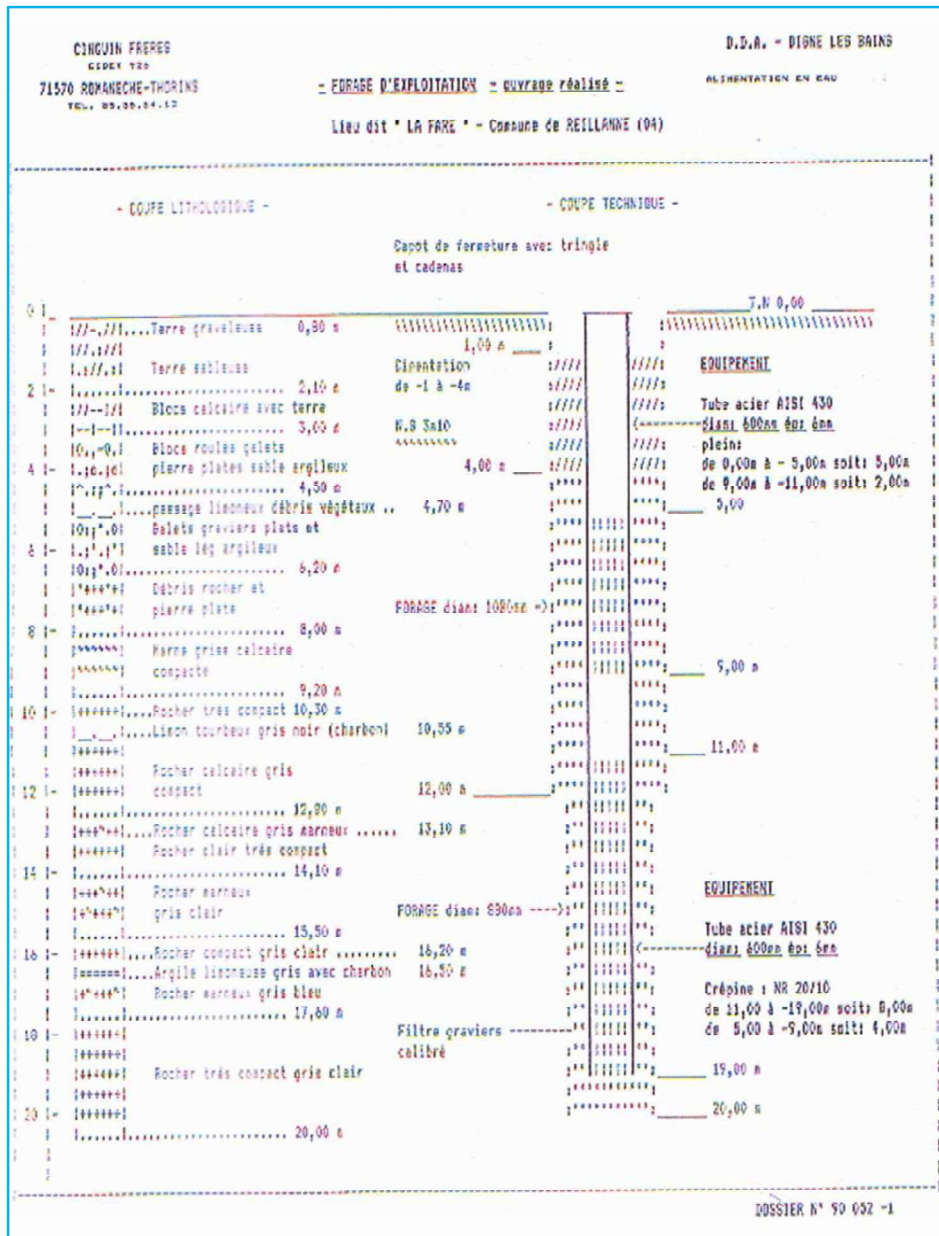


Figure 7 : Log du forage



Au regard de ces éléments, il apparaît que le toit du substratum rocheux en place ait été atteint en ce point vers -8 m/TN.

**Demandeur :**  
**Commune de Reillanne**  
Hôtel de Ville  
Rue des Ecoles  
04410 REILLANNE

**Géosynergie - Agence Alpes-Durance**  
Jouglard-Le Poët  
05200 CROTS  
Courriel : yb.geosynergie@gmail.com  
SIRET : 535.396.683.00026 - APE : 7112 B

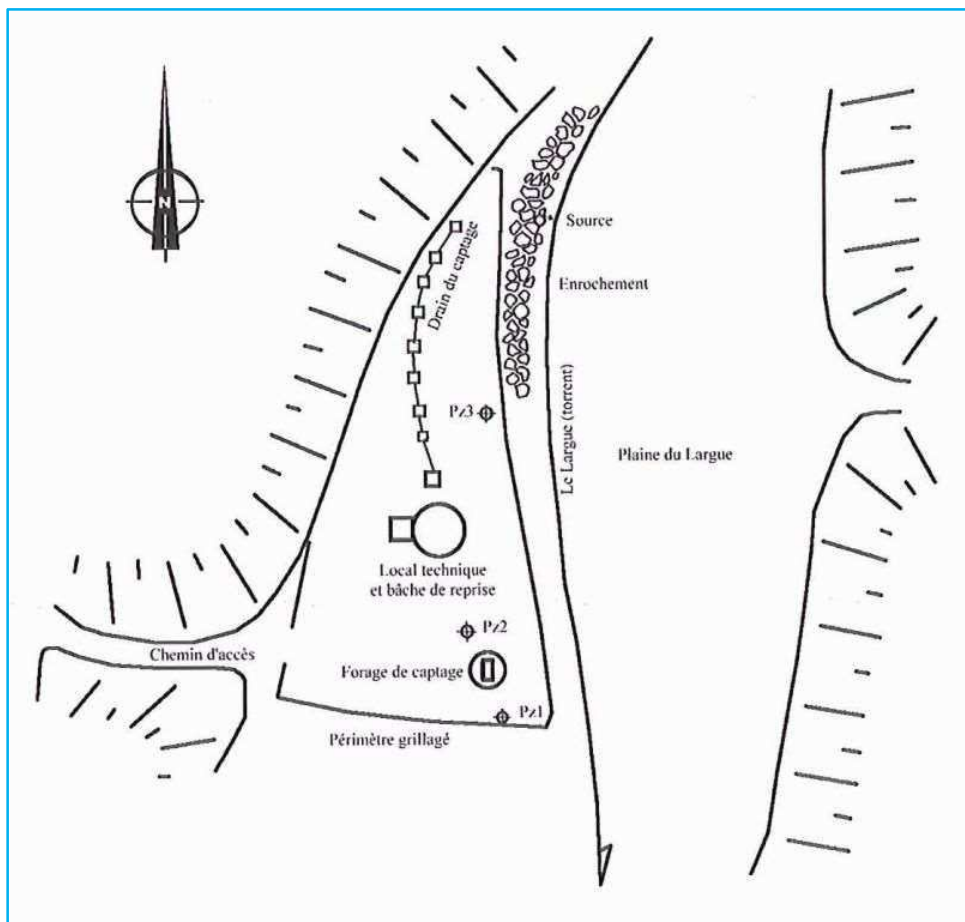
### 3.4. RESULTATS DES FORAGES REALISES EN 2007

En 2007, une nouvelle étude hydrogéologique était réalisée par le bureau d'études Tethys Hydro, qui toujours dans un contexte de risque de pénurie des ressources en eau se voyait confier la mission « d'étude du captage de La Fare et de l'analyse des ressources en eau ».

C'est dans ce cadre que trois forages équipés en piézomètres ont été réalisés à proximité du forage de captage, avec :

- Pz1 à 18 m en aval du forage de La Fare ;
- Pz2 à 22 m en amont du forage de La Fare ;
- Pz3 à 96 m en amont du forage de La Fare, à mi-distance entre le drain de captage de la source et le lit vif du Largue.

**Figure 8** : Plan schématique d'implantation des piézomètres (extrait rapport Tethys Hydro de 2007)

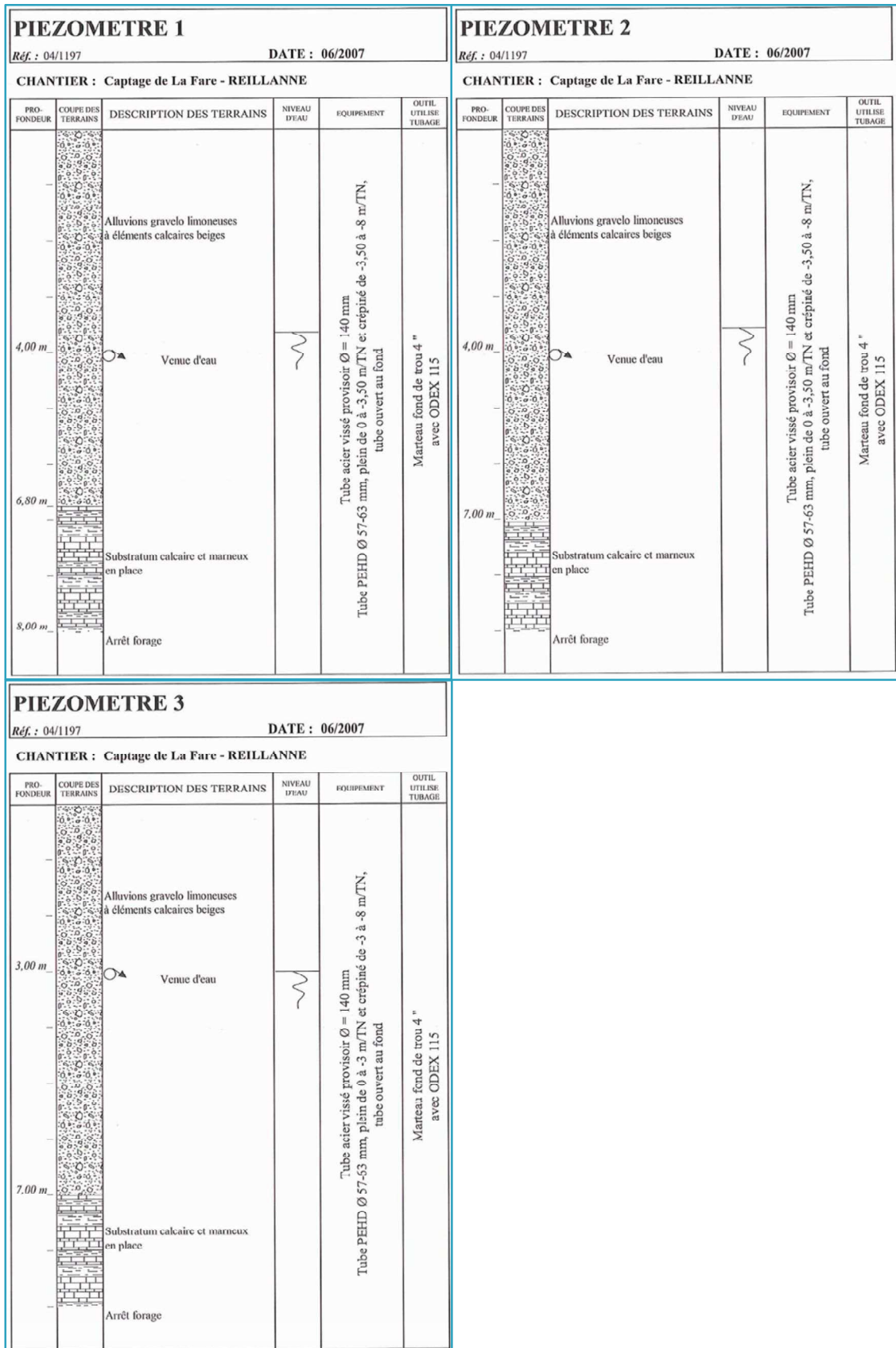


Portés jusqu'à 8 m de profondeur, ces ouvrages ont tous recoupés au moment des travaux :

- Des graves limoneuses beiges de 0 à -7 m/TN ;
- Le substratum rocheux calcaire en place entre -6,80 et -7,00 m/TN.

Ces résultats confirment ceux obtenus lors de la réalisation du forage de captage avec la présence sur le site d'une épaisseur relativement modérée (7 m environ) et a priori constante d'épandage alluvionnaire venant recouvrir et occluser le toit du substratum calcaire en place.

Figure 9 : Log des piézomètres



**Demandeur :**  
**Commune de Reillanne**  
 Hôtel de Ville  
 Rue des Ecoles  
 04410 REILLANNE

**Géosynergie - Agence Alpes-Durance**  
 Jouglard-Le Poët  
 05200 CROTS  
 Courriel : yb.geosynergie@gmail.com  
 SIRET : 535.396.683.00026 - APE : 7112 B

## 4. HYDROGÉOLOGIE

### 4.1. DONNEES GENERALES

Le contexte hydrogéologique de la zone apparaît relativement compartimenté, et il existe en effet au moins deux grands systèmes aquifères potentiellement interconnectés.

Notons tout d'abord que les formations de pied de versant, les colluvions et les éboulis, présents en marge de la vallée du Largue et qui consistent en des dépôts généralement peu épais, ne présentent aucune capacité réservoir. Ces dépôts n'abritent aucune ressource en eau à proprement parler et au mieux ils constituent un aquifère de transit qui laisse passer les eaux du versant avant qu'elles ne sourdent en surface ou n'alimentent la nappe du Largue de façon occulte.

Les formations marno-calcaires des « Calcaires de Reillanne » quant à elles présentent une certaine perméabilité associée à une porosité de fracture et de fissure non négligeable. Elles assurent le drainage par percolation depuis la surface des eaux météoriques et confèrent au massif un véritable caractère aquifère. Cet ensemble n'en demeure pas moins un réservoir hétérogène et fortement compartimenté en raison notamment des intercalations marneuses peu perméables présentes en profondeur.

Cet ensemble alimente de nombreuses sources et suintements sur le versant qui émergent souvent à la faveur de la remontée d'un niveau de marnes grises étanches dont plusieurs affleurements sont visibles à proximité de la zone d'étude.

Les alluvions du Largue quant à elles, comblent en grande partie la vallée, masquant entièrement le substratum rocheux en place. Constitués de dépôts à dominante sablo-graveleuse, elles présentent généralement une forte porosité et une bonne perméabilité générale. De fait, elles possèdent une forte capacité aquifère et elles abritent la nappe d'accompagnement du cours d'eau, à surface libre et de type phréatique.

Cette nappe constitue à l'échelle de la vallée une ressource en eau de capacité relativement importante, en relation directe avec le torrent du Largue, alimentée par infiltration depuis la surface sur toute l'emprise de son bassin versant immédiat et certainement aussi en sous-face par l'émergence en pied de versant de sources occultes issues des calcaires de Reillanne.

### 4.2. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE LOCAL

#### 4.2.1. DONNEES CONCERNANT LA ZONE DE LA FARE

Ayant fait l'objet de plusieurs études depuis 1966 (Cf. rapport Paris), le contexte hydrogéologique de la zone de La Fare est désormais assez bien connu.

Bien qu'aucune source directement issue des fissures des « Calcaires de Reillanne » en place n'ait jamais été inventoriée sur le site, il reste vraisemblable que des émergences existent en surface, masquées par les dépôts de pied de versant ou plus profondes, qui alimentent directement en sous-face les alluvions et la nappe du Largue.

Cette dernière, dont le bon potentiel a été démontré, est désormais exploitée sur la zone par un forage réalisé en 1990. Sa capacité locale a ainsi pu être éprouvée et reconnue comme assez forte, et tout au moins suffisante a priori pour satisfaire à la totalité des besoins de la commune de REILLANNE.

