

Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la
Mobilité et l'Aménagement

MARCHE PUBLIC DE PRESTATIONS INTELLECTUELLES

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

Objet du marché

Acquisitions et traitements des données géophysiques des
mouvements de terrain de Viella
Projet Interreg – Poctefa : Spiral
EFA039/01

Sommaire

1	OBJET DU MARCHÉ.....	3
2	CONTEXTE.....	3
3	PRESTATIONS ATTENDUES.....	3
4	UTILISATION DES DONNÉES.....	4
5	RÉUNION DE PRÉPARATION.....	4
6	ACQUISITION ET INTERPRÉTATION DE MESURES DE SISMIQUE RÉFLEXION (PHASE 1).....	5
6.1	Description des attentes.....	5
6.2	Acquisition.....	5
6.3	Traitement et interprétation.....	6
6.4	Livrables.....	7
6.5	Délai d'exécution.....	7
7	RÉINTERPRÉTATION DE DONNÉES GÉOPHYSIQUES EXISTANTES (PHASE 2) 8	
7.1	Pris en compte des études antérieures.....	8
7.1.1	Moyens et méthodologie employés par HYDROGEOTECHNIQUE.....	9
7.1.1.1	Sismique réfraction.....	9
7.1.1.2	Panneaux électriques.....	10
7.2	Moyens pour la mise en œuvre de la réinterprétation des données.....	11
7.2.1	Formatage des données.....	11
7.2.2	Réinterprétation des données en relation avec les sondages mécaniques.....	11
7.3	Livrables.....	11
7.4	Délai d'exécution.....	12
8	ASSISTANCE AU CEREMA.....	12
9	ANNEXE.....	13

1 Objet du marché

Le Cerema, établissement public de référence, accompagne l'État et les collectivités territoriales dans la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques d'aménagement. Il apporte également son expertise dans l'analyse et la gestion des aléas et risques naturels, notamment les mouvements de terrain.

Dans ce cadre, le Cerema souhaite confier **l'acquisition et le traitement des données géophysiques nouvelles ainsi qu'existantes concernant le mouvement de versant polycyclique lent de Viella**. Ces travaux contribueront à l'évaluation des aléas et des risques pour la commune de Viella, située dans les Hautes-Pyrénées (65), dans le cadre du projet européen Interreg POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01).

2 Contexte

Le présent marché s'inscrit dans le cadre du projet européen Interreg POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01) se terminant le 31/12/2026, dont l'objectif est de renforcer l'adaptation des territoires au changement climatique et de prévenir les risques de catastrophes naturelles en améliorant leur résilience. Dans ce contexte, le Cerema intervient au sein de l'action du lot de travail WP4, dédiée à l'évaluation du risque de glissement de terrain et protocoles de gestion à l'échelle locale.

Le présent marché répond à une problématique spécifique liée aux mouvements de terrain à Viella, dans le département des Hautes-Pyrénées (Occitanie). Les études géophysiques précédentes, menées par sismique réfraction et panneaux électriques, n'ont pas permis de localiser avec précision la position du substratum rocheux. Cette incertitude nécessite l'emploi d'une méthode géophysique alternative, capable d'atteindre une profondeur d'investigation supérieure à la centaine de mètres et la réinterprétation de données antérieures. Ce marché permettra de réaliser un modèle de terrain du mouvement de versant polycyclique lent de Viella.

3 Prestations attendues

Le titulaire du marché est en charge des prestations requises qui reposent sur deux axes principaux, centrés sur une phase d'acquisition et l'interprétation des données et une phase de réinterprétation de données géophysiques détaillées comme suit:

- **Une réunion préparatoire** aura lieu au démarrage du marché consistant en une ou des visites sur site et une réunion de lancement permettant d'exprimer les attentes du Cerema et de répondre aux questions du titulaire.
- **Une phase d'acquisition et d'interprétation de mesures** (phase 1) sur deux profils des mouvements de terrain de Viella, en utilisant la méthode de sismique réflexion haute résolution, adaptée à la profondeur d'investigation requise.
- **Une phase de réinterprétation de données géophysiques existantes** (phase 2), obtenues précédemment à l'aide des méthodes de sismique réfraction et de prospection

électrique. Cette phase comprendra également l'intégration des données existantes et nouvelles pour la réalisation de profils et en travers du site pour contraindre les surfaces lithologiques.

