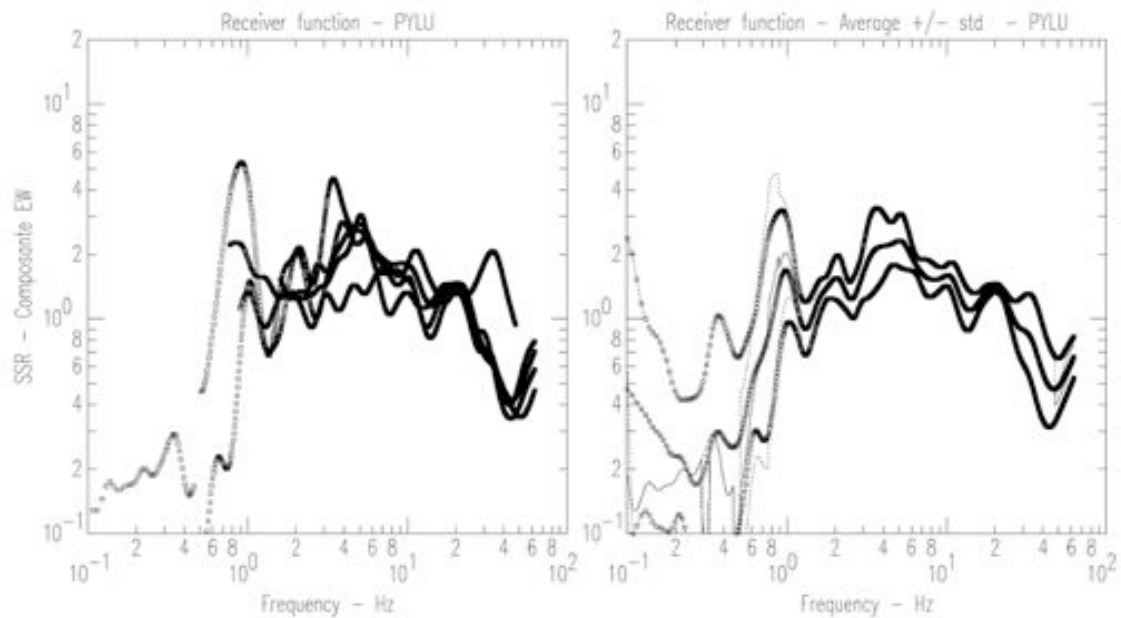
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 157