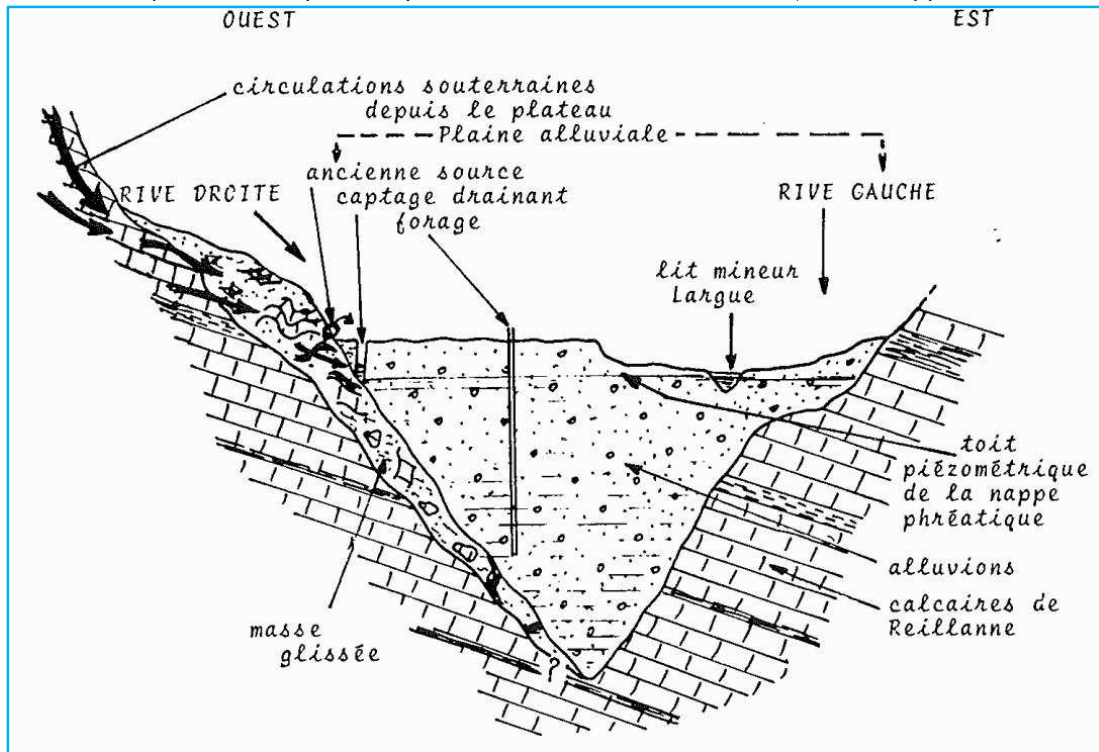
La particularité du site réside en la présence d'une importante masse glissée en rive droite du Largue, constituée d'un amas disloqué de formations calcaires desquelles émergent en point bas des venues d'eau identifiées comme la source de La Fare, captées depuis la fin des années 1960 pour alimenter le réseau AEP de la commune.

A l'échelle de la zone d'étude, cet amas bréchrrique glissé sur le versant constitue un aquifère à part entière qui est alimenté d'une part par infiltration rapide des eaux météoriques reçues sur tout son impluvium et d'autre part par les émergences occultes issues directement des « Calcaires de Reillanne » sous-jacents. Ainsi établi cet aquifère participe de façon active au drainage et à la concentration des eaux qui circulent dans la pente en amont à l'ouest de la zone de La Fare.

Cependant, force est de souligner la vulnérabilité des eaux qui en émergent, sensibles notamment aux risques de pollution du fait de leur faible profondeur de circulation et de l'existence de pratiques agricoles dans les pentes en amont (ferme de La Fare).

Enfin, l'historique du point d'eau nous a montré combien cette ressource était sensible aux conditions météorologiques et climatiques locales, avec de fortes périodes d'étiage qui ont d'ailleurs conduit à l'abandon progressif du captage dont les capacités s'étant étiolées ne permettent plus aujourd'hui de garantir sereinement l'alimentation du réseau AEP de REILLANNE.

**Figure 10** : Coupe schématique interprétative de la zone de La Fare (extrait rapport ARHLAC 1990)



#### 4.2.2. DONNEES CONCERNANT LA ZONE DE VALVISSORGUE

Le terrain concerné par l'étude est situé en aval au sud de la confluence de rive droite entre la vallée du Largue et le ravin de Valvissorgue.

Il s'agit d'une parcelle allongée du nord vers le sud, sise en rive droite de la vallée immédiatement en pied de versant et jouxtant en ce point la limite communale avec SAINT MICHEL L'OBSERVATOIRE.

La plaine du Largue présente ici une largeur relativement importante de l'ordre de 230 m, mais seul 1/3 de la surface disponible tout au plus a pu être étudiée, devant cantonner notre analyse au seul territoire appartenant à la commune de REILLANNE.

Sur cette zone il n'existe pas de paquet glissé sur le versant, ni a priori de source issue des pentes en amont vers l'ouest. Pourtant comme pour la zone de La Fare, il n'est pas possible d'exclure l'existence de venues d'eau issues des « Calcaires de Reillanne » qui peuvent de façon occulte rejoindre directement la nappe du Largue en profondeur.

Comme plus en amont au nord, cette dernière semble bien présente sur la zone, circulant au sein des alluvions du cours d'eau. Il existe d'ailleurs au moins un forage 300 m environ en amont au nord que nous avons pu localiser au cours d'une visite de terrain. Ce dernier a été réalisé dans l'emprise d'une petite exploitation de « maraichage bio » jouxtant le secteur d'intervention.

A ce stade, nous ne pouvons exclure l'influence du vallon de Valvissorgue sur les capacités aquifères du site avec l'apport potentiel de ressources en eau de surface et souterraines complémentaires. Si tel est le cas, il conviendrait de prendre en compte dans le cadre d'une analyse hydrogéologique détaillée, les risques induits par un tel apport, en terme notamment de vulnérabilité et de pollution des eaux.

**Demandeur :**  
**Commune de Reillanne**  
 Hôtel de Ville  
 Rue des Ecoles  
 04410 REILLANNE

**Géosynergie - Agence Alpes-Durance**  
 Jouglard-Le Poët  
 05200 CROTS  
 Courriel : yb.geosynergie@gmail.com  
 SIRET : 535.396.683.00026 - APE : 7112 B

## 5. RESULTATS DE LA PROSPECTION GEOPHYSIQUE

### 5.1. GENERALITES

La nécessité de réaliser une nouvelle campagne de prospection géophysique dans le cadre de l'étude en objet est venue de l'analyse comparative des résultats des sondages électriques de 1989 et des données de forage issues des travaux de 1990 (réalisation du forage de La Fare) et de 2007 (réalisation de trois piézomètres aux abords des ouvrages de captage).

En effet, alors que les sondages électriques tendaient à démontrer la présence sur la zone de La Fare d'une épaisseur relativement importante d'alluvions torrentielles (15 m) reposant en profondeur sur le toit étanche du substratum rocheux en place, les résultats des travaux de forage mettaient en évidence l'existence d'une épaisseur modérée de dépôts de couverture (7 à 8 m) occultant les « Calcaires de Reillanne ».

Il s'agissait donc ici de vérifier l'existence d'un éventuel paléo-surcreusement sur la zone, qui avait pu être envisagé au vu des résultats des sondages électriques mais que les travaux de forage, trop ponctuels n'auraient réussi à mettre en évidence.

Une telle structure d'érosion, comblée par des alluvions graveleuses de bonne perméabilité peut, à l'échelle de la vallée, représenter un axe de circulation préférentiel profond des eaux souterraines et donc une cible potentielle de recherche aquifère, avec une ressource potentiellement de bonne capacité et de moindre vulnérabilité.

Ciblant ainsi la plaine en aval immédiat de la zone de captage de La Fare, une campagne de prospection géophysique complète avec la réalisation de sondages sismiques et de panneaux électriques a été réalisée comme convenu dans le protocole d'étude en juin 2017.

A la demande de la commune, la même démarche a été mise en œuvre plus en aval sur le site de Valvissorgue, sur une parcelle établie sur le territoire de la commune de REILLANNE.

L'ensemble de la prestation a été réalisée sous la direction de Géosynergie par le Cabinet RISSER de LA GAUDE (06), dont le compte rendu d'intervention est annexé au présent rapport.

### 5.2. PRINCIPE D'INTERVENTION

#### 5.2.1. PRINCIPE DE PROSPECTION PAR SISMIQUE REFRACTION

La sismique réfraction est une méthode de reconnaissance géophysique du sous-sol fondée sur l'étude de la propagation des ondes sismiques élastiques.

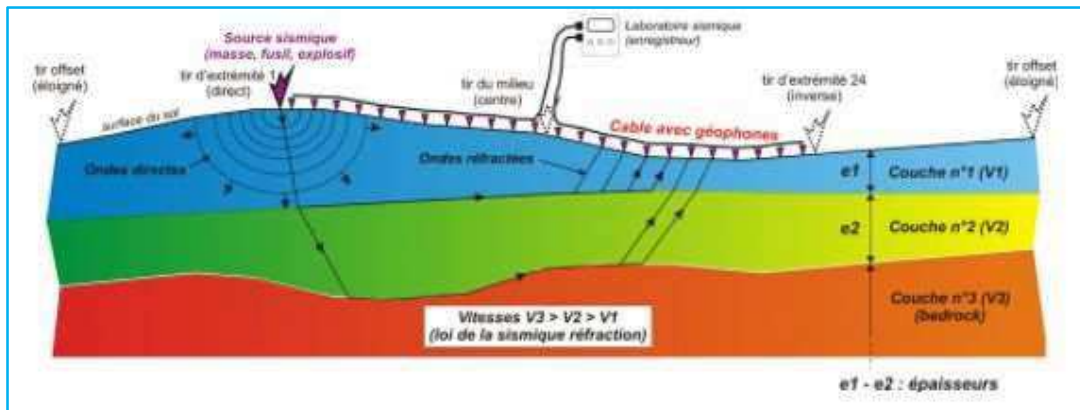
L'objectif de la prospection sismique réfraction est de caractériser la nature et la structure des différents couches du sous-sol dont on détermine ainsi l'état mécanique (altération, fissuration, fracturation), les épaisseurs et les vitesses sismiques des ondes de compression, elles-mêmes reliées aux propriétés mécaniques du matériau.

Les vitesses des ondes de compression varient approximativement de 300 m/s à 6000 m/s quand on passe d'un sol meuble à une roche cristalline saine par exemple. Ainsi, plus une roche est compacte, plus sa vitesse sismique est élevée.

La sismique réfraction permet aussi de localiser les accidents tectoniques (faille).

Son application ne peut être envisagée que si la vitesse sismique augmente avec la profondeur, si les contrastes de vitesse entre couches sont suffisamment marqués et si les couches du sous-sol sont relativement tabulaires.

**Figure 11 :** Schéma illustrant le principe de réfraction des ondes sismiques dans le sol



En pratique, la réalisation d'un sondage sismique réfraction consiste à mettre en place à la surface du sol, un profil rectiligne de capteurs sismiques, appelée dispositif sismique, reliés par un câble de mesure à un enregistreur sismique. Typiquement, on utilise des dispositifs de 12, 24 ou 48 capteurs espacés de 5, 10 ou 20 mètres pour des profondeurs de reconnaissance variant de 15 m à 100 m.

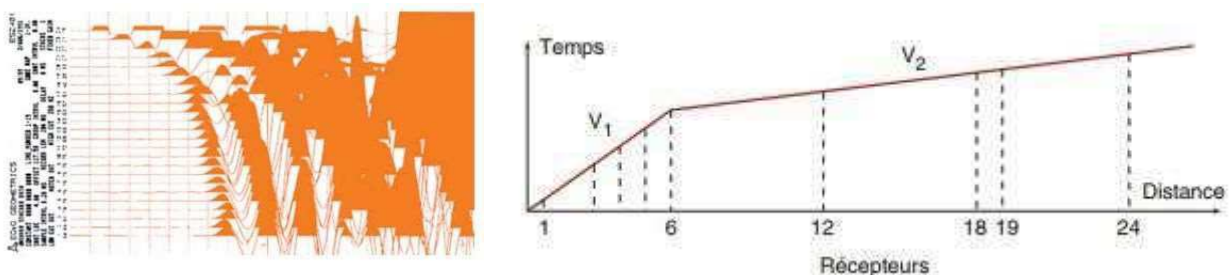
La source consiste généralement en un dispositif percutant avec un système de chute d'une masse sur une plaque de transfert, mais on peut également utiliser de petites charges explosives éventuellement disposées au fond de petits forages. Cette dernière solution techniquement très efficace s'avère contraignante d'un point de vue réglementaire.

La source sismique est généralement actionnée en différents points le long du dispositif et à chaque fois on enregistre le temps de propagation des ondes entre la source et chaque capteur.

La source sismique et l'enregistreur sont bien entendu synchronisés afin de mesurer précisément l'instant « 0 » de l'émission sismique (TB).

Enfin, les temps de propagation sont reportés sur un graphique hodochrone qui une fois analysé va permettre de déduire l'épaisseur et la vitesse de propagation d'onde de chaque couche traversée.

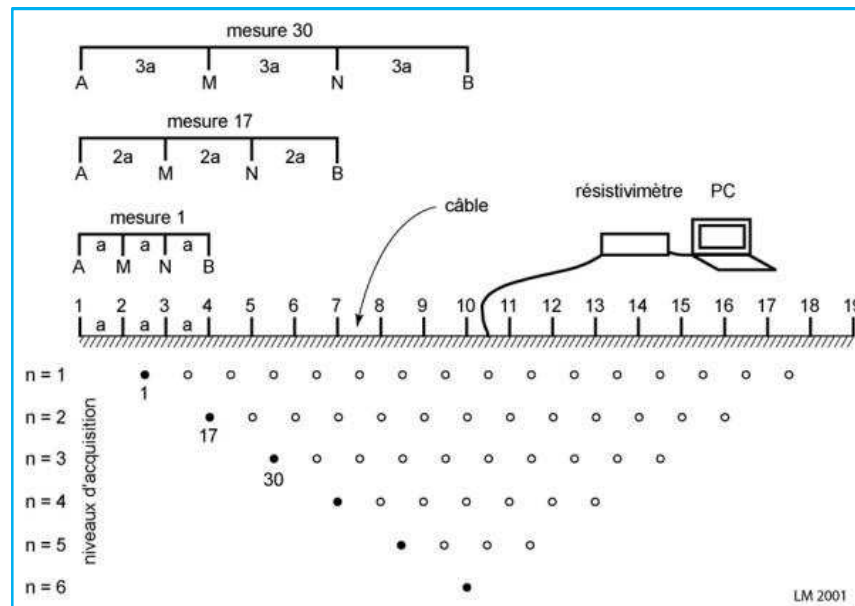
**Figure 12 :** Graphique d'enregistrement et hodochrone



### 5.2.2. PRINCIPE DE PROSPECTION PAR PANNEAUX ELECTRIQUES

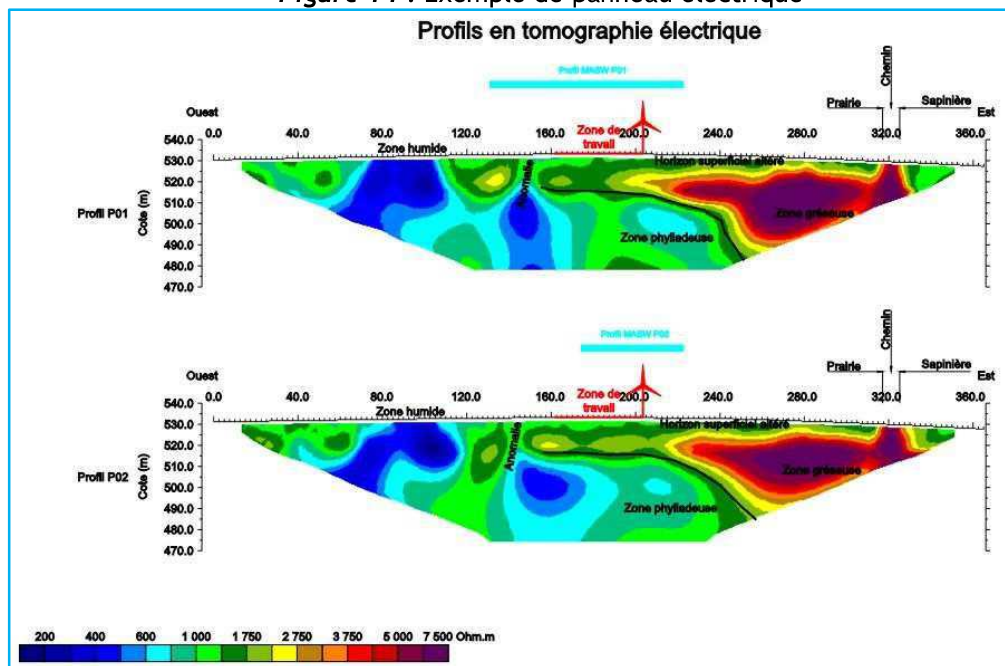
La méthode des panneaux électriques, aussi appelée tomographie électrique, est fondée sur la mesure des résistivités apparentes du sous-sol le long d'un dispositif rectiligne d'électrodes plantées dans le sol. Elle apporte des informations sur la géométrie des couches du sous-sol et sur les anomalies ou structures particulières qu'elles peuvent receler comme des failles, des poches d'argile ou de sable, des talweg fossiles, des zones d'altération...