- **Des Prestations d'Assistance au Cerema** pour la validation et l'intégration des données dans un modèle géologique du site sur toute la durée du marché.

L'ensemble de ces prestations peuvent se dérouler de manière simultanée. Les prestations mentionnées ci-dessus sont détaillées dans les articles 5 à 8 ci-après. Les prestations doivent être conformes aux bonnes pratiques rédigées par l'association AGAP Qualité (association de professionnels de la géophysique non pétrolière), disponibles via les liens ci-dessous :

<https://www.agapqualite.org/le-code-de-bonne-pratique/>

<https://www.agapqualite.org/les-fiches-de-bonne-pratique/>

Les Durées d'exécution maximum des deux phases du marché sont indiquées ci-dessous, sachant que la phase 3 peut intervenir tout le long du marché.

Phase 1	Acquisition et d'interprétation de mesures	2 mois
Phase 2	Réinterprétation de données géophysiques existantes	4 mois

4 Utilisation des données

Les données géophysiques traitées contribueront à l'élaboration d'un modèle de terrain de la zone en mouvement nécessaire à l'évaluation de l'aléa et du risque liés aux mouvements de terrain sur la commune de Viella, à la fois dans une perspective de recherche scientifique.

Les informations issues du traitement des données pourront être librement exploitées et partagées par le Cerema. Par ailleurs, les données fournies par le titulaire seront réutilisables par le Cerema **et ses partenaires dans le cadre du projet Interreg – POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01)** dans le cadre de sa mission de gestion opérationnelle du risque avec les services de l'État.

Ces données pourront également faire l'objet de publications et de valorisations dans des revues et congrès scientifiques en association avec le prestataire.

5 Réunion de préparation

Suite à la notification du marché, une visite sur site pourra être organisée dans un délai de 10 jours. Une réunion en présentiel ou en distanciel sera prévue afin que le Cerema puisse

présenter ses attentes et répondre aux questions du titulaire. Cet échange aura pour but de finaliser l'organisation de l'étude, de définir les moyens de communication des données et de fixer le calendrier d'exécution. Un ordre de service sera émis à l'issue de la réunion pour lancer les deux phases. L'ordre de service indiquera la date de démarrage de chacune des phases.

6 Acquisition et interprétation de mesures de sismique réflexion

(Phase 1)

6.1 Description des attentes

Cette étape porte sur l'acquisition et l'analyse des mesures effectuées sur deux profils à l'aide de la méthode de sismique réflexion haute résolution (Figure 1). Ces opérations seront menées dans la commune de Viella et ses environs immédiats, dans le cadre du projet européen Interreg POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01). Les profils concernés, à savoir les profils 1 et 2, doivent être analysés et présentent des longueurs respectives de 850 mètres et 360 mètres. On trouvera en annexe (Figure A), l'implantation des lignes avec leurs coordonnées dans le système nationale français soit RGF93 Lambert 93.