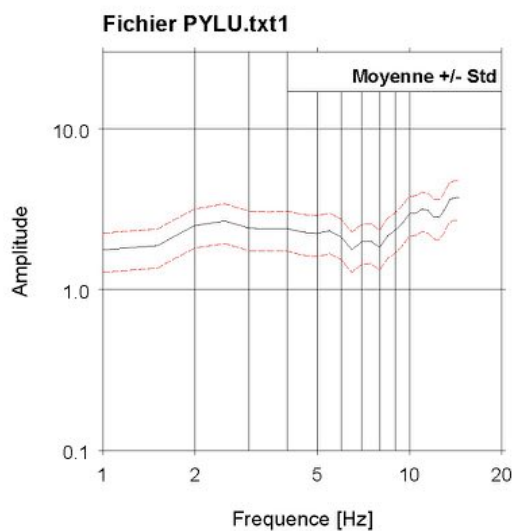
Log géologique

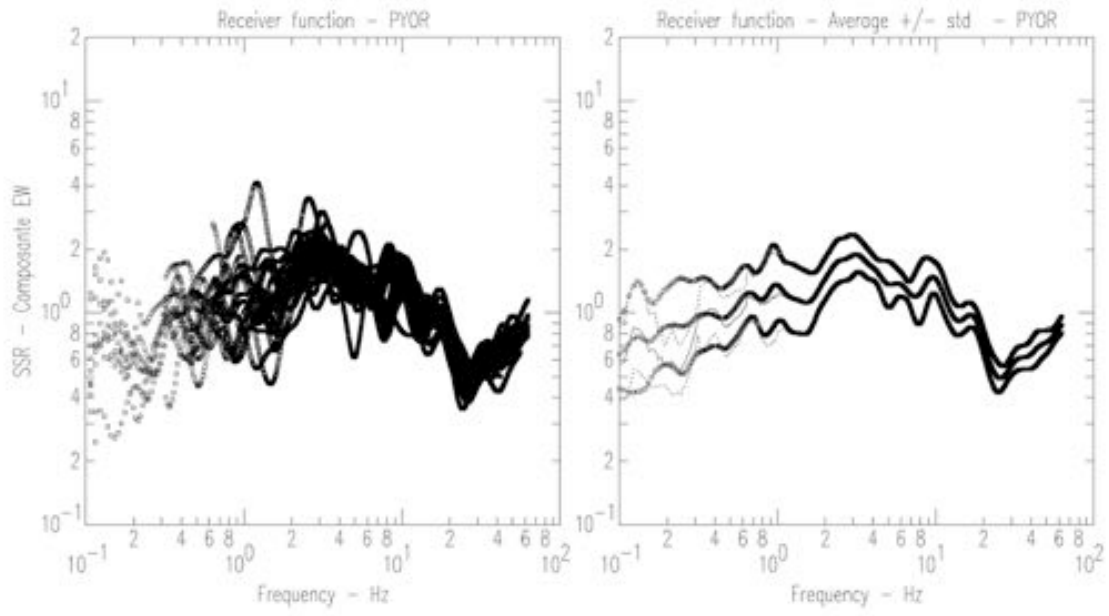
0 m	13 m	EBOULIS,SCHISTES,ARGILE	QUATERNAIRE
13 m	157 m	SCHISTES	ORDOVICIEN

HV Séismes

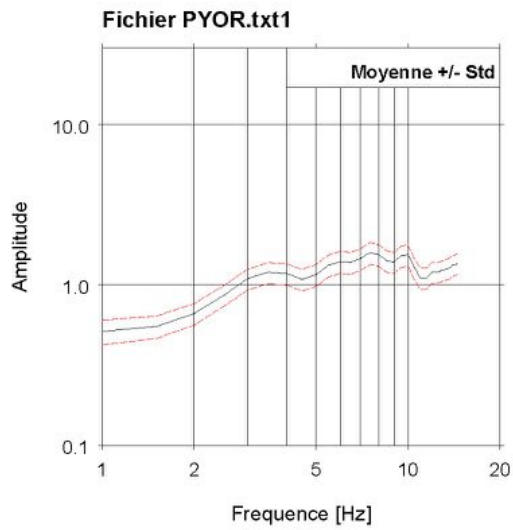


Inversion des données RAP (Drouet, 2006)





Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : PYRENEES-ORIENTALES (66)

Commune : SAINT-FELIU-D'AVALL (174)

Région naturelle : ROUSSILLON

Adresse ou Lieu-dit : SERRE-BASSE

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 643807 m

Y = 1739742 m

Altitude : 104 m

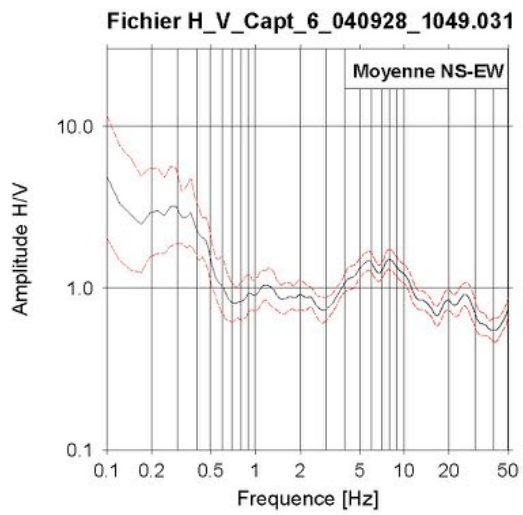
Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 78.5

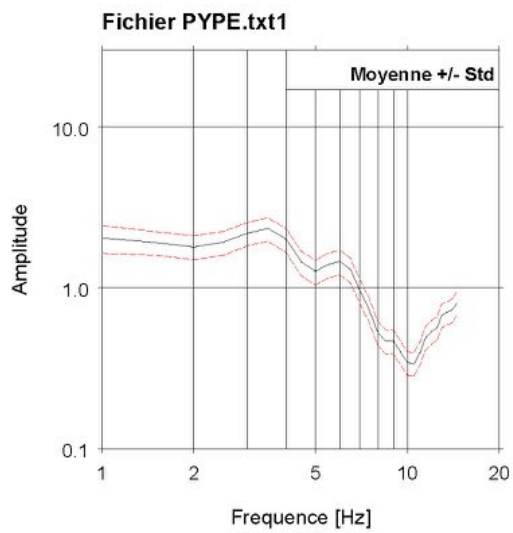
Log géologique

0 m	1 m	TERRE	QUATERNAIRE
1 m	9.5 m	ALLUVIONS, GALET-GRAVIER + SABLEUX	QUATERNAIRE
9.5 m	78 m	SABLE FIN	PLIOCENE
78 m	78.5 m	ARGILE	PLIOCENE

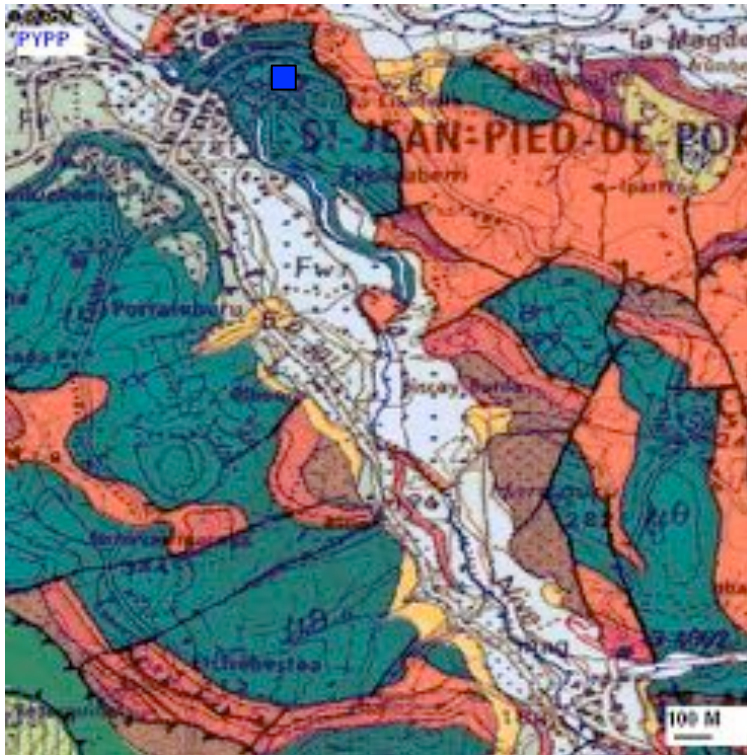
H/V bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