Figure 13 : Arrangement des électrodes pour une acquisition 2D



Au plan pratique, les électrodes sont régulièrement espacées et leur nombre est généralement compris entre 24 et 128 électrodes. La longueur du dispositif peut varier de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. L'acquisition en mode dipôle-dipôle, pôle-dipôle ou pôle-pôle permet d'atteindre des profondeurs de plusieurs dizaines de mètres en fonction du mode d'acquisition et de la distance entre électrodes. Un traitement 3D est possible à condition de réaliser une acquisition 3D en mettant en place et en mesurant simultanément plusieurs lignes d'électrodes..

Figure 14 : Exemple de panneau électrique





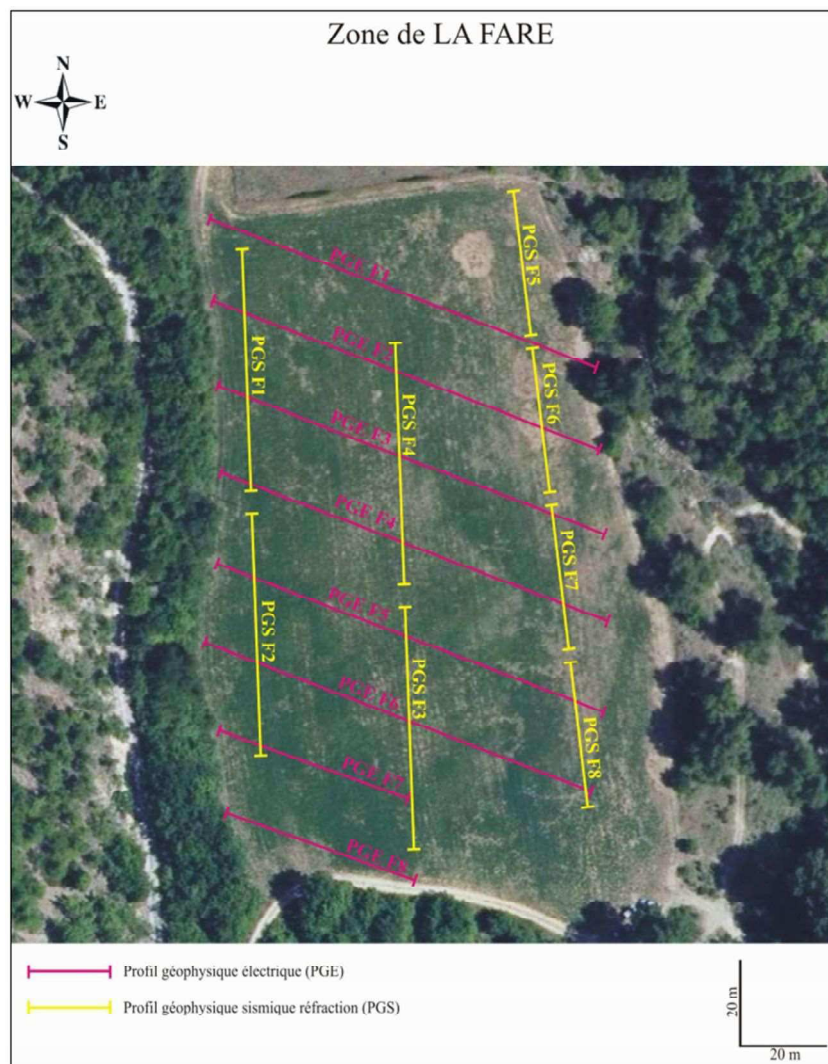
### 5.3. LOCALISATION DES SONDAGES ET DES PROFILS GEOPHYSIQUES

#### 5.3.1. ZONE DE LA FARE

Au moment de l'intervention il a été réalisé sur la zone de La Fare :

- 4 sondages sismiques de 55 m, notés PGS F1, PGS F2, PGS F3 et PGS F4, établis avec un espacement de 5 m entre chaque géophone ;
- 4 sondages sismiques de 33 m, notés PGS F5, PGS F6, PGS F7 et PGS F8, établis avec un espacement de 3 m entre chaque géophone ;
- 6 panneaux électriques de 94 m, notés PGE F1, PGE F2, PGE F3, PGE F4, PGE F5 et PGE F6, établis avec un espacement de 2 m entre chaque électrode ;
- 2 panneaux électriques de 46 m, notés PGE F7 et PGE F8, établis avec un espacement de 2 m entre chaque électrode.

**Figure 15** : Plan d'implantation des sondages sismiques et des panneaux électriques sur le site de La Fare

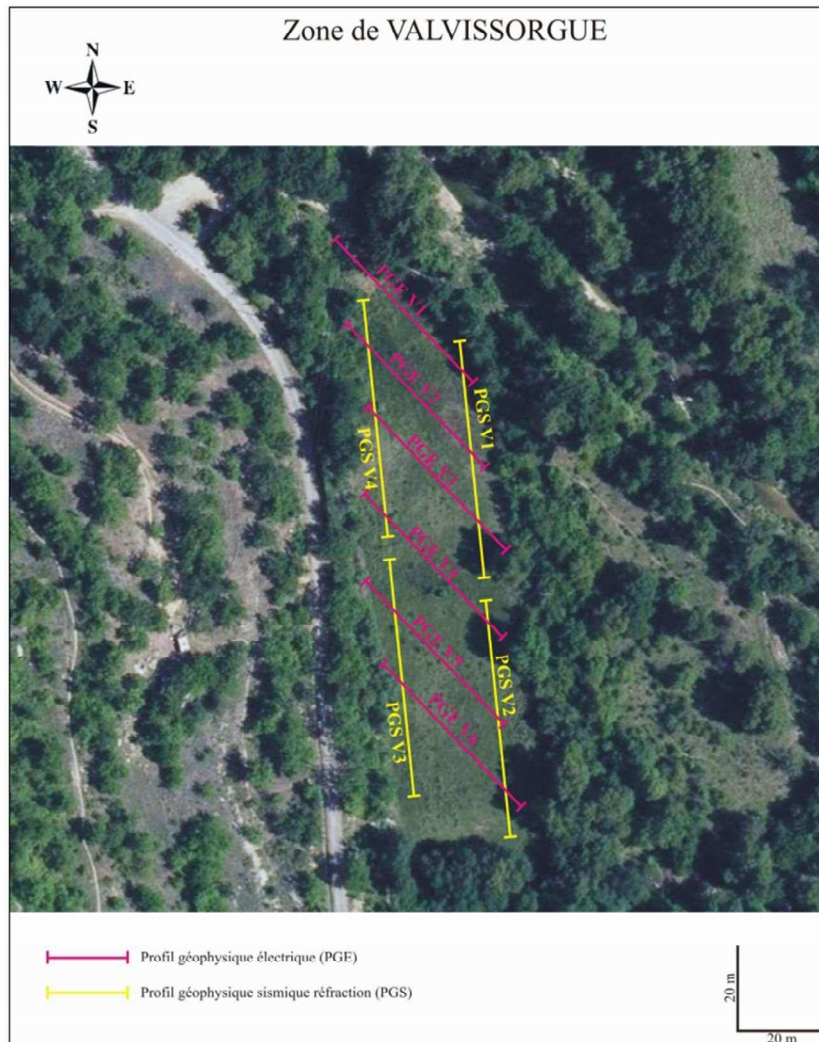


### 5.3.2. ZONE DE VALVISSORGUE

Sur le site de Valvissorgue, il a été réalisé au moment de l'intervention :

- 4 sondages sismiques de 55 m, notés PGS V1, PGS V2, PGS V3 et PGS V4, établis avec un espacement de 5 m entre chaque géophone ;
- 6 panneaux électriques de 46 m, notés PGE cV1, PGE V2, PGE V3, PGE V4, PGE V5 et PGE V6, établis avec un espacement de 2 m entre chaque électrode.

**Figure 16** : Plan d'implantation des sondages sismiques et des panneaux électriques sur le site de Valvissorgue



## 5.4. RESULTATS DE LA PROSPECTION GEOPHYSIQUE

### 5.4.1. REMARQUES PRELIMINAIRES

L'analyse des mesures réalisées ici n'a fait l'objet d'aucune correction topographique. Ainsi, les sondages et les profils géologique interprétatifs sont représentés en surface plane, sans prendre en compte la réalité de la dénivelée constatée sur le terrain, ni la pente générale des parcelles investiguées.

Il est donc utile de rappeler à ce stade que le terrain naturel présente pour chaque site d'intervention une pente générale faible à regard sud-est, avec une topographie relevée en pied de versant par rapport au centre de la vallée et une dénivelée totale comprise entre 1,50 et 2,00 m environ.

Ainsi, il est important de garder en tête ces éléments pour la bonne interprétation des profils et de prévoir d'ores et déjà l'éventualité d'une surépaisseur de matériaux de couverture en bordure ouest de chaque parcelle d'intervention du fait de la présence d'épandages de colluvions en pied de versant.

Les sondages sismiques ont été réalisés dans le sens de la vallée de manière à suivre le caractère tabulaire attendu des dépôts présents sur la zone, alors que les panneaux électriques ont été mis en œuvre le plus transversalement possible afin de pouvoir établir une coupe interprétative du sous-sol en matière de résistivité électrique.

Pour chaque sondage sismique, un modèle structural a été établi qui propose une première interprétation de la répartition des horizons géologiques du sous-sol.

### 5.4.2. DONNEES CONCERNANT LA ZONE DE LA FARE

#### 5.4.2.1. RESULTAT DES SONDAGES SISMIQUE REFRACTION

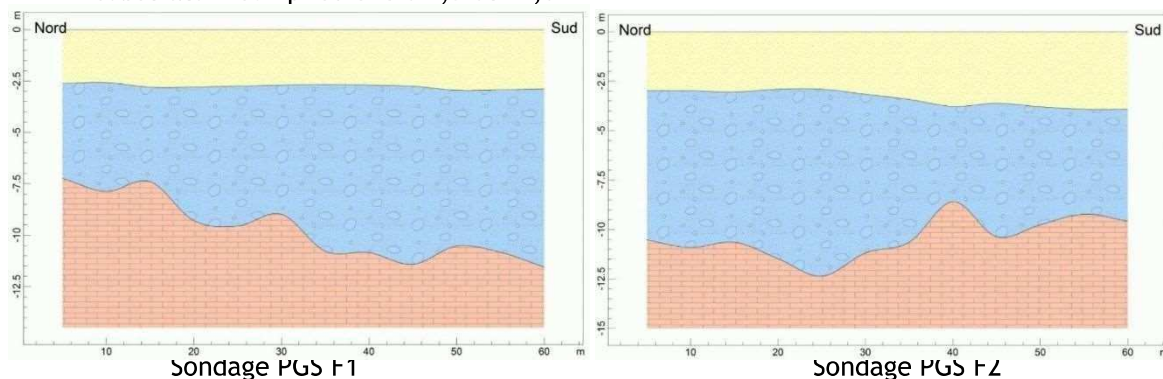
Huit sondages sismiques ont été réalisés sur la zone, disposés selon trois rangées parallèles alignées nord-sud, parallèlement à l'axe de la vallée du Largue.

Pour chaque sondage, trois horizons successifs de compacité croissante ont été mis en évidence, qui correspondent certainement à :

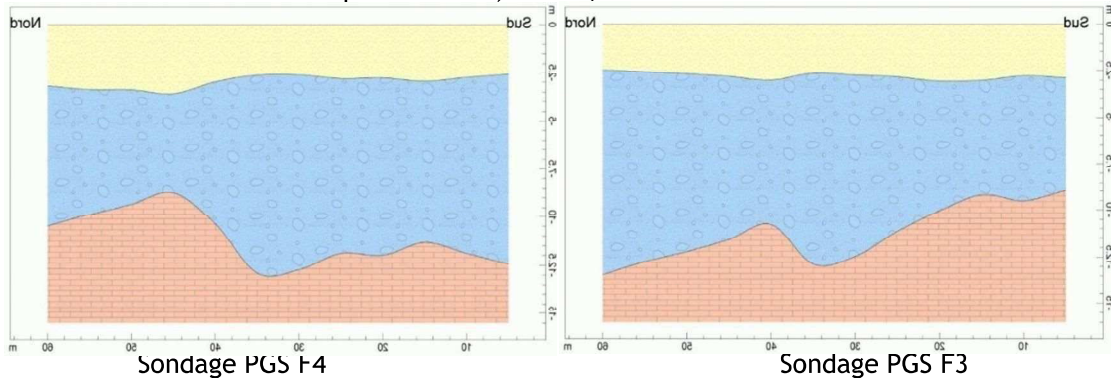
- Un horizon de surface vraisemblablement sec et à texture limono-graveleuse de compacité moyenne, avec une vitesse sismique comprise entre 390,5 m/s et 697,8 m/s ;
- Un horizon intermédiaire potentiellement en eau et à texture graveleuse de compacité relativement forte, avec une vitesse sismique comprise entre 1378,3 m/s et 2156,9 m/s ;
- Un horizon profond pouvant représenter le substratum rocheux en place, de forte compacité, avec une vitesse sismique comprise entre 3143,5 m/s et 5987,3 m/s.