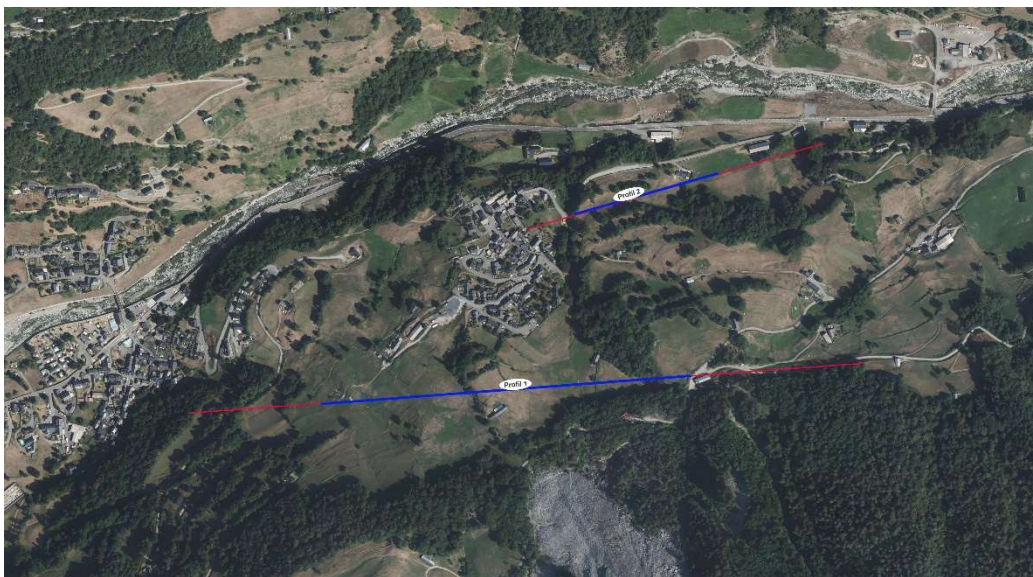


Figure 1. Profils à imager par sismique haute résolution dans le cadre du projet européen Interreg POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01).

6.2 Acquisition

Il incombe au titulaire pour l'acquisition des données d'obtenir l'ensemble des autorisations administratives et d'intervention sur les terrains privées. Le Cerema et l'ONF-RTM assurera la liaison avec la commune de Viella. Il incombe au titulaire de fournir l'ensemble des moyens nécessaires à l'acquisition et au traitement des mesures de sismique réflexion haute résolution pour les deux profils.

Les moyens requis pour la mise en œuvre comprennent :

- Moyens humains
- Moyens matériels.

Concernant les moyens humains, le titulaire devra garantir la mobilisation de personnels qualifiés et spécialisés en géophysique (référence en sismique réflexion THR indispensable) afin d'assurer le bon déroulement des opérations d'acquisition et de traitement des données de sismique réflexion.

Concernant les moyens matériels, le titulaire s'engage à utiliser des équipements spécifiques et de haute précision, incluant :

- Des enregistreurs sismiques ;
- Un minimum de 120 géophones uniques (28Hz) en liaison filaire ;
- Sources sismiques avec énergie suffisante pour éclairer dès les plus grands offsets (distance de l'ordre de la moitié du dispositif) l'ensemble des 120 traces actives ;
- GPS-RTK.

Dans le cadre de la source sismique, le titulaire du marché s'engage à assurer un personnel qualifié et certifié afin d'assurer la sécurité des tirs, notamment dans le cadre d'utilisation d'explosifs. Dans le cadre d'utilisations d'explosifs ou d'autres sources sismiques, le titulaire aura également à charge de s'occuper des démarches administratives et de la bonne mise en œuvre de la source sismique dans le cadre des normes actuelles.

6.3 Traitement et interprétation

La méthode employée reposera sur la sismique réflexion haute résolution, qui exploite les phénomènes de propagation et de réflexion des ondes afin de produire une image détaillée du sous-sol. Cette technique vise à atteindre une profondeur d'investigation suffisante pour l'identification du substratum rocheux sur les profils étudiés. La profondeur d'investigation devra dépasser 120 m.

Dans un premier temps, le titulaire s'engage à mettre en œuvre une méthodologie d'acquisition adaptée à l'ensemble des profils, garantissant une profondeur d'investigation optimale. Cette méthodologie inclura notamment :

- Utiliser 120 traces actives, en filaire uniquement pour pouvoir évaluer en temps réel la qualité des tirs ;
- Le relevé systématique des traces et positions de tirs à l'aide d'un GPS-RTK, afin d'assurer une précision planimétrique et altimétrique des données collectées.