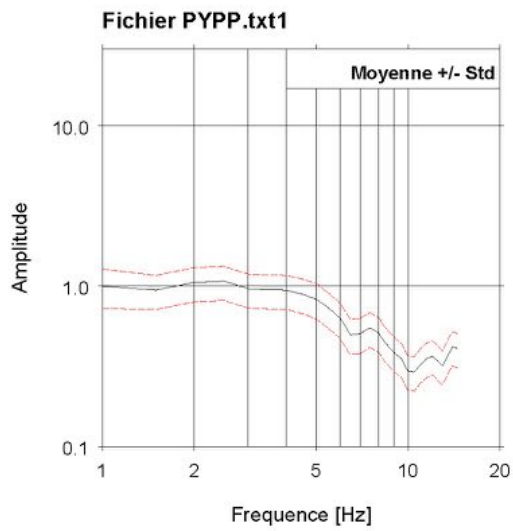
Carte géologique



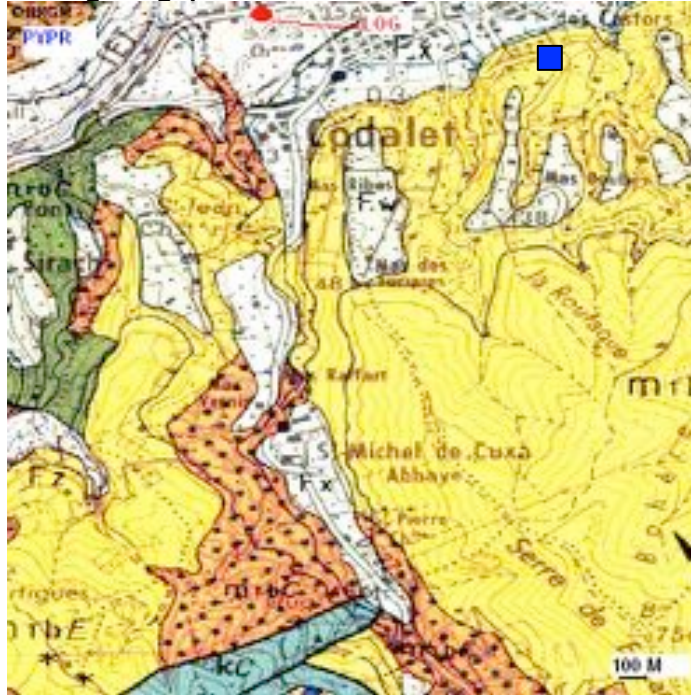
Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : PYRENEES-ORIENTALES (66)

Commune : PRADES (149)

Région naturelle :

Adresse ou Lieu-dit : CENTRAL TELEPHONIQUE PRADES - SONDAGE S3

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 606588 m

Y = 1734655 m

Altitude : 355 m

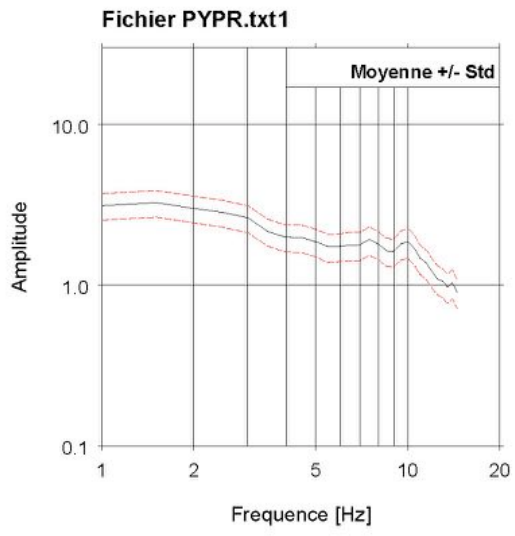
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 12