Mis bout à bout, les différents modèles structuraux proposés au terme de la prospection présentent une bonne corrélation entre eux, avec d'une manière générale, une estimation de la profondeur du toit du substratum rocheux cohérente et assez conforme aux résultats des travaux de forage réalisés en 1990 et en 2007. Plus précisément, l'analyse des résultats amène les remarques suivantes :

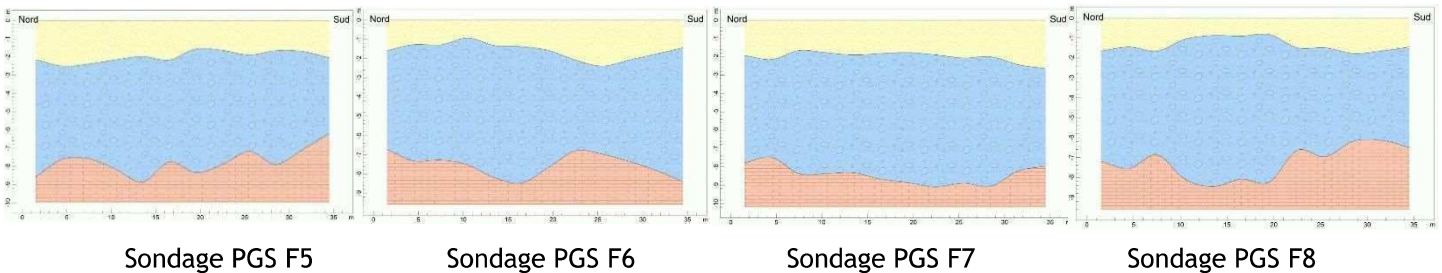
- Pour le sondages PGS F1 et PGS F2, réalisés proche du versant, une profondeur du toit du substratum comprise entre 7,5 et 12,0 m



- Pour les sondages PGS F3 et PGS F4, en partie centrale de la zone d'étude, une profondeur du toit du substratum comprise entre 9,0 et 13,5 m



- Pour les sondages PGS F5 à PGS F8, proches du lit vif du Largue, une profondeur du toit du substratum comprise entre 6,5 et 9,0 m



Sondage PGS F5

Sondage PGS F6

Sondage PGS F7

Sondage PGS F8

#### Remarques et conclusions :

La profondeur du toit du substratum rocheux apparaît relativement constante au droit des sondages PGS F5 à PGS F8. Comprise entre -6,5 et -9,0 m/TN, ces valeurs sont cohérentes avec les résultats des travaux de forage réalisés plus en amont au nord dans l'alignement de sondages (Cf. forage de captage et piézomètre de 2007 - paragraphes 3.3 et 3.4), avec environ -7,0 m/TN.

Pour les sondages PGS F1 et PGS F2, la profondeur du toit du substratum présente la même cohérence, avec ici des valeurs comprises entre -7,5 et -12,0 m/TN, sans tenir compte de la dénivelée avec le reste de la plaine du Largue (+/- 1,50 m).

En revanche, Il semble qu'il existe un surcreusement alluvial en partie centrale de la zone d'étude, plus précisément à la jonction entre les sondages PGS F3 et PGS F4, et en effet en ce point la profondeur du toit du substratum a été estimée vers -13,50 m/TN.

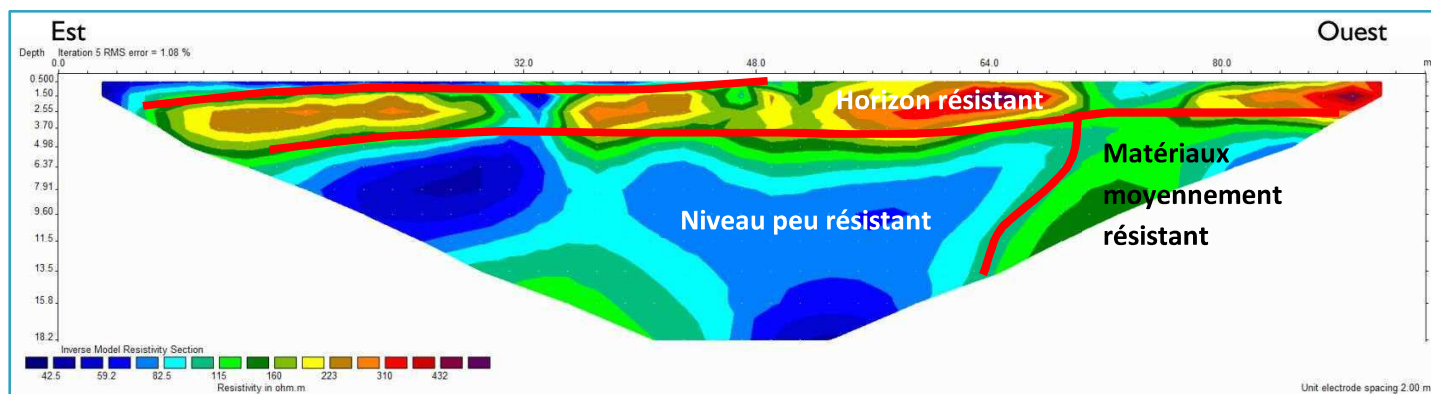
#### 5.4.2.2. RESULTATS DES PANNEAUX ELECTRIQUES

Pour l'ensemble des panneaux électriques qui ont été réalisés, la résistivité apparente des matériaux recoupés en profondeur est comprise entre 20 et 500  $\Omega.m$ , et l'analyse des résultats de la prospection géo-électrique amène les remarques suivantes :

- Concernant les panneaux PGE F1 à PGE F6 :
  - o Longs de 100 m environ chacun, ils ont atteint une profondeur près de 20 m au regard des résultats d'analyse ;
  - o D'après le panneau PGE F1, en partie est, en surface, il existe un horizon de faible résistivité représenté en bleu sur le profil, avec  $20 \Omega.m < \rho < 80 \Omega.m$ , dont l'épaisseur peut atteindre localement 4 à 5 m ;
  - o Pour la majeure partie des panneaux, il existe sur presque toute leur longueur en surface un horizon de forte résistivité représenté en jaune, orange, rouge et violet, avec  $130 \Omega.m < \rho < 500 \Omega.m$ , dont l'épaisseur moyenne est comprise entre 3 et 5 m ;

- D'après tous les panneaux, à l'exception de PGE F6, sur le tiers ouest du profile, en profondeur, il existe des horizons moyennement résistants représentés en vert, avec  $80 \Omega.m < \rho < 130 \Omega.m$  ;
- Pour ces mêmes panneaux, sur les 2/3 est, en profondeur, ce sont des horizons très peu résistants qui sont observés. Ils sont représentés en bleu sur les profils, avec  $20 \Omega.m < \rho < 80 \Omega.m$ . Notons ici que le panneau PGE F6 est quant à lui entièrement bleu à partir de 5 m de profondeur.
- Concernant les panneaux PGE F7 et PGE F8, les profils réalisés sont plus courts et ne mesurent que 44 m environ, ne permettant une reconnaissance des formations du sous-sol que jusque vers 9 m de profondeur. L'analyse des résultats de la prospection amène cette fois-ci les remarques suivantes :
  - Il existe pour ces deux panneaux un horizon représenté en bleu relativement peu épais en surface, avec  $1,50 m < e < 2,00 m$  ;
  - Sous cet horizon, se trouve une couche plus résistante représentée en jaune, orange, rouge et violet, épaisse de 4 m environ ;
  - Enfin, en profondeur, se trouve un niveau représenté en bleu, peu résistant.

**Figure 17** : Exemple de panneau électrique réalisé sur la zone de La Fare - PGE F4



### Remarques et conclusions :

L'analyse des résultats de la prospection par panneaux électriques permettent de conclure ainsi :

- Il existe sur la zone de façon relativement uniforme un horizon superficiel résistant épais de 3 à 5 m qui représente vraisemblablement une couche d'alluvions dénoyées et sèches ;
- Ces dépôts sont localement recouverts par une couche assez peu développée de matériaux peu résistants qui consistent certainement à proximité du Largue en des épandages à dominante de limons argileux ;
- En partie ouest de la zone, à proximité du versant, les formations moyennement résistantes mises en évidence représentent assurément les formations calcaires du substratum en place (« Calcaires de Reillanne ») qui affleurent plus en amont dans le versant dans les talus de la route d'accès notamment ;
- Enfin en profondeur, sous les alluvions sèches de couverture, le niveau peu résistant qui a été reconnu, concernent manifestement les alluvions du Largue au sein desquels circule la nappe d'accompagnement du cours d'eau. Au-delà de 10 à 12 m de profondeur, il peut s'agir également des horizons marneux du substratum sous-jacent, sans qu'il soit possible ici, au regard des données acquises, d'apprécier la limite entre les alluvions et le rocher en place.

## 5.4.3. DONNEES CONCERNANT LA ZONE DE VALVISSORGUE

### 5.4.3.1. REMARQUES PRELIMINAIRES

Comme pour la zone de La Fare, l'analyse des mesures réalisées au cours de la prospection géophysique n'a fait l'objet d'aucune correction topographique.

De la même manière, les sondages sismiques ont été réalisés dans le sens de la vallée et les panneaux électriques ont été mis en œuvre le plus transversalement possible de manière à pouvoir établir une coupe géologique interprétative du sous-sol.

### 5.4.3.2. RESULTAT DES SONDAGES SISMIQUE REFRACTION

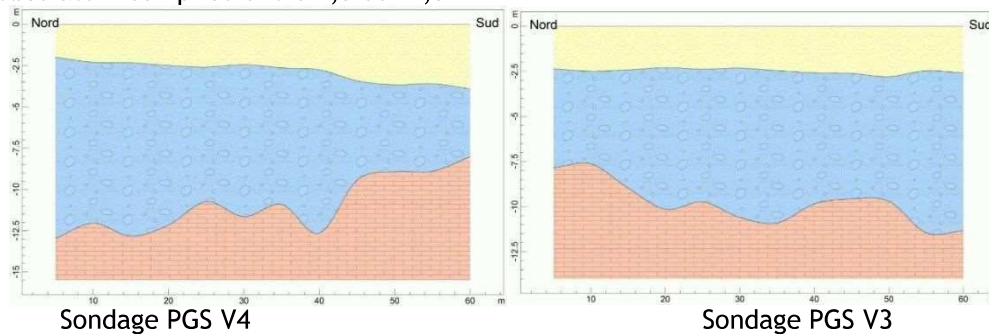
Quatre sondages sismiques ont été réalisés, alignées le long de deux rangées parallèles orientées nord-sud.

Trois horizons géologiques successifs de compacité croissante ont cette fois aussi été mis en évidence au droit de chaque sondage. Comme pour la zone de La Fare ces horizons correspondent à :

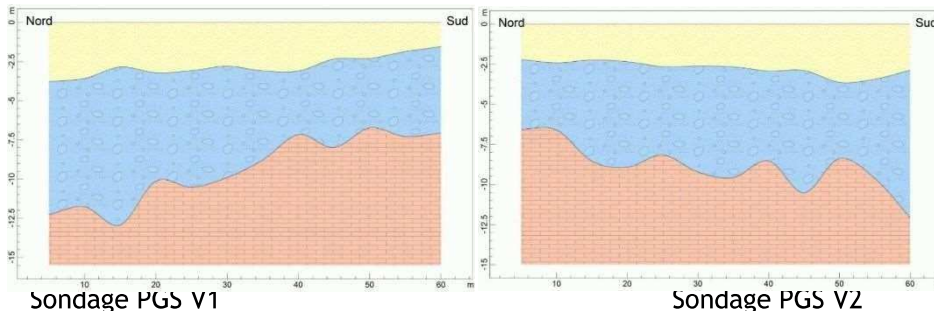
- Un horizon de surface vraisemblablement sec et à texture limono-graveleuse de compacité moyenne, avec une vitesse sismique comprise entre 285,9 m/s et 680,6 m/s ;
- Un horizon intermédiaire potentiellement en eau et à texture graveleuse de compacité relativement forte, avec une vitesse sismique comprise entre 1407,5 m/s et 1973,5 m/s ;
- Un horizon profond pouvant représenter le substratum rocheux en place, de forte compacité, avec une vitesse sismique comprise entre 2927,6 m/s et 3738,3 m/s.

Mis bout à bout les différents modèles structuraux présentent ici aussi une bonne corrélation, avec une estimation de la profondeur du toit du substratum rocheux en place cohérente au regard des éléments d'étude acquis plus en amont dans la plaine du Largue, au niveau de La Fare. L'analyse des résultats obtenus amène les remarques suivantes :

- Pour les sondages PGS V4 et PGS V3, réalisés proche du versant, une profondeur du toit du substratum comprise entre 7,5 et 12,5 m



- Pour les sondages PGS V1 et PGS V2, réalisés en direction du Largue, une profondeur du toit du substratum comprise entre 6,5 et 12,5 m



**Remarques et conclusions :**

Sur la zone, la profondeur du toit du substratum rocheux varie du nord vers le sud, passant de -12,5 m/TN au nord, à 7,0 m/TN en partie centrale, puis à nouveau à -12,5 m/TN au sud.

Ce constat, valable pour les deux rangées de sondages sismiques, met en évidence ici la présence en profondeur d'un croupe rocheuse masquée en ce point par la couverture alluvionnaire et les colluvions de pied de versant.

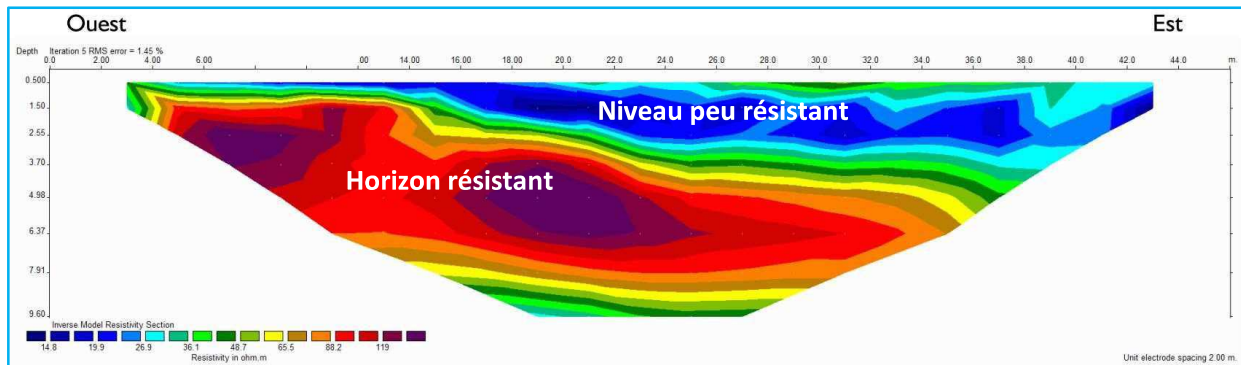
**5.4.3.3. RESULTATS DES PANNEAUX ELECTRIQUES**

Notés PGE V1 à PGE V5, les cinq panneaux électriques qui ont été réalisés sur la zone sont restés assez courts, n'ayant pu dépasser 44 m en raison de la superficie relativement limitée de la parcelle investiguée. Aussi, la profondeur investiguée n'a pu dépasser 9 à 10 m au mieux.

Néanmoins, les résultats obtenus à l'issue de la prospection mettent assez clairement en évidence sur chaque panneau réalisé, l'existence de matériaux fortement résistants en partie ouest de la parcelle. Représentés en jaune, orange, rouge et violet sur le profil, avec  $60 \Omega.m < \rho < 130 \Omega.m$ , ils témoignent de la présence à faible profondeur des formations rocheuses du versant.

D'une manière générale, ces matériaux sont recouverts par l'est de dépôts de plus faible résistivité, représentés en bleu, avec  $10 \Omega.m < \rho < 30 \Omega.m$ , qui consistent certainement en des colluvions et des alluvions potentiellement aquifères, dont l'épaisseur moyenne ne semble pas dépasser 5 à 6 m sur le secteur.