Dans un second temps, le titulaire s'engage à appliquer une méthodologie de traitement des données visant à produire une image exploitable du sous-sol de bonne qualité. Celle-ci comprendra notamment :

- L'identification des potentiels réflecteurs masqués par le bruit cohérent
- La maîtrise des arrivées premières ;

- Le filtrage optimum pour éliminer les ondes de surfaces ;
- Le calcul de corrections statiques ;
- DMO/Migration afin d'obtenir une image claire des structures du sous-sol ;
- La conversion d'une section acquise en temps en une section en profondeur (première approximation).
- Le calage avec des sondages mécaniques existants

Le titulaire devra veiller à la rigueur méthodologique de ces étapes afin de garantir la fiabilité et la qualité des résultats obtenus.

6.4 Livrables

À l'issue de la campagne d'acquisition et de traitement, le titulaire devra fournir les livrables suivants :

- L'ensemble des données brutes et traitées ;
- Un rapport technique.

Le rapport technique devra détailler la méthodologie employée pour l'acquisition et le traitement des données, en incluant les éventuelles limites méthodologiques rencontrées mais également une corrélation avec des données existantes fournis par le Cerema. Il présentera également les résultats des mesures sous la forme de sections traitées intégrant les interprétations ainsi que de coupe interprétatives permettant de visualiser l'ensemble des anomalies détectées. Ce document devra fournir toutes les informations nécessaires à la compréhension et à l'exploitation de l'étude.

Par ailleurs, l'ensemble des données acquises, brutes et traitées, devront être transmises. Le format et les modalités de transmission des données pourront être discutés avec les utilisateurs affiliés au projet européen Interreg POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01) du Cerema Occitanie à la notification du marché.

6.5 Délai d'exécution

Les opérations sur site devront être réalisées dans les plus brefs délais, et suivant le calendrier d'exécution défini lors de la réunion et ce, en concertation avec les titulaires du projet européen Interreg POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01) au sein du Cerema Occitanie. La période d'acquisition pourra s'étendre sur deux semaines maximum à compter de la date de démarrage inscrite dans l'OS et suivant le calendrier d'exécution défini à la réunion préparatoire.

En cas de retard concernant la réalisation des prestations, le titulaire s'engage à informer le Cerema Occitanie dans les plus brefs délais et à proposer de nouvelles dates d'intervention en concertation avec celui-ci. Le titulaire encourt les pénalités prévues au CCAP dès lors que les défaillances constatées lui sont imputables.

À l'issue des investigations sur le terrain, le rapport technique ainsi que l'ensemble des données brutes et traitées devront être fournis dans un délai de six semaines maximums.

7 Réinterprétation de données géophysiques existantes (Phase 2)

Cette phase comprendra deux sous-phases. La première consistera en la réinterprétation des données existantes. La seconde, qui en découle, consistera à élaborer un modèle géologique en s'appuyant à la fois sur ces données antérieures et sur les nouvelles données acquises lors de la phase précédente. Les limites lithologiques définies à partir des profils de sismique réflexion seront ensuite étendues aux zones précédemment investiguées par sismique réfraction et par mesures électriques.

7.1 Pris en compte des études antérieures

En 2019, dans le cadre du précédent projet européen Interreg PYRMOVE, l'ONF-RTM a mandaté le bureau d'études HYDROGEOTECHNIQUE pour réaliser des investigations géophysiques utilisant des méthodes électriques et de sismique réfraction. Les profils de mesures obtenus par ces différentes techniques géophysiques sont illustrées dans la figure 2. L'OMIV/ CNRS EOST en partenariat avec l'Université de Potsdam a réalisé plusieurs profils par des mesures EM induction pour une caractérisation en 3D de la conductivité électrique entre 0 et 60 m, mais également une surveillance sismologique avec 6 stations sismologiques. Le Cerema mettra à disposition l'ensemble des données acquises lors de la campagne de géophysique du groupe HYDROGEOTECHNIQUE ainsi que celles acquises par l'OMIV/ CNRS EOST comprenant également les données des sondages destructifs ou carottés acquises. Le rapport technique du groupe HYDROGEOTECHNIQUE de 2019 sera également fourni.