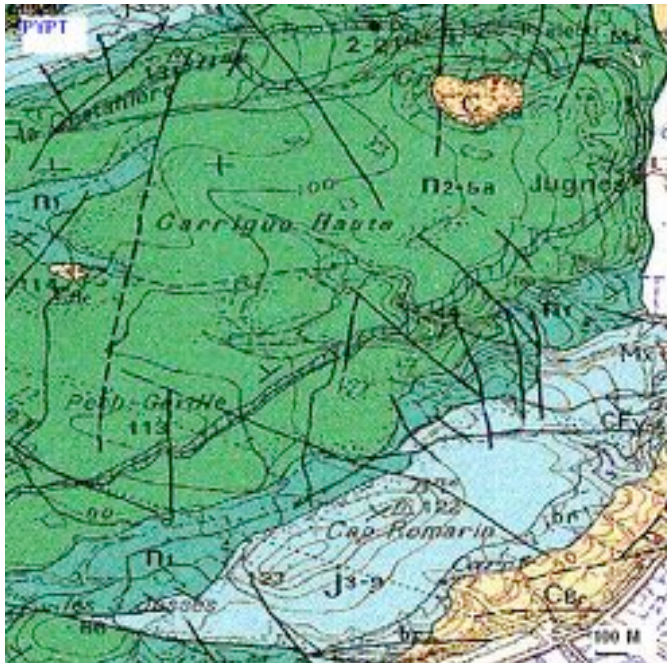
Log géologique

0 m	0,6 m	TERRE VEGETALE ET CAILLOUTIS
0,6 m	6 m	SABLE ARGILEUX ET CAILLOUTIS
6 m	10,2 m	EBOULIS GROSSIERS SABLEUX
10,2 m	12 m	ARGILE ROUGE ET CAILLOUTIS

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



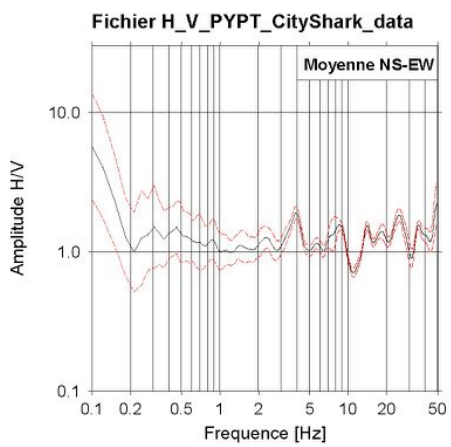
Carte géologique



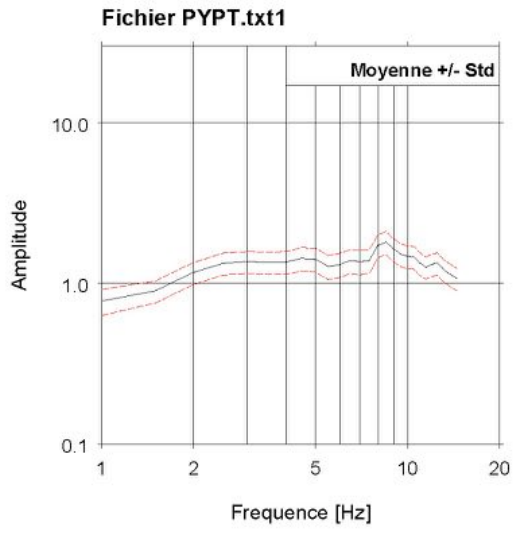
Sondage géologique

Aucun

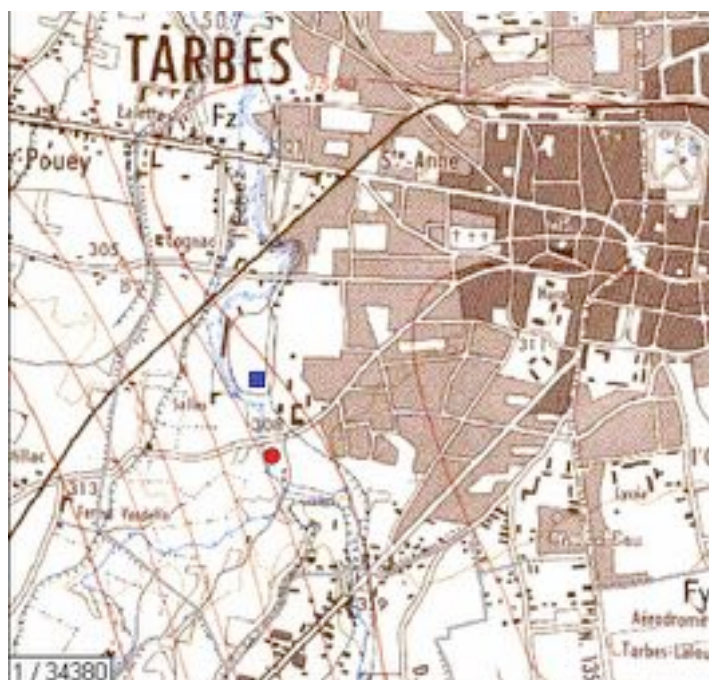
H/V bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Localisation:

Département : HAUTES-PYRENEES (65)

Commune : TARBES (440)

Région naturelle : ARMAGNAC

Adresse ou Lieu-dit : ROCADE SUD-OUEST DE TARBES (S2)

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 413870.076 m

Y = 1804887.522 m

Altitude : 314 m

Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 14.75

0 m	0.4 m	LIMON + GRAVES	QUATERNAIRE
0.4 m	6.2 m	GRAVES SABLEUSES LÉGÈREMENT ARGILEUSES	QUATERNAIRE
6.2 m	14.75 m	GRAVES SABLEUSES	QUATERNAIRE