**Figure 18 :** Exemple de panneau électrique réalisé sur la zone de Valvissorgue - PGE V4



**Remarques et conclusions :**

Les résultats de la campagne géophysique électrique confirment ici les éléments déduits de l'analyse des sondage sismiques avec la présence à faible profondeur du substratum rocheux compact qui occupe en grande partie la bordure ouest de la zone d'intervention.

Les formations de couverture qui consistent vraisemblablement en des colluvions et en des alluvions potentiellement aquifères ne concernent quant à elles que la moitié est du secteur, et leur épaisseur reste limitée à quelques mètres au plus.

## 6. FAISABILITE D'UN FORAGE DE RECONNAISSANCE ET D'ESSAI

### 6.1. ELEMENTS DE FAISABILITE

Au regard des résultats de la campagne géophysique réalisée pour les besoins de l'étude, il apparaît que le secteur de Valvissorgue présente un assez faible intérêt en terme de cible de captage.

La faible épaisseur estimée des formations de couverture et la proximité du toit du substratum rocheux de moindre perméabilité constituent des contraintes importantes, avec un risque évident de réaliser un captage insuffisamment productif, voir même négatif, ou plus certainement rapidement sensible à la proximité d'une limite étanche.

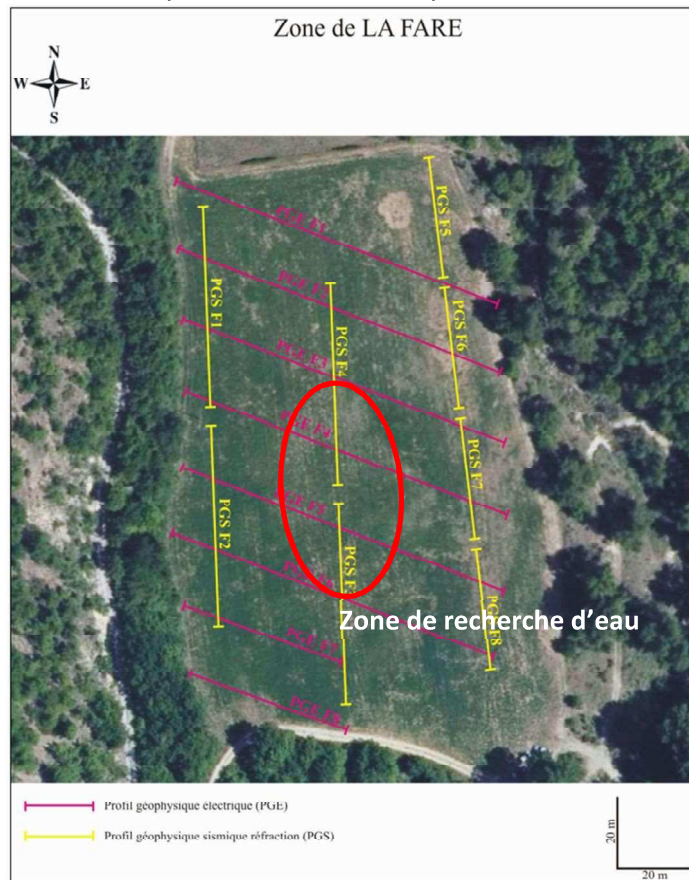
Néanmoins, les données acquises ne permettent pas d'exclure définitivement la zone de Valvissorgue, car si potentiel aquifère il y a, ce dernier serait à rechercher plus en partie centrale de la vallée sur l'emprise du territoire de la commune voisine de SAINT MICHEL L'OBSERVATOIRE.

Cependant, la proximité d'une exploitation agricole, même au label « bio », et l'existence d'un forage qui capte la nappe du Largue plus en amont constituent d'ores et déjà des contraintes importantes qu'il sera nécessaire de prendre en compte pour définir la faisabilité d'un éventuel projet de captage

Concernant la zone de La Fare, les résultats des sondages sismiques et des panneaux électriques ont rapidement conforté les hypothèses jusqu'alors retenues concernant la morphologie de la vallée, la profondeur du toit du substratum rocheux et la présence attendue d'un paléo-surcreusement (paléo-lit du Largue) qui semble constituer ici une cible d'intérêt pour la recherche d'eau par forage.

Cette sur-profondeur apparaît limitée a priori à -13 m/TN (-15 m/TN donnés par les résultats de l'étude de 1989 réalisée par le cabinet Rostan). Localisée en partie centrale du secteur prospecté, entre les sondages sismiques PGS F3 et PGS F4, elle constitue à l'échelle de l'étude une cible de recherche d'eau d'intérêt certain.

**Figure 19** : Plan d'implantation de la cible potentielle de recherche d'eau





## 6.2. SUITE A DONNER A LA MISSION

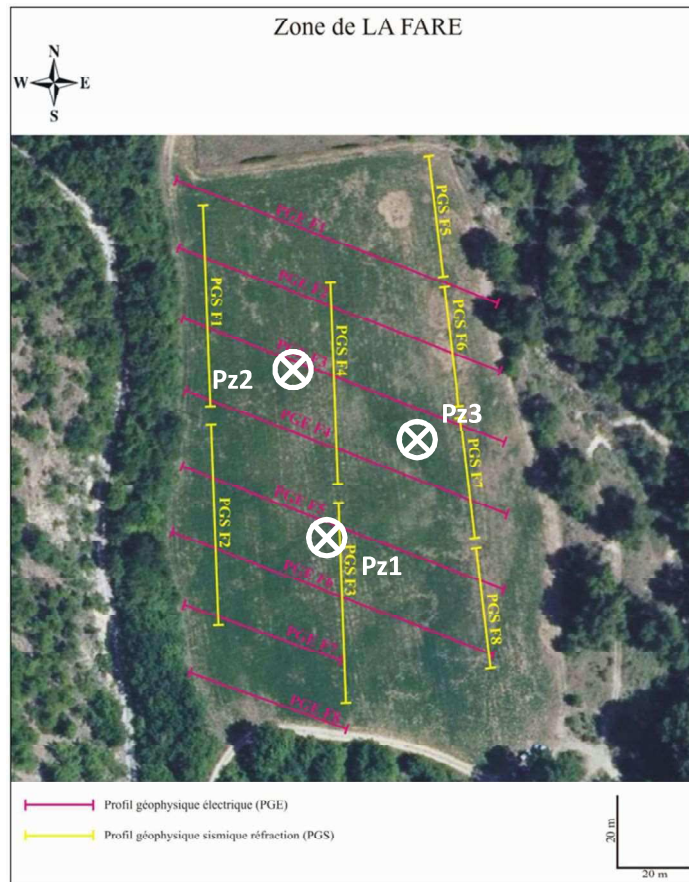
En tranche optionnelle de la mission, il était prévu de réaliser sur le secteur retenu pour la recherche d'eau, trois piézomètres et un forage de reconnaissance et d'essai.

Ces travaux de forage vont servir à vérifier la réalité des formations géologiques du sous-sol avec leur répartition en profondeur.

Judicieusement implantés sur le terrain, les piézomètres vont permettre dans un premier temps de compléter les données géophysiques et de valider si possible les hypothèses retenues aujourd'hui quant à l'existence espérée d'un surcreusement alluvionnaire.

Ce n'est qu'au terme de la réalisation de ces ouvrages que pourra être implanté le forage de reconnaissance et d'essai, qui permettra à son tour de caractériser la nappe du Largue et de définir les conditions d'exploitation de l'ouvrage une fois ce dernier transformé en forage définitif d'exploitation.

**Figure 20** : Hypothèse d'implantation des piézomètres sur la zone de La Fare



## 7. CONCLUSIONS

La présente mission d'étude entre dans le cadre d'une démarche de sécurisation du captage de la Fare qui est ici actuellement l'unique point d'alimentation en eau potable de la commune de REILLANNE.

Il ne s'agit en aucun cas de chercher à augmenter le volume annuel de prélèvement d'eau dans la nappe, le secteur étant classé en zone de répartition des eaux (ZRE), mais plus justement d'améliorer et de sécuriser les conditions d'exploitation de la ressource aquifère sur la zone.

Plusieurs études et avis hydrogéologiques ont été réalisées sur le secteur de La Fare qui ont permis de caractériser d'un point de vue géologique et hydrogéologique la zone d'intervention.

Les données récentes issues de la dernière campagne de prospection géophysique ont à leur tour permis de vérifier certaines hypothèses quant à la réalité de la répartition des différents horizons géologiques sur la zone intervention qui à la demande de la commune de REILLANNE a été élargie jusqu'au secteur de Valvissorgue plus en aval.

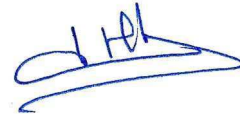
Ainsi a-t-il été démontré le faible intérêt que représente en l'état actuel des possibilités d'intervention, le secteur de Valvissorgue et la vulnérabilité a priori importante de la ressource en eau souterraine du site du fait notamment des conditions d'occupation des terrains situés en amont hydraulique immédiat (présence d'une exploitation agricole et d'un forage de captage des eaux de la nappe du Large).

En revanche, les résultats de la prospection géophysique ont assez clairement souligné le bon potentiel de la zone de La Fare, qui, de plus, semble présenter un surcreusement alluvionnaire en partie centrale de la zone d'intervention. En l'état, ce dernier peut être considéré à l'échelle de la zone d'étude comme une véritable cible d'implantation d'un forage de reconnaissance et de recherche d'eau.

*L'Hydrogéologue / co-gérant*

**Yves BERTHALON**

**GEOSYNERGIE**



### Documents annexés :

- Compte rendu d'intervention du Cabinet RISSER pour la réalisation d'une campagne de prospection géophysique.



**CABINET RISSER**  
**Géologie – Géotechnique**  
**Hydrologie**  
954 Rte de St Laurent  
06610 LA GAUDE

**Prospection géophysique :  
Profils électriques et sismiques réfraction**

**Commune de REILLANNE**

**Lieu-dit « LA FARE » et « VALVISSORGUES »  
REILLANNE (04)**

Référence : 20170903

**06 septembre 2017**

*Cabinet Risser : votre partenaire prévention*

*Cartes de risques naturels  
Etudes de glissements de terrain  
Missions géotechniques  
Hydrologie, Assainissement  
Conseil en aménagement  
[www.cabinet-risser.fr](http://www.cabinet-risser.fr)*

*Siège Social : 954 Rte de St Laurent  
06610 LA GAUDE  
Tel : 04 93 87 33 30  
Fax : 04 93 87 20 26  
No SIRET : 487 801 888 00024  
[contact@cabinet-risser.fr](mailto:contact@cabinet-risser.fr)*

# Prospection géophysique : Profils électriques et sismiques réfraction

## Sommaire

<b>I Préambule</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Sites d'étude</b> .....	<b>3</b>
<b>3 investigations in- situ</b> .....	<b>6</b>
3.1 Principe.....	6
3.2 Localisation des reconnaissances.....	7
3.3 Résultats .....	10
3.3.1 Profils sismiques .....	10
3.3.1.1 Site de LA FARE .....	10
3.3.1.2 Site de VALVISSORGUES.....	18
3.3.2 Panneaux électriques.....	21
3.3.2.1 Site de LA FARE .....	22
3.3.1.2 Site de VALVISSORGUES.....	26

## Documents fournis

- Localisation des sites d'étude sur fond de carte IGN au 1/17055 ;
- Vue aérienne des sites d'étude au 1/2132 avec hypothèse d'implantation des reconnaissances.

## Annexe

- Enregistrements des temps d'arrivée des ondes sur l'ensemble des tirs procédés lors de la prospection sismique.

## I Préambule

Le **Cabinet RISSER** a été missionné par la commune de **REILLANNE (04)** pour la réalisation d'une prospection géophysique électrique et sismique dans le cadre de l'étude de faisabilité d'un nouveau forage de captage d'eau au sein de la **vallée du Largue**.

Il est à noter qu'aucun plan topographique ne nous a été fourni.

## 2 Sites d'étude

**GEOSYNERGIE**, société pluridisciplinaire et bureau d'études spécialisé en géologie, hydrogéologie et géothermie, dirigeant cette étude de faisabilité, a défini **deux secteurs** pour sa conduite (Cf. Figure 1) :

- La plaine située immédiatement en aval, au sud de la zone de captage de **LA FARE**, entre le forage actuellement en exploitation et la confluence avec le ravin de Régiraud (Cf. Figure 2) ;
- Une zone étroite occupée actuellement par une exploitation maraîchère située plus en aval à la confluence du ravin de **VALVISSORGUES** (Cf. Figure 3).