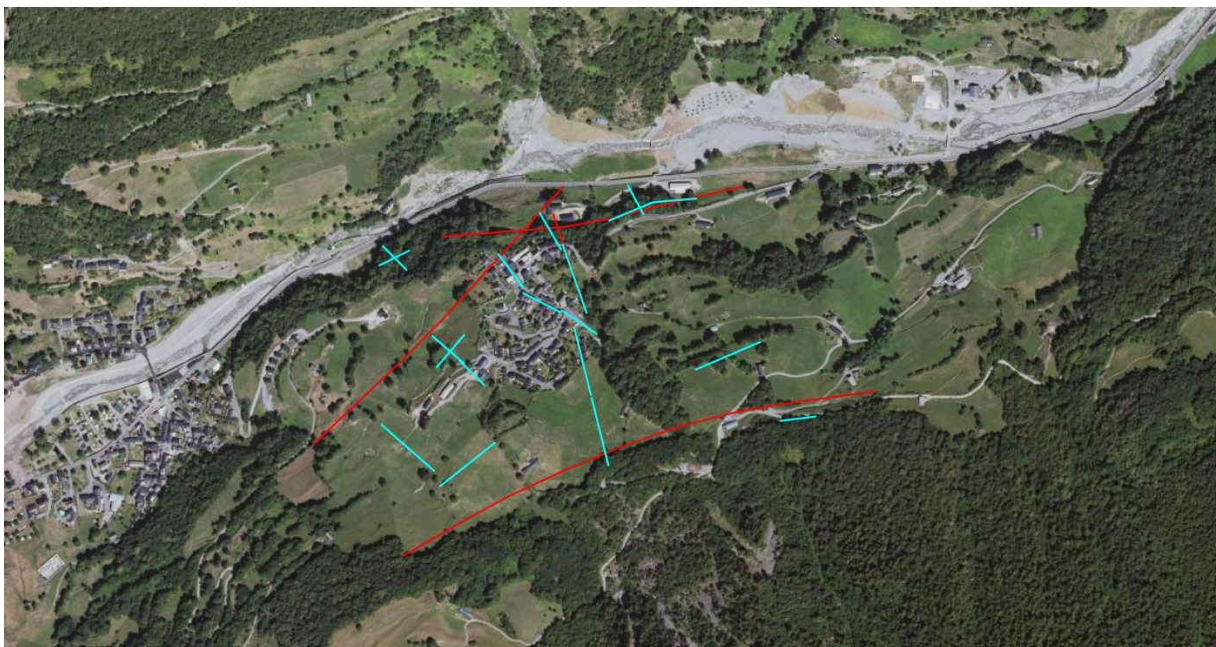


Figure 2. Localisation des profils de sismiques réfraction en bleu et des panneaux électriques en rouge sur la photographie aérienne.

Le programme de reconnaissance du BE HYDROGEOTECHNIQUE a consisté en :

- 5 profils de panneau électrique acquis selon un protocole Schlumberger.
- 19 bases de sismique réfraction.

Cependant, l'ensemble des mesures géophysiques réalisées en 2019 n'a pas permis de déterminer le substratum rocheux, notamment au droit du village.