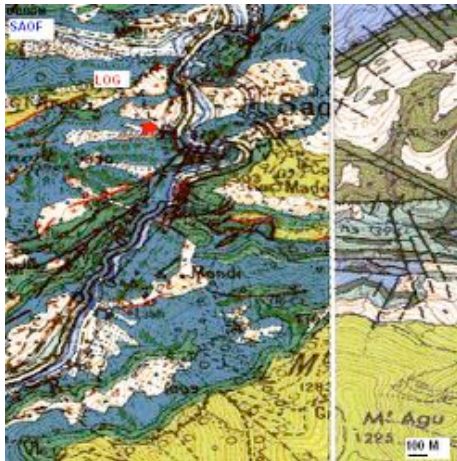
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : ALPES-MARITIMES (06)
 Commune : SAORGE (132)
 Région naturelle : ARC-NICE-MERCANTOUR
 Adresse ou Lieu-dit : NOCE

Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 1017915 m
 Y = 1901180 m
 Altitude : 500 m

Nature : CARRIERE

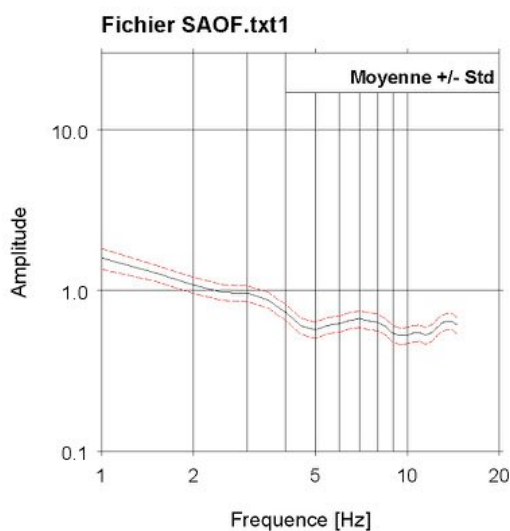
Profondeur atteinte (m) : 3

Log géologique

0 m 3 m CALCAIRE

QUATERNAIRE

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : HAUTE-CORSE (2B)

Commune : POGGIO-DI-NAZZA (236)

Région naturelle : CORSE

Adresse ou Lieu-dit : RIVE DROITE DU RUISSEAU DE TERNALE

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 1176666,135 m

Y = 1699270,099 m

Altitude : 430 m

Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 90

0 m	3 m	ZONE ALTEREE DE SURFACE, ARGILE OCRE
3 m	57 m	SCHISTES LUSTRES NOIRS
57 m	90 m	QUARTZITES GRIS CLAIR A NIVEAUX DE CALCAIRES GRESEUX

Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

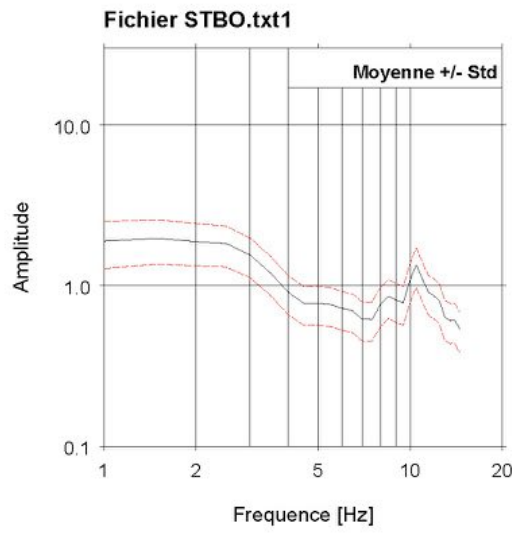
Département : HAUT-RHIN (68)
 Commune : BOLLWILLER (043)
 Région naturelle : VALLEE-DU-RHIN
 Adresse ou Lieu-dit : BOLLWILLER (DP9)
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 967440 m
 Y = 2327230 m
 Altitude : 248 m

Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 926.5

0 m	0.5 m	TERRE VEGETALE	QUATERNAIRE
0.5 m	1 m	ARGILE	QUATERNAIRE
1 m	7 m	SABLES, GRAVIERS + GALETS	QUATERNAIRE
7 m	27 m	GALETS + GRAVIERS ARGILEUX	QUATERNAIRE
27 m	27.5 m	LEHM	QUATERNAIRE
27.5 m	29 m	ARGILE	QUATERNAIRE
29 m	92 m	MARNE GRISE	STAMPIEN
92 m	320 m	MARNE GRISE + GRES	STAMPIEN
320 m	926.5 m	ZONE SALIFERE	LUDIEN

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

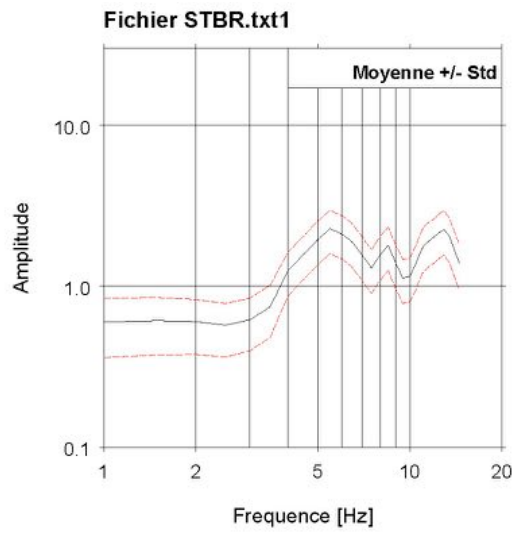
Département : HAUT-RHIN (68)
 Commune : BRUNSTATT (056)
 Région naturelle : SUNDGAU
 Adresse ou Lieu-dit : PZ 1177 CNR
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 972954 m
 Y = 2313979 m
 Altitude : 244.78 m