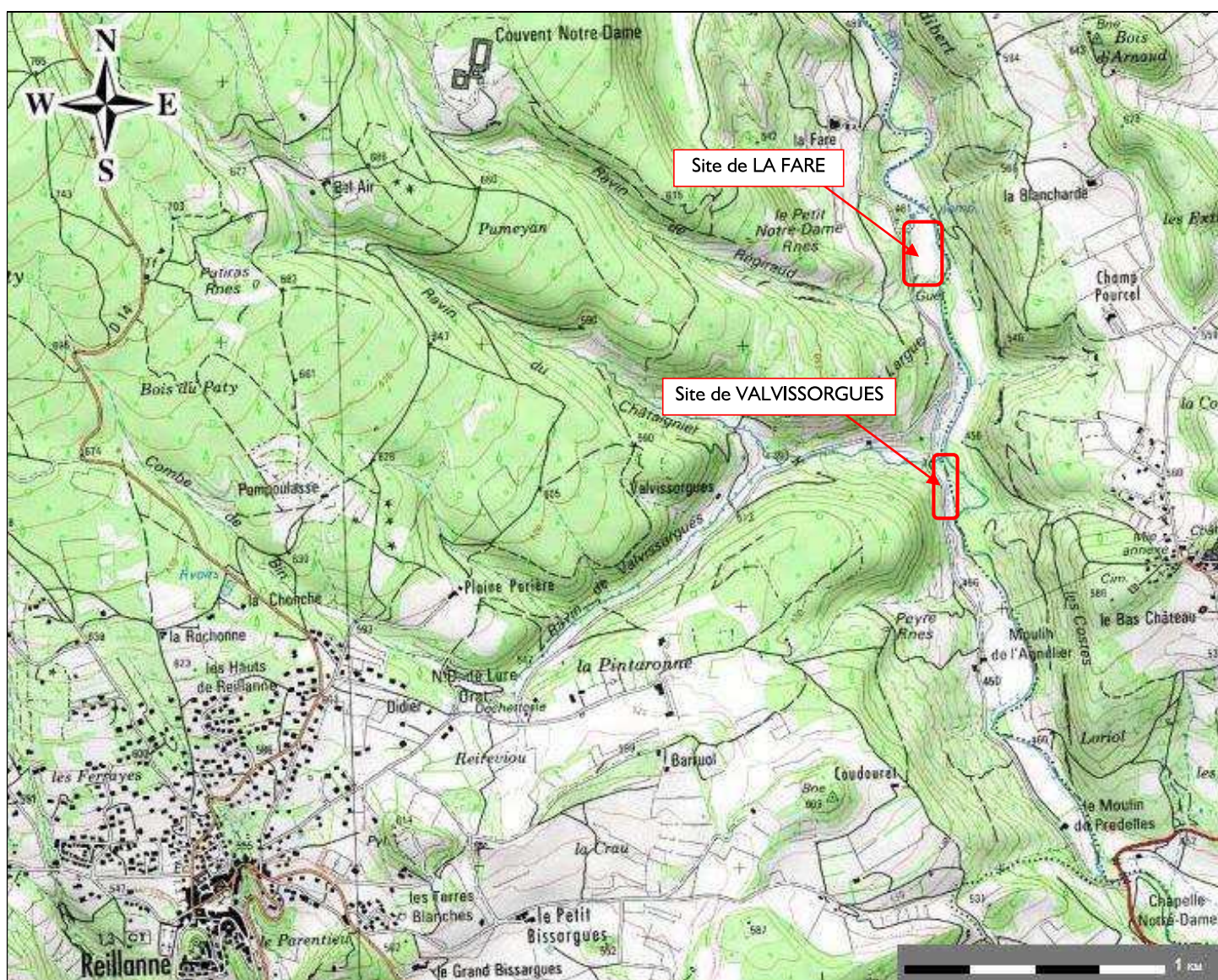
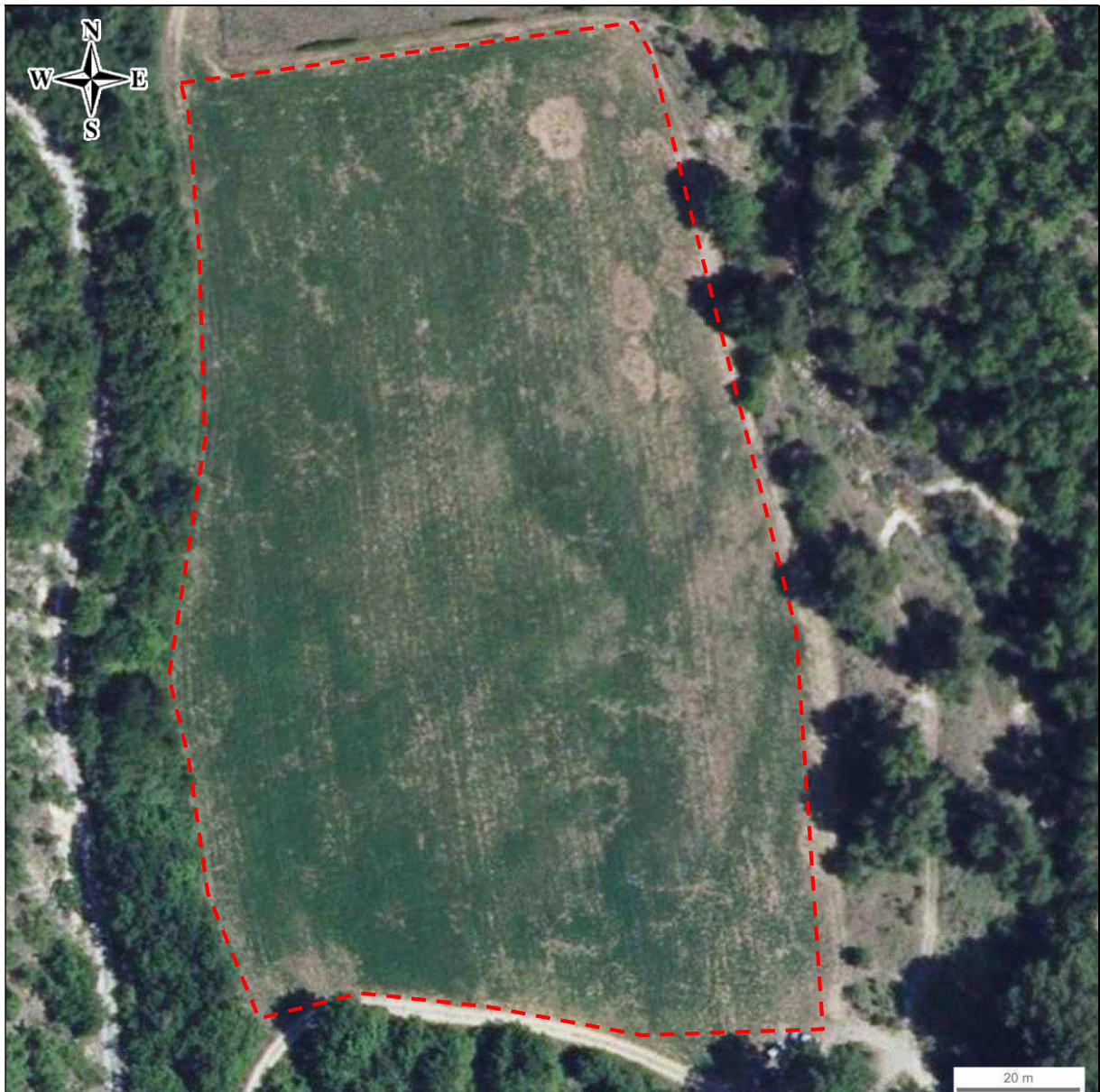
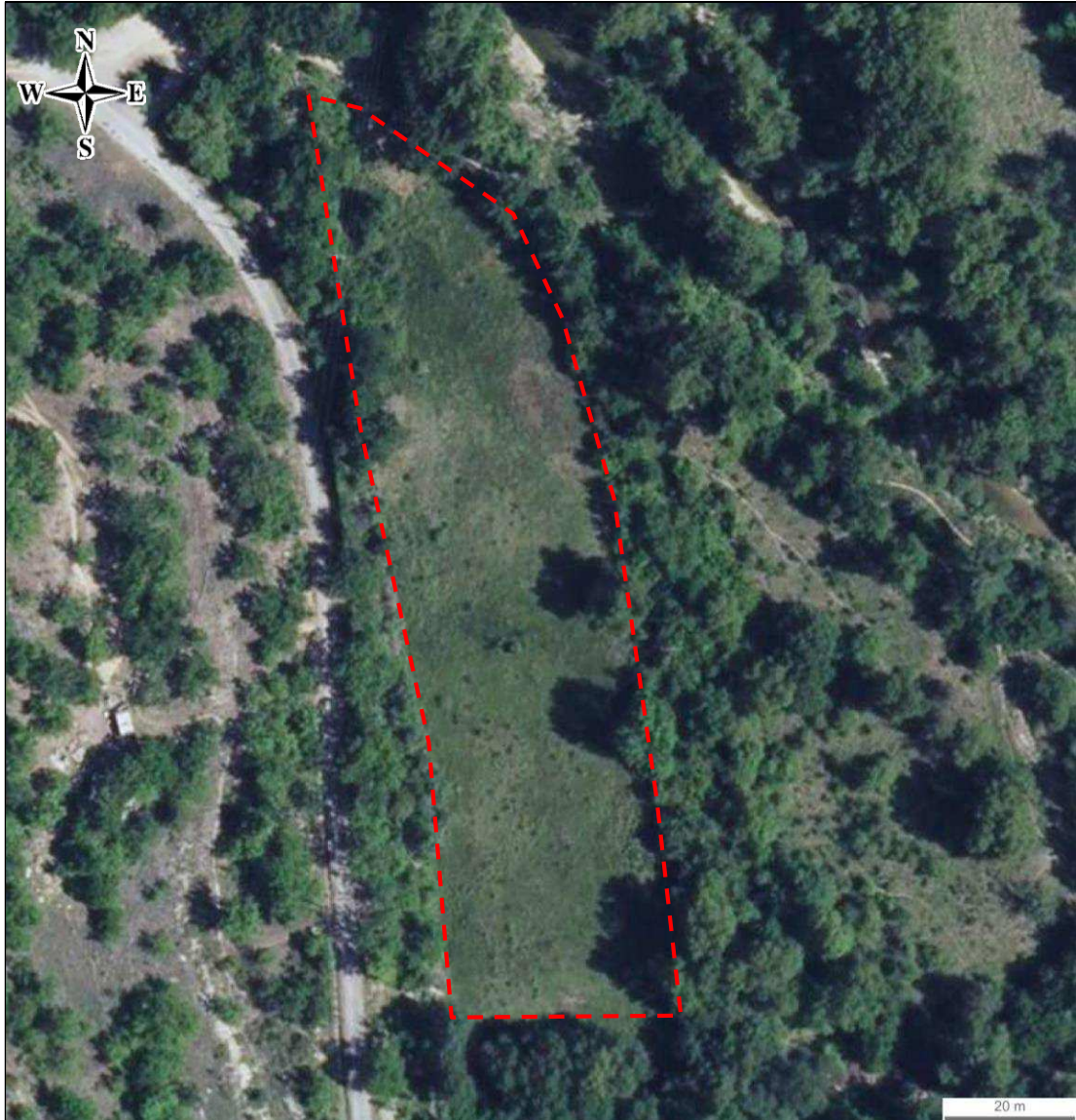


Figure 1. Localisation des deux sites d'étude sur extrait de carte IGN.



**Figure 2. Vue aérienne (source Google Earth) et prise de vue panoramique (vers le sud-ouest), du site de LA FARE.**



**Figure 3. Vue aérienne (source Google Earth) et prise de vue panoramique (vers le sud-est) du site de VALVISSORGUES.**

### 3 investigations in- situ

Conformément à la demande du bureau d'études GEOSYNERGIE, il a été réalisé sur les deux sites ciblés, une prospection géophysique selon deux méthodes complémentaires, c'est-à-dire par sismique réfraction et panneaux électriques avec une géométrie Wenner-Schumberger.

#### 3.1 Principe

##### 3.1.1 Prospection sismique réfraction

Une onde se définit comme une perturbation du milieu se propageant dans toutes les directions de l'espace. Ici nous étudions les ondes sismiques, il en existe trois types :

- Les ondes Primaires ou encore appelées *ondes P*, qui oscillent parallèlement à la direction de propagation et se propagent aussi bien dans les solides que dans les liquides ;
- Les ondes Secondaires ou encore appelées *ondes S*, qui oscillent perpendiculairement à la direction de propagation et ne se propagent que dans les solides ;
- Les ondes de surface, de Love et de Rayleigh, dont l'amplitude diminue avec la profondeur : les ondes de Love entraînant un mouvement dans le plan vertical perpendiculaire à la propagation de l'onde, et les ondes de Rayleigh entraînant un mouvement dans le plan vertical parallèle à la direction de propagation.

Les trajectoires des ondes sont représentées par des fronts d'ondes ou des rais sismiques (direction de propagation des fronts d'onde). Il existe trois types de rais : directs, réfléchis et réfractés. La prospection sismique dite « sismique réfraction » est basée sur l'étude de la vitesse de propagation des ondes de compression, P (qui ont la particularité d'être les ondes les plus rapides et donc arrivant toujours en premier sur les capteurs et de fait aisément reconnaissables) à travers différents milieux.

Les ondes directes se propagent avec une vitesse  $V_1$ , correspondant à la première couche. A partir d'un angle critique, les ondes sont réfractées, celles-ci sont plus rapides car dans la couche 1, elles possèdent une vitesse  $V_1$  alors que le long du dioptré (interface), elles possèdent une vitesse  $V_2$ , vitesse de la couche inférieure qui est supérieure à  $V_1$ . On supposera que les vitesses croissent toujours avec la profondeur.

Notre expérience consiste à enregistrer à l'aide d'un sismographe de marque PASI modèle 16S-U équipé d'une flûte reliant une série de 12 géophones régulièrement espacés, les ondes engendrées par le choc d'une masse sur une plaque de métal (la source), au contact du sol. Des géophones, placés à intervalles réguliers, nous renvoient les signaux reçus par l'intermédiaire d'un câble jusqu'au sismographe, qui nous donne les informations nécessaires à cette étude.

La réalisation d'un tir normal (sens direct), d'un tir inverse (pour lequel la source du signal est disposée à l'opposé de celle du tir normal) et d'un tir intermédiaire (pour lequel la source du signal est disposée au sein du profil) permet la mise en évidence du pendage de cette interface (pendage apparent dans le sens du profil).

Ces procédures aboutissent à l'établissement de courbes, donnant le temps d'arrivée minimal  $T$  en fonction de la distance à la source,  $X$  :  $T=F(X)$ . Cette fonction est appelée hodochrone ou dromochronique. L'exploitation de ces courbes nous donne la répartition verticale des vitesses permettant une interprétation en termes d'agencement géologique.



### 3.1.2 Prospection électrique

Cette méthode permet la description et la localisation des discontinuités du sous-sol, à partir de la distribution des résistivités apparentes. Il s'agit de mesurer, à la verticale d'une série d'électrodes MN, la résistivité apparente pour différentes positions d'une électrode d'injection AB. Pour le panneau électrique, le dispositif ABMN est variable et se déplaçant le long d'une ligne droite de longueur variable selon le type de recherche, permet l'obtention d'une coupe géologique interprétative.

Le dispositif Wenner-Schumberger est sensible aux effets latéraux. La résolution au niveau des horizons de subsurface est moins bonne et celle des structures, plus globale que pour d'autres configurations de dispositif. Son intérêt majeur est la profondeur d'investigation atteinte grâce à un meilleur rapport signal/bruit.

L'acquisition des panneaux électriques a été réalisée à l'aide d'un Syscal-Pro d'Iris Instruments, connecté à une flûte de 24 électrodes espacées chacune de 2 m pour les panneaux de 46 m et à deux flûtes de 48 électrodes au total, chacune espacée de 2 m pour les panneaux de 94 m. L'énergie provenait d'une batterie externe.

Après filtrage des données de résistivité apparente (mesurées sur le terrain) sur la base de critère de qualité, de courant émis ou de potentiel mesuré, celles-ci sont ensuite traitées, inversées avec le logiciel Res2DInv (Loke & Barker 1996).

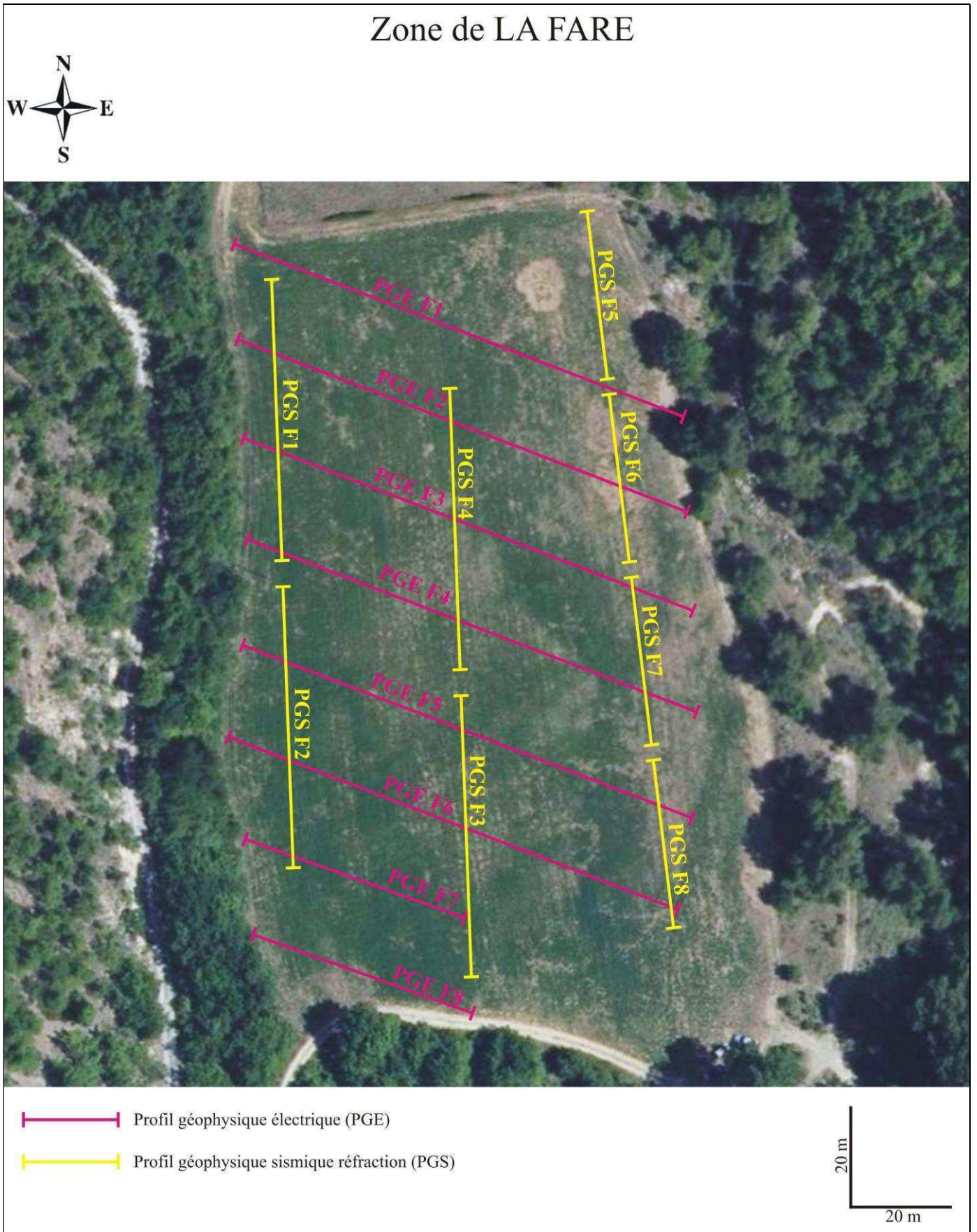
### 3.2 Localisation des reconnaissances

Entre le 27 et le 29 juin 2017, il a été réalisé au droit du site de LA FARE (Cf. Figure 4) :

- 4 profils sismiques de 55 m (PGS F1, PGS F2, PGS F3 et PGS F4) avec un espacement entre géophones de 5 m ;
- 4 profils sismiques de 33 m (PGS F5, PGS F6, PGS F7 et PGS F8) avec un espacement entre géophones de 3 m ;
- 6 panneaux électriques de 94 m (PGE F1, PGE F2, PGE F3, PGE F4, PGE F5 et PGE F6) avec un espacement entre électrodes de 2 m ;
- 2 panneaux électriques de 46 m (PGE F7 et PGE F8) avec un espacement entre électrodes de 2 m.