7.1.1 Moyens et méthodologie employés par HYDROGEOTECHNIQUE

Le groupe HYDROGEOTECHNIQUE a mis en œuvre divers matériels et méthodologies de traitement résumés dans les sous-parties 6.2.1 et 6.2.2. L'ensemble des informations issues du rapport HYDROGEOTECHNIQUE sera mis à disposition par le Cerema. Toute différences méthodologique adopté par le titulaire du marché devra être exprimé dans le rapport technique à remettre, conformément aux dispositions définies dans l'article 6.4.

7.1.1.1 Sismique réfraction

Principes :

Les vitesses de propagation des ondes de compression permettent d'évaluer la compacité des terrains et leur rippabilité. L'analyse des temps de propagation depuis la source jusqu'aux capteurs permet de déterminer la vitesse et l'épaisseur des formations en présence.

Moyens matériels employés :

- 2 Sismographes digitaux DAQLINK III (24 traces) de marque SEISMIC SOURCE, échantillonnage jusqu'à 0.021 ms,
- 4 flutes sismiques 12 traces, espacement entre capteurs de 5.0m
- 48 géophones, fréquence 10 Hz.
- Exploseur CODETEL 400 et boîtier de synchronisation du trigger.
- Détonateur MI 6m instantanée
- Cartouche Emulstar 8000 en conditionnement de 190g.
- GNSS Spectra Précision SP80
- Système de correction Orphéon

Moyens logiciels utilisés :

- Logiciel Vibroscope de Seismic Source, acquisition des données sismiques
- Logiciel PickWin et Plotrefa (SEISIMAGER, OYO Corp.), analyse du minus
- Logiciel S4kWin, utilisé pour la réalisation des protocoles de mesures et pour le pilotage de l'acquisition,

Acquisitions :

24 géophones ont été utilisés par profil espacée de 2,5 m, 3 m ou 5 m avec 7 tirs par profil. La source sismique utilisée était des produits explosifs.

Traitement employé :

- Ajustement de la position des tirs et introduction de la géométrie du dispositif.
- Pointage des dromochroniques à l'aide du logiciel PickWin (SeisImager).

- Vérification des temps réciproques et corrections éventuelles pour garantir la cohérence des mesures.
- Calcul de la vitesse de l'onde au toit du substratum rocheux à partir des tirs offset directs et inverses.
- Élaboration du modèle vitesse/profondeur :
 - Calcul des vitesses et profondeurs par les intercepts.
 - Étude du minus sous Plotrefa.
 - Calcul et export des paramètres T+ et T-.
 - Analyse comparative du plus et du minus pour interprétation des résultats.
 - Export du modèle de vitesses vers Autocad.
- Application de filtres adaptés pour affiner le pointage des films sismiques.
- Contrôle des fermetures pour vérifier la cohérence des temps de propagation entre trajet aller et retour.
- Gestion des incertitudes et limites des interprétations liées au pointage, au dépouillement et au cadre géologique.

7.1.1.2 Panneaux électriques

Principes :

Les reconnaissances par panneaux électriques permettent d'identifier la nature des matériaux en fonction de leur résistivité, influencée par leur granulométrie et leur teneur en eau. En ajustant l'écartement des électrodes, il est possible d'explorer différentes profondeurs et de représenter les variations de résistivité sous forme de pseudo-sections.

Moyens matériels employés :

- Système d'imagerie électrique LUND SAS1000 de marque ABEM
- 10 Câbles espacement entre électrodes de 5 m,
- Électrodes et connectiques.

Moyens logiciels utilisés :

- Logiciel de traitement d'imagerie électrique Res2Dinv Version 3.58,
- AUTOCAD 2013

Acquisitions :

Les profils électriques ont été réalisés selon le protocole d'acquisition en Schlumberger.

Traitement employé :

- Exportation des données au format .DAT pour traitement sous Res2dInv.
- Importation des points de topographie issus d'AutoCAD.
- Visualisation des données brutes et suppression des points à forte variabilité.