Nature : STATION-PIEZO

Profondeur atteinte (m) : 7

0 m	1.4 m	REMBLAIS	QUATERNAIRE
1.4 m	2.6 m	ARGILE PLASTIQUE	QUATERNAIRE
2.6 m	6.5 m	GRAVES ARGILEUX	QUATERNAIRE
6.5 m	7 m	ARGILE	QUATERNAIRE

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



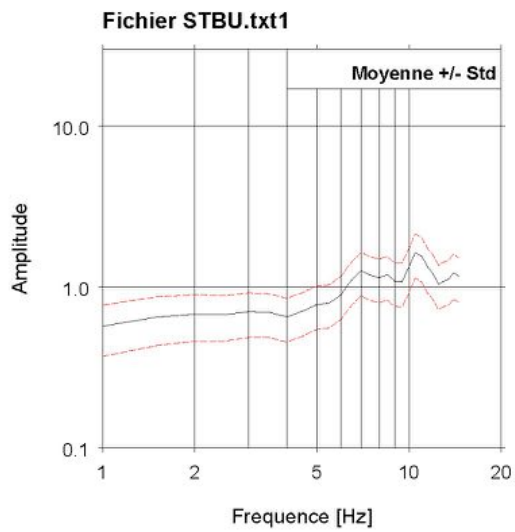
Carte géologique



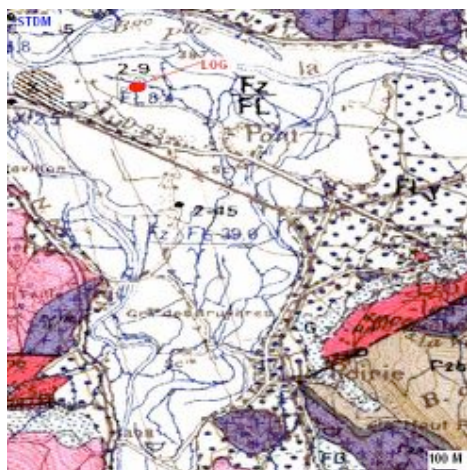
Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

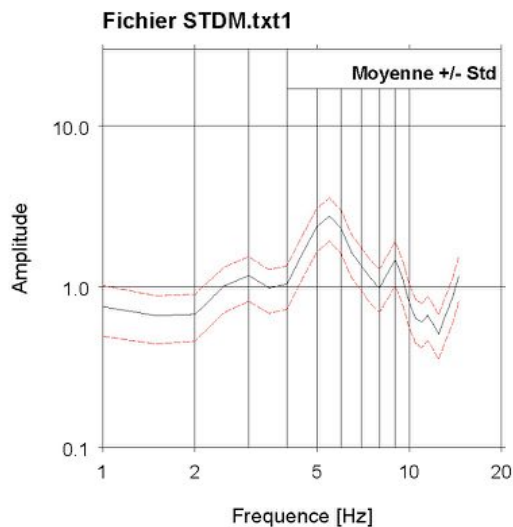
Département : VOSGES (88)
 Commune : DOMMARTIN-LES-REMIREMONT (148)
 Région naturelle : VOSGES
 Adresse ou Lieu-dit : CAPTAGE DU PONT
 Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 919710 m
 Y = 2343310 m
 Altitude : 387 m

Nature : PUIITS

Profondeur atteinte (m) : 8.35

0 m	0.6 m	TERRE	QUATERNAIRE
0.6 m	1.3 m	MARNE, ARGILEUX	QUATERNAIRE
1.3 m	3.6 m	ALLUVIONS SABLE, GRAVELEUX	QUATERNAIRE
3.6 m	5 m	ALLUVIONS SABLE, FIN	QUATERNAIRE
5 m	6.5 m	ALLUVIONS SABLE+GRAVIER	QUATERNAIRE
6.5 m	8.35 m	MORAINE + GALET	QUATERNAIRE