Toujours entre le 27 et le 29 juin 2017, il a été réalisé au droit du site de VALVISSORGUES (Cf. Figure 5) :



- 4 profils sismiques de 55 m (PGS V1, PGS V2, PGS V3 et PGS V4) avec un espacement entre géophones de 5 m ;
- 6 panneaux électriques de 46 m (PGE V1, PGE V2, PGE V3, PGE V4, PGE V5 et PGE V6) avec un espacement entre électrodes de 2 m.

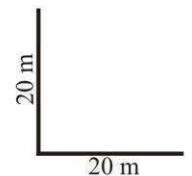


**Figure 4. Localisation approximative sur photographie aérienne, des profils sismiques et panneaux électriques procédés au droit du site de LA FARE.**

## Zone de VALVISSORGUE



-  Profil géophysique électrique (PGE)
-  Profil géophysique sismique réfraction (PGS)



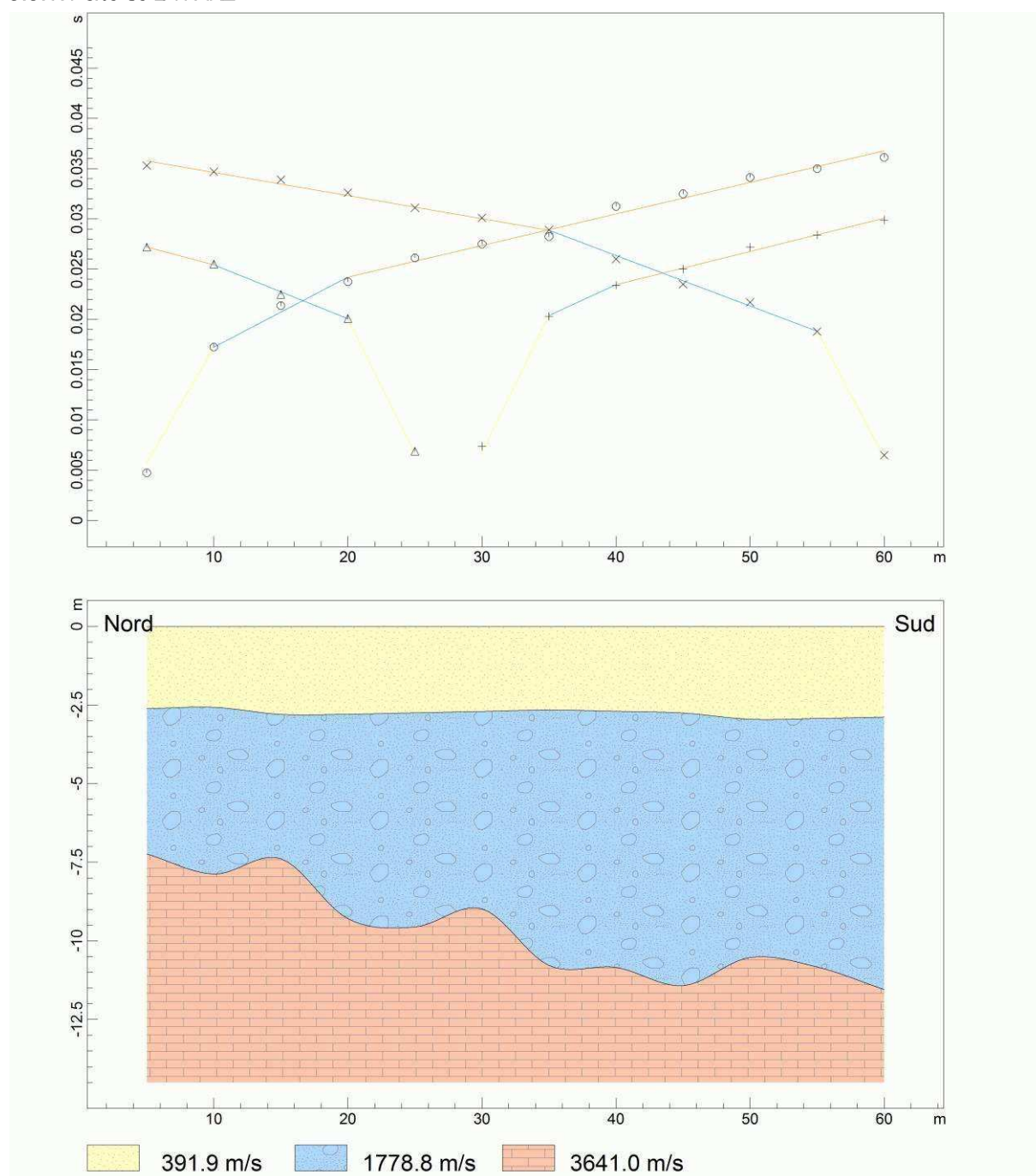
**Figure 5. Localisation approximative sur photographie aérienne, des profils sismiques et panneaux électriques procédés au droit du site de VALVISSORGUES.**

### 3.3 Résultats

#### 3.3.1 Profils sismiques

Pour chacun des profils sismiques, un tir normal, un tir intermédiaire et un tir inverse, ont été procédés. Les enregistrements effectués sont disponibles en annexe. Ils illustrent les temps d'arrivée des ondes pour chaque tir et sur chacun des géophones. Les graphiques qui suivent dans les paragraphes 3.3.1.1 (Cf. Figures 6 à 13) et 3.3.1.2 (Cf. Figures 14 à 17), présentent les hodochrones issues du traitement de ces enregistrements pour l'ensemble des profils (temps d'arrivée des ondes sur chaque géophone) et les modèles structuraux qui en découlent. L'analyse et interprétation de ces modèles seront réalisées par GEOSYNERGIE.

##### 3.3.1.1 Site de LA FARE



**Figure 6. Hodochrones et modèle structural du profil PGS FI.**

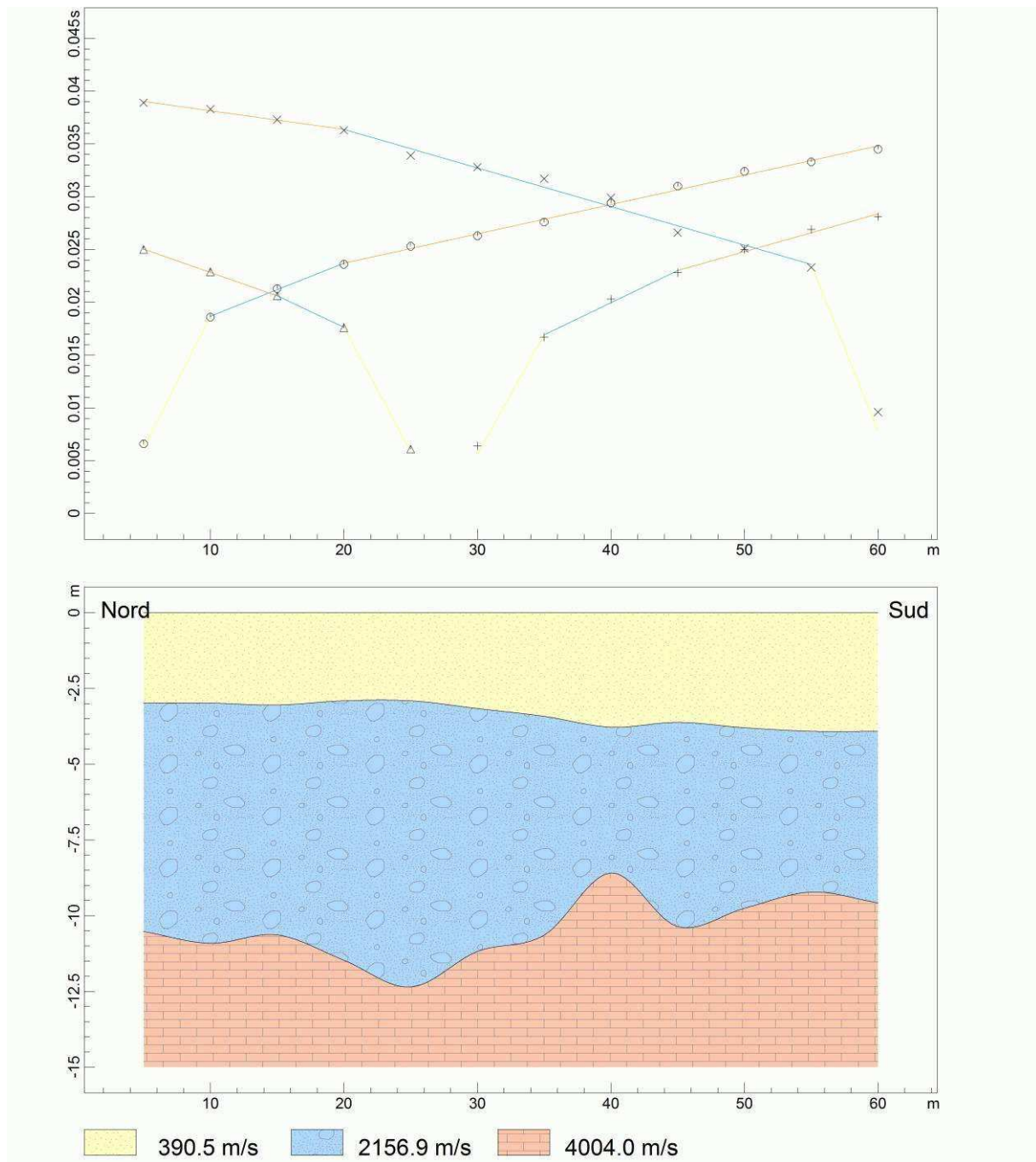


Figure 7. Hodochrones et modèle structural du profil PGS F2.

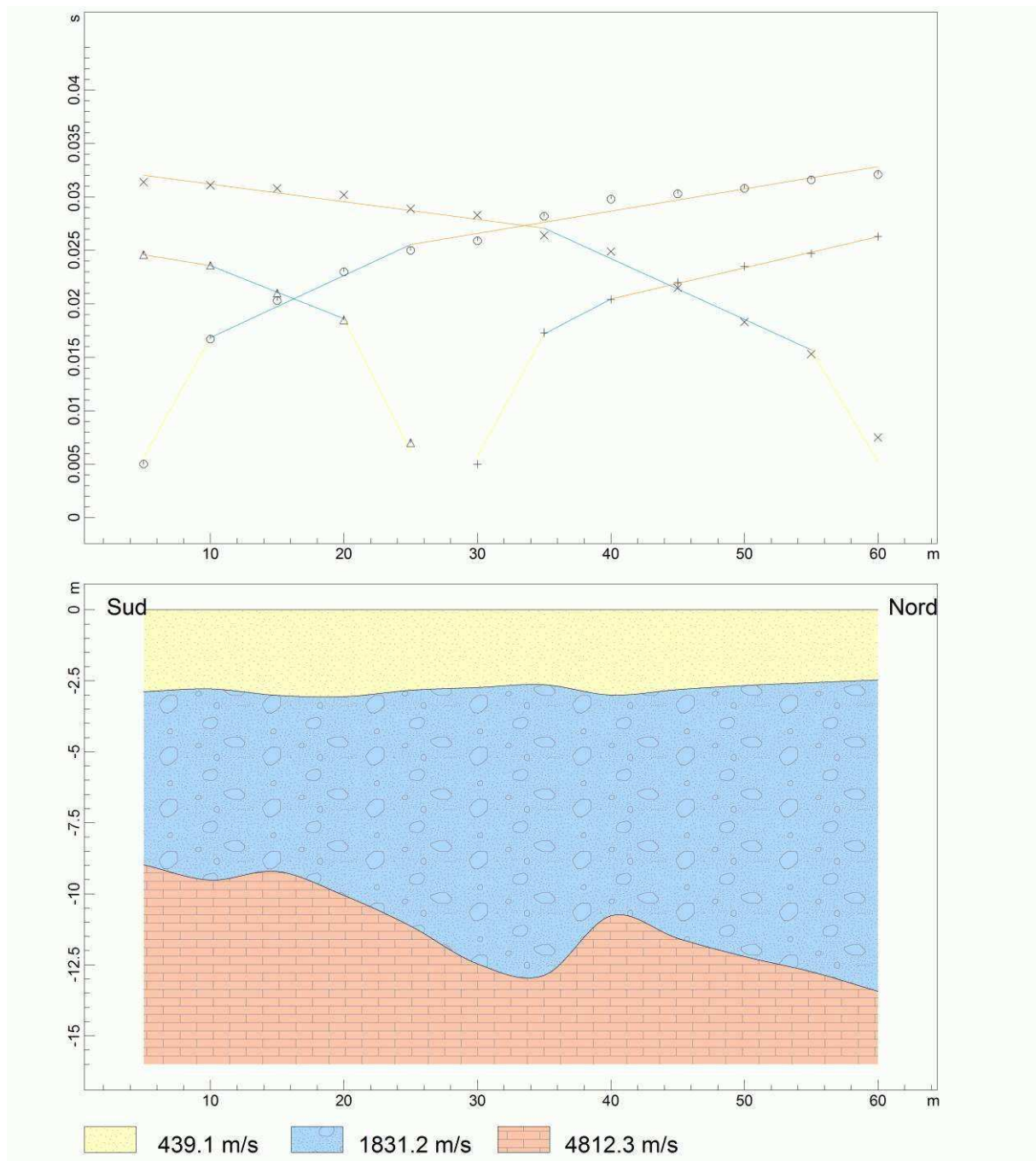


Figure 8. Hodochrones et modèle structural du profil PGS F3.