- Paramétrage de l'inversion :
 - Taille des cellules du modèle : demi-espacement inter-électrodes (1,25 m).
 - Inversion standard via la méthode de Gauss-Newton.
 - Calcul des résistivités interprétées par la méthode des éléments finis.
 - 7 itérations avec une convergence fixée à 1 %.
 - Optimisation du Damping Factor selon la variabilité des mesures.
 - Importation de l'image au format RASTER sous AutoCAD.

7.2 Moyens pour la mise en œuvre de la réinterprétation des données

7.2.1 *Formatage des données*

Le titulaire du marché sera chargé d'assurer le formatage et la mise en conformité des données existantes issues des campagnes de sismique réfraction et de prospection électrique (panneaux), en vue de garantir leur compatibilité avec les outils et logiciels d'analyse ultérieurs.

7.2.2 *Réinterprétation des données en relation avec les sondages mécaniques*

Le titulaire du marché sera responsable de la définition et de la mise en œuvre des moyens nécessaires à la réinterprétation des données existantes, incluant les logiciels et la main-d'œuvre qualifiée. Il lui incombera de sélectionner et de proposer la méthodologie la plus appropriée pour cette réinterprétation. Ce choix devra être justifié et accompagné d'une analyse des écarts par rapport aux moyens et méthodologies employés par le groupe HYDROGEOTECHNIQUE, mandaté en 2019. La réinterprétation des données sismiques et électriques sera réalisée en croisant les résultats avec les données issues des sondages carottés ou destructifs fournis, afin d'affiner et de consolider le modèle géologique du terrain.

Le résultat doit présenter sous forme d'un modèle 3-D le toit du rocher estimé sur l'ensemble de la zone avec les incertitudes évaluées.

7.3 Livrables

À l'issue de la réinterprétation des données existantes, le titulaire devra fournir les livrables suivants :

- L'ensemble des données traitées ;
- Un rapport technique.

Le rapport technique devra détailler la méthodologie employée pour la réinterprétation des données existantes, en précisant les différences méthodologiques par rapport à celles utilisées par le groupe HYDROGEOTECHNIQUE ou l'Université de Strasbourg ainsi que l'ensemble des limites rencontrées. Il présentera également les résultats des réinterprétations sous forme de sections traitées intégrant les interprétations. Un échange sera également mis en place entre le titulaire du marché et le Cerema afin de définir les formats les plus adaptés pour les

résultats des réinterprétations. Le rapport technique devra fournir toutes les informations nécessaires à la compréhension et à l'exploitation de l'étude. Le rapport technique devra également porter une corrélation avec les données obtenues lors de la phase précédente de ce marché (voir partie 6 Acquisition et interprétation de mesures de sismique réflexion) afin d'affiner le modèle de terrain. Cette phase comprendra également l'intégration des données existantes et nouvelles pour la réalisation de profils en long et en travers du site. Au minimum, trois profils en long et quatre profils en travers seront réalisés. Le rendu cette dernière sous phase se fera par des profils et surfaces lithologiques dont le substratum.

La conclusion du rapport technique sera un modèle de terrain présentant la position du toit du substratum rocheux (altéré ou non) sur la surface du site (≈ 340 ha). Par ailleurs, l'ensemble des données retraitées devra être transmis sous forme numérique. Le format et les modalités de transmission des données pourront être discutés avec les utilisateurs affiliés au projet européen Interreg POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01) du Cerema Occitanie lors de la notification du marché.

7.4 Délai d'exécution

La durée d'exécution de la phase 2 est de 4 mois maximum à compter de la date d'admission de la phase 1 qui vaut démarrage de la phase 2 .

8 Assistance au Cerema

Le titulaire et le Cerema seront en contact constant durant les deux phases terrain et analyse. Ces contacts auront pour objectif d'objectiver les résultats au fur et à mesure de leur réception et éventuellement d'orienter les travaux, notamment en ce qui concerne les traitements appliqués aux données et la qualité des données transmises. Les réponses devront être communiquées dans les meilleurs délais, et dans tous les cas dans un délai n'excédant pas une semaine. Ces prestations ne donneront pas lieu à facturation ni à rémunération spécifique mais sont dues au titre du marché.