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



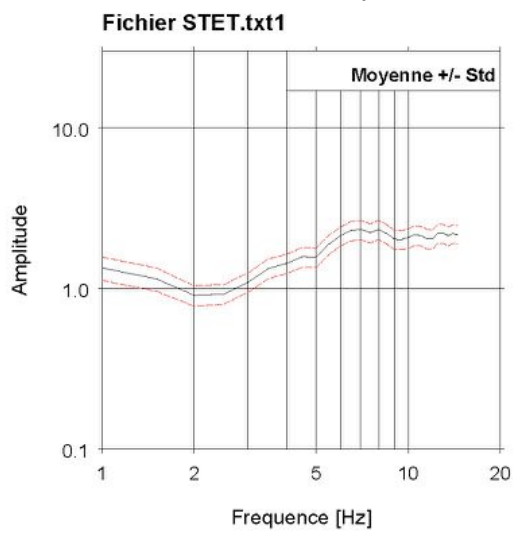
Carte géologique



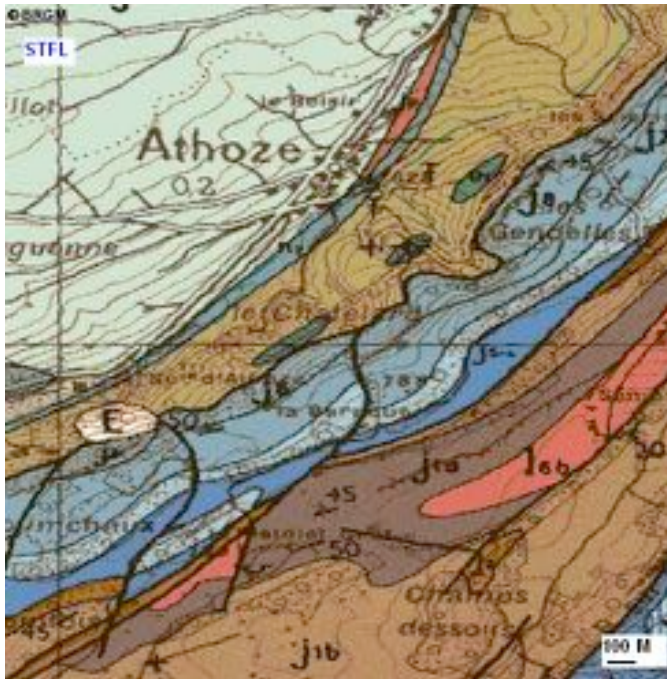
Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



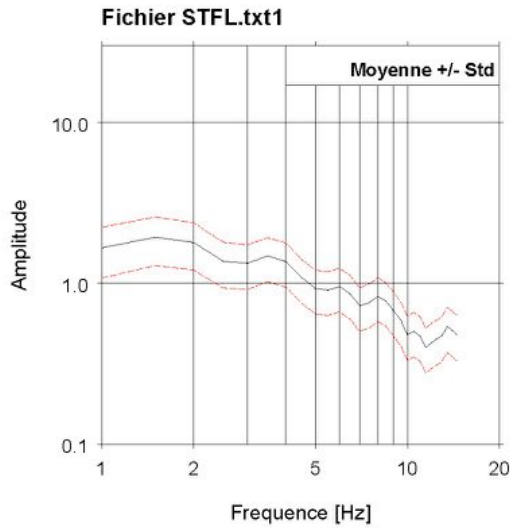
Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : HAUT-RHIN (68)
 Commune : HEGENHEIM (126)
 Région naturelle : VALLEE-DU-RHIN
 Adresse ou Lieu-dit : GRAVIERE FOLTZER

Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 991197 m
 Y = 2299145 m
 Altitude : 270 m

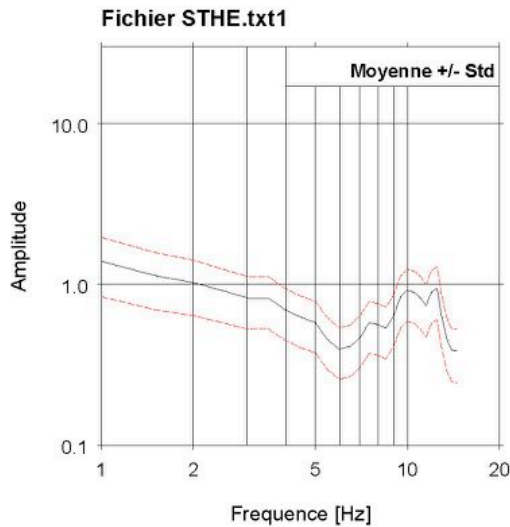
Nature : STATION-PIEZO

Profondeur atteinte (m) : 8

0 m 7.9 m ALLUVIONS SABLO-GRAVELEUSES
 7.9 m 8 m MARNES

QUATERNAIRE
 OLIGO-MIOCENE

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : BAS-RHIN (67)
 Commune : STRASBOURG (482)
 Région naturelle : VALLEE-DU-RHIN
 Adresse ou Lieu-dit : ZURICH FRANCE PLACE DU CORBEAU

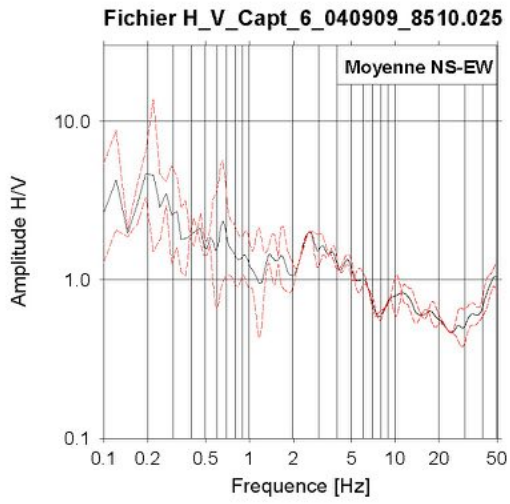
Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 999320.903 m
 Y = 2411593.193 m
 Altitude : 140 m