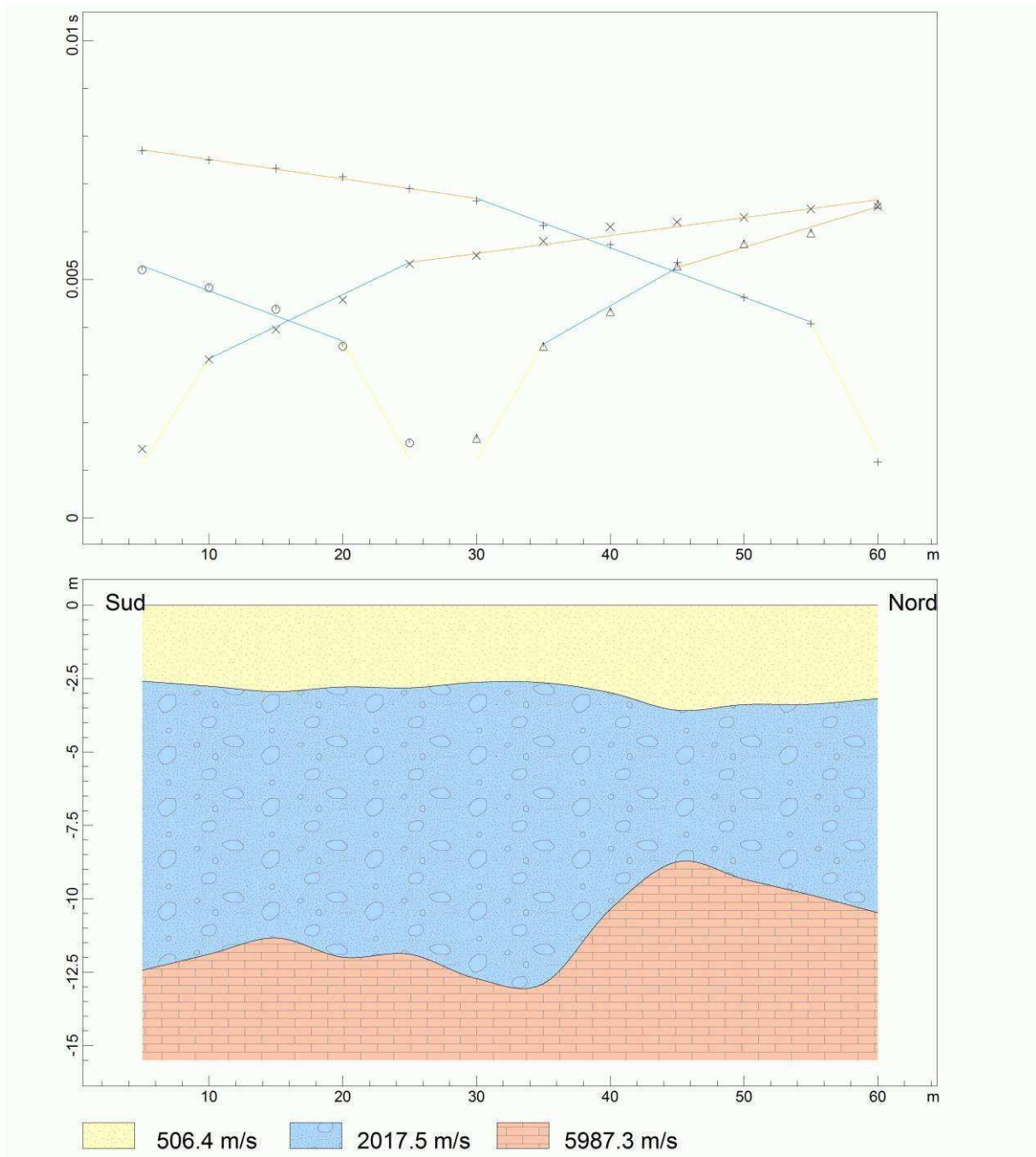


Figure 9. Hodochrones et modèle structural du profil PGS F4.

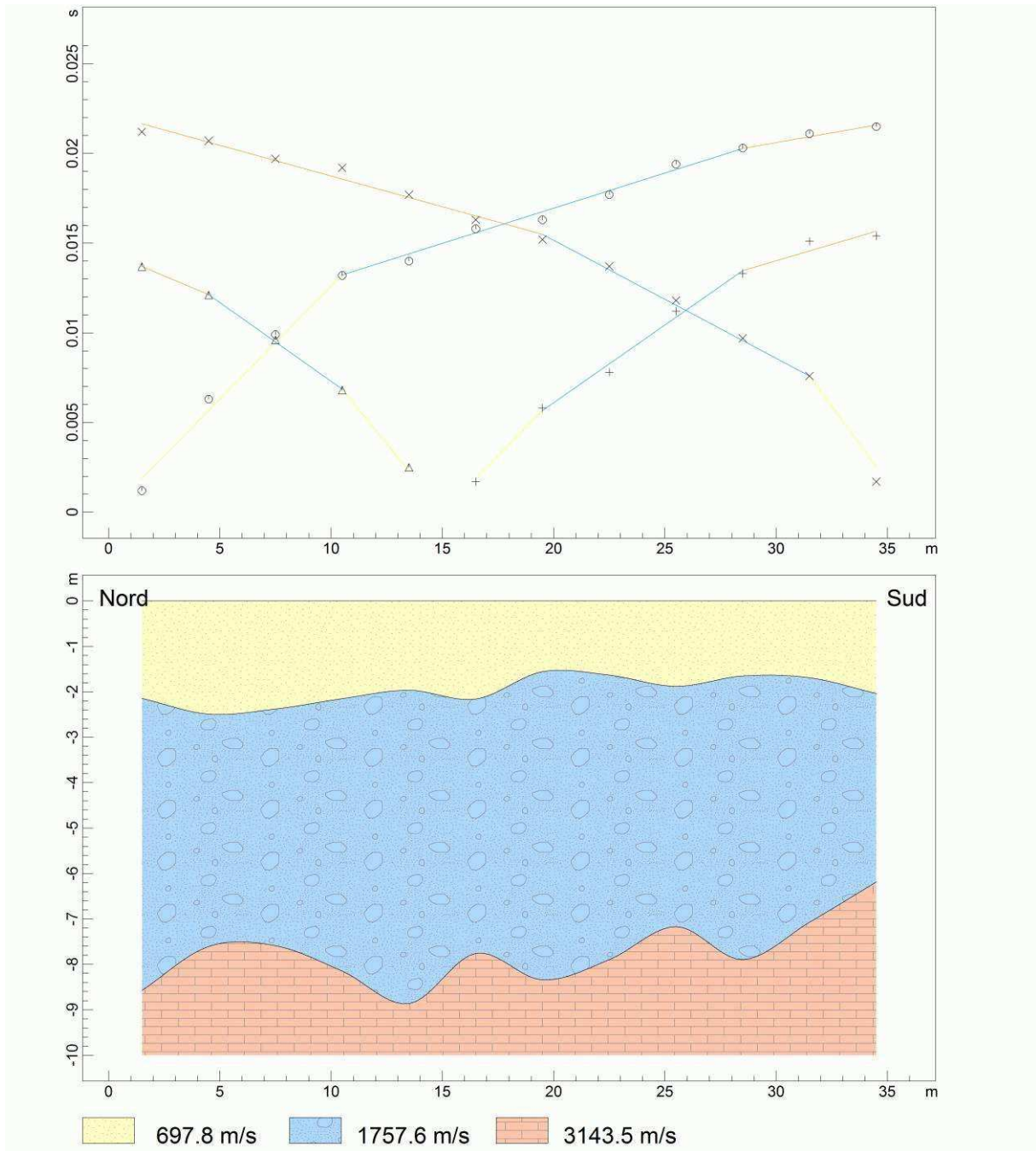


Figure 10. Hodochrones et modèle structural du profil PGS F5.



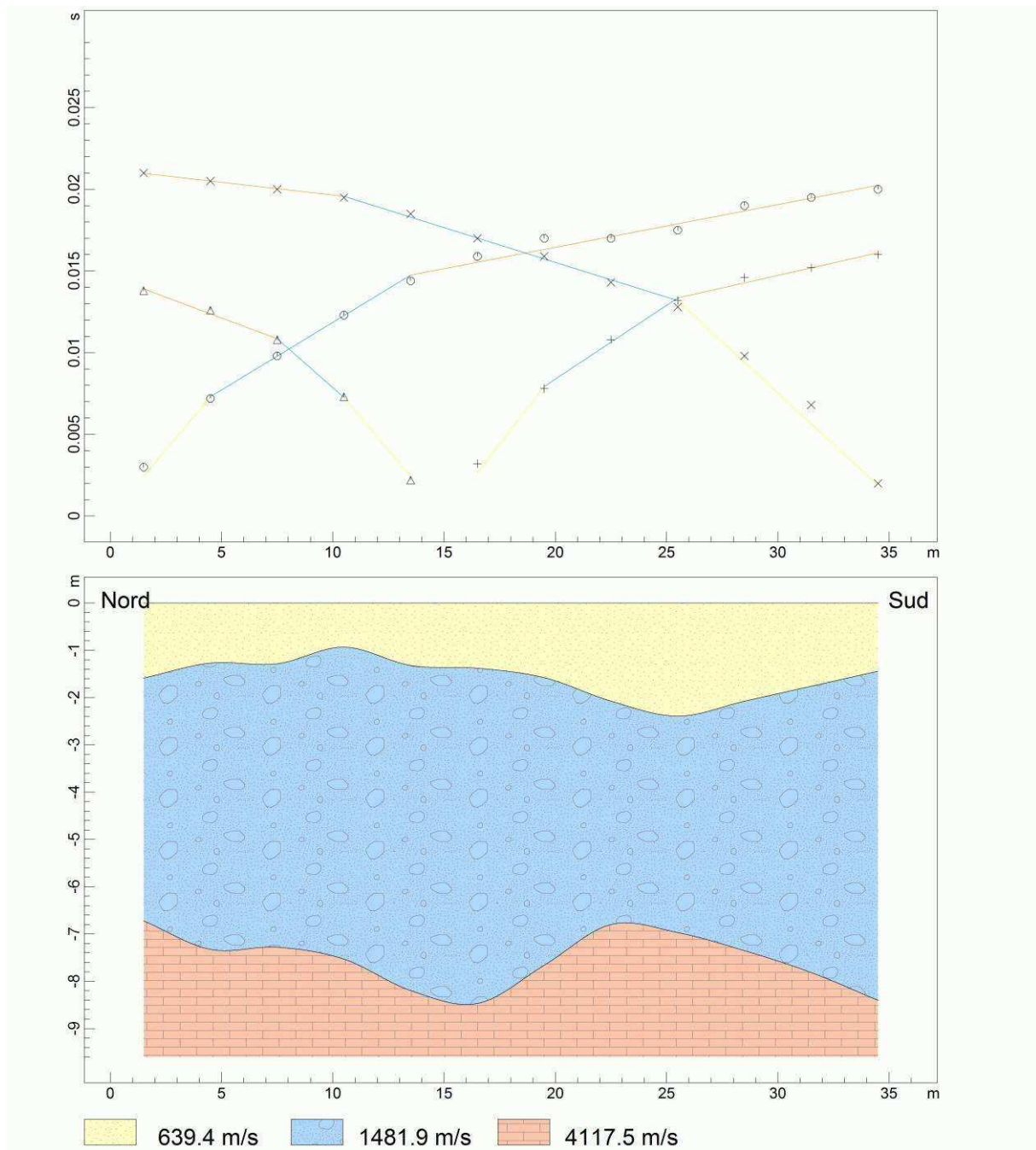


Figure 11. Hodochrones et modèle structural du profil PGS F6.

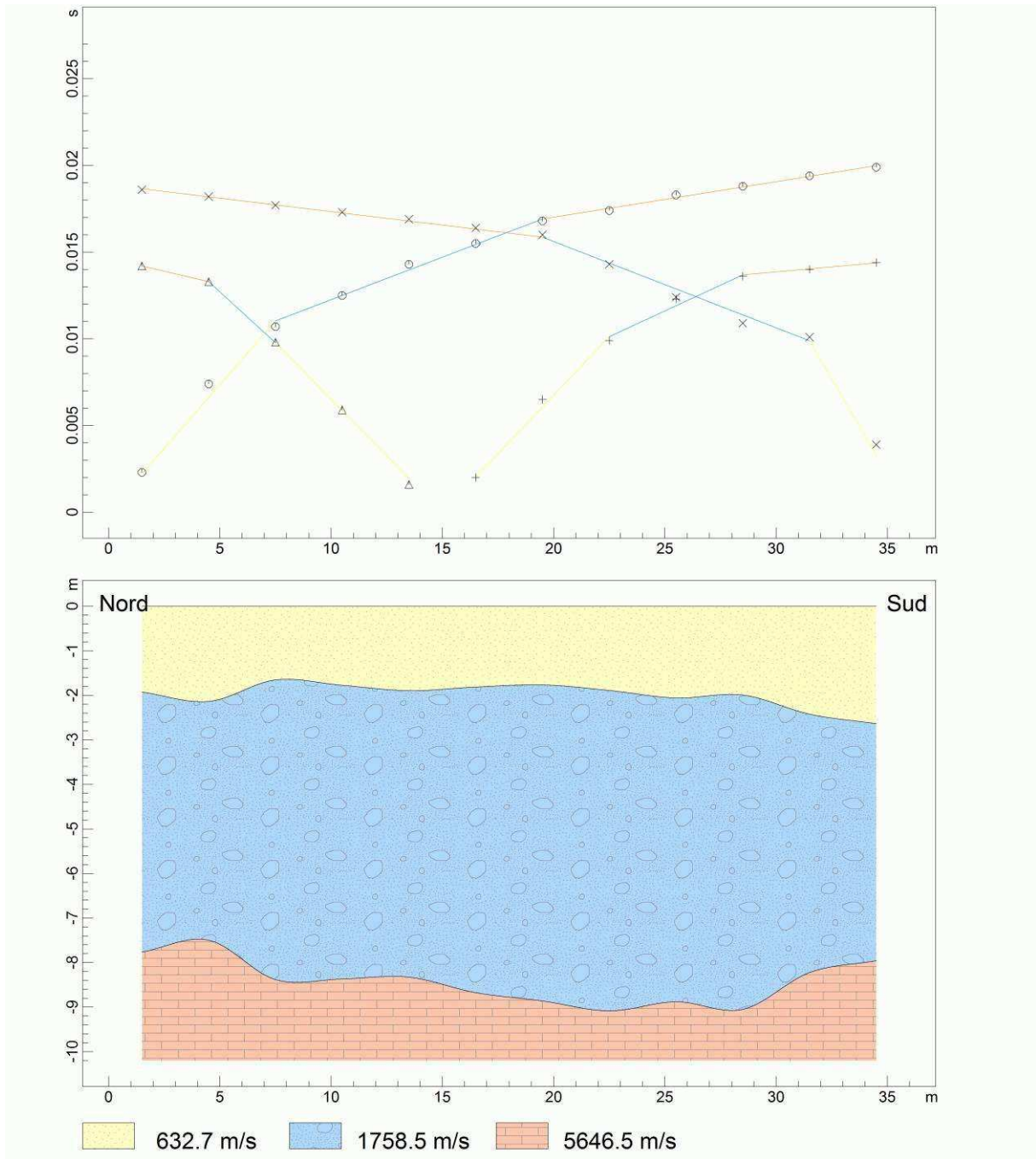