9 Annexe

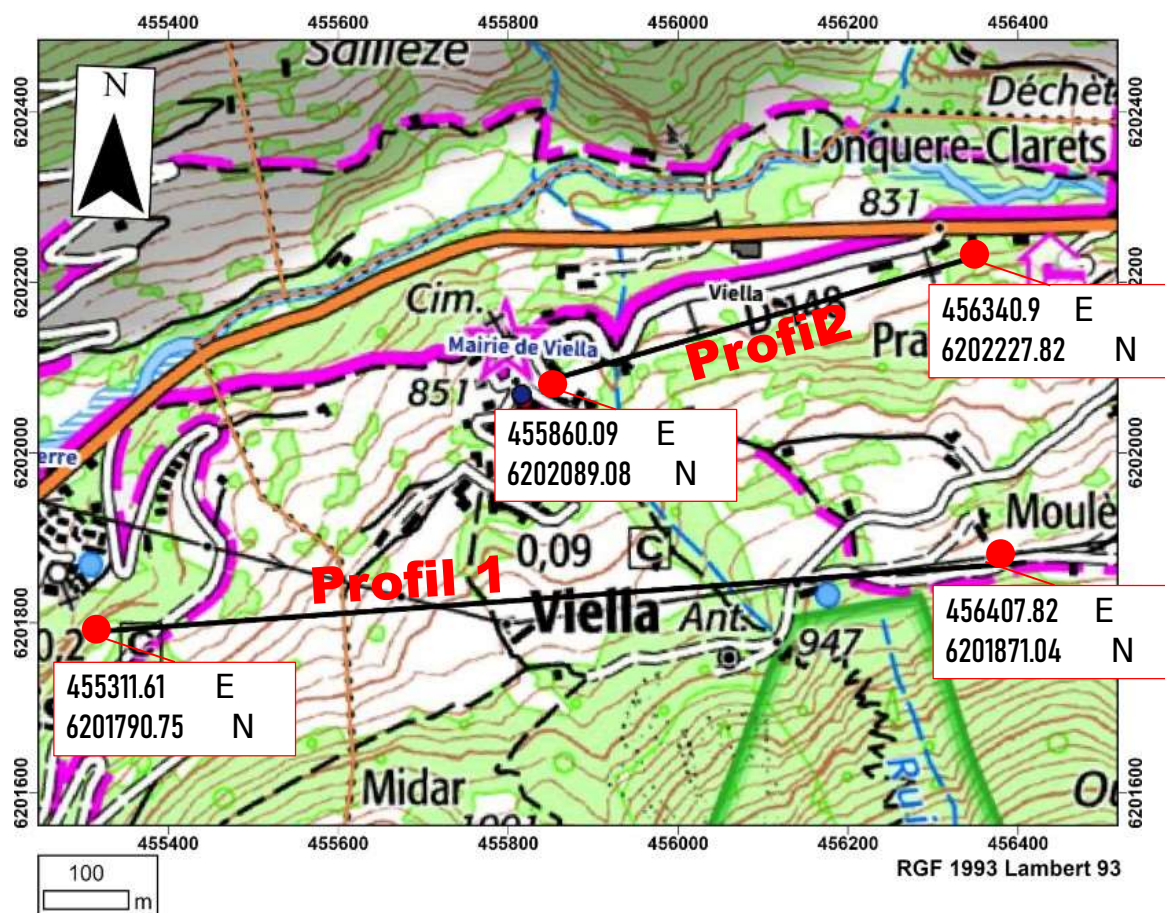


Figure A. Profils à imager par sismique haute résolution dans le cadre du projet européen Interreg POCTEFA-SPIRAL (EFA039/01) avec les coordonnées de début et de fin des profils en Lambert 93 sur un fond de carte de l'IGN.