Nature : FORAGE

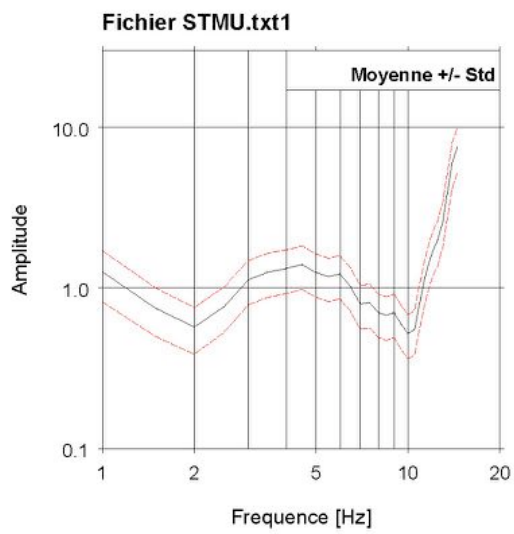
Profondeur atteinte (m) : 32.5

0 m	1 m	REMBLAIS DIVERS	QUATERNAIRE
1 m	2 m	LIMON	QUATERNAIRE
2 m	4.1 m	LIMON SABLEUX	QUATERNAIRE
4.1 m	16 m	SABLE + GRAVIERS + GALETS	QUATERNAIRE
16 m	18.4 m	SABLE + GALETS	QUATERNAIRE
18.4 m	20 m	LIMON TOURBEUX	QUATERNAIRE
20 m	21.6 m	LIMON COMPACT	QUATERNAIRE
21.6 m	32.5 m	SABLE + GRAVIERS +GALETS	QUATERNAIRE

H/V bruit de fond



Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Localisation:

Département : BAS-RHIN (67)

Commune : SCHIRRHEIN (449)

Région naturelle : VALLEE-DU-RHIN

Adresse ou Lieu-dit : SCHIRRHEIM 14

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 1009273 m

Y = 2435953 m

Altitude : 122 m

Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 580

0 m	32 m	GRAVIER+ ARGILE SABLEUSE	QUATERNAIRE
32 m	38 m	NIVEAUX DE BOIS, FOSSILE	QUATERNAIRE
38 m	47 m	ARGILE SABLEUSE	QUATERNAIRE
47 m	173 m	MARNE SABLEUSE + SABLE ARGILEUX	MIOCENE
173 m	468 m	MARNE SABLEUSE + SABLE ARGILEUX	STAMPIEN
468 m	470.1 m	FAILLE	IMPRECIS
470.1 m	558 m	MARNES	LUDIEN
558 m	580 m	MARNES + GRES	EOCENE-SUP

Carte géologique



Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

HAUT-RHIN (68)

Commune : SAINTE-MARIE-AUX-MINES (298)

Région naturelle : VOSGES

Adresse ou Lieu-dit : PRES MAISON FORESTIERE

Coordonnées (Lambert 2 étendu)

X = 956843 m

Y = 2368490 m

Altitude : 500 m

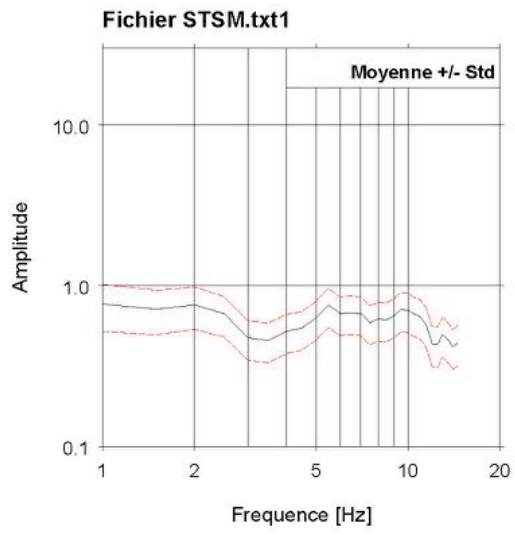
Nature : SONDAGE

Profondeur atteinte (m) : 168

0 m	1 m	TERRE VEGETALE
1 m	5 m	ALTERATIONS AVEC BLOCS DE GRANITE
5 m	11 m	GRANITE ALTERE
11 m	168 m	GRANITE DES CRETES

QUATERNAIRE
QUATERNAIRE
PRIMAIRE
PRIMAIRE

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)



Carte géologique



Sondage géologique

Source : Données BRGM – site internet : <http://infoterre.brgm.fr>

Département : BAS-RHIN (67)
 Commune : STRASBOURG (482)
 Région naturelle : VALLEE-DU-RHIN
 Adresse ou Lieu-dit : CITE PRANARD RUE DU JURA

Coordonnées (Lambert 2 étendu)
 X = 1000195.066 m
 Y = 2411205.453 m
 Altitude : 139.5 m

Nature : FORAGE

Profondeur atteinte (m) : 20

0 m	2 m	TERRE VEGETALE + ARGILE + GRAVIER	QUATERNAIRE
2 m	3 m	ARGILE GRIS-BLEU	QUATERNAIRE
3 m	4.5 m	ARGILE GRISE	QUATERNAIRE
4.5 m	19.1 m	ALLUVIONS GRAVE SABLEUSE + GALETS	QUATERNAIRE
19.1 m	20 m	ARGILE TOURBEUSE + ARGILE PLASTIQUE	QUATERNAIRE

Carte géologique



Sondage géologique

Aucun

Inversion des données RAP (Drouet, 2006)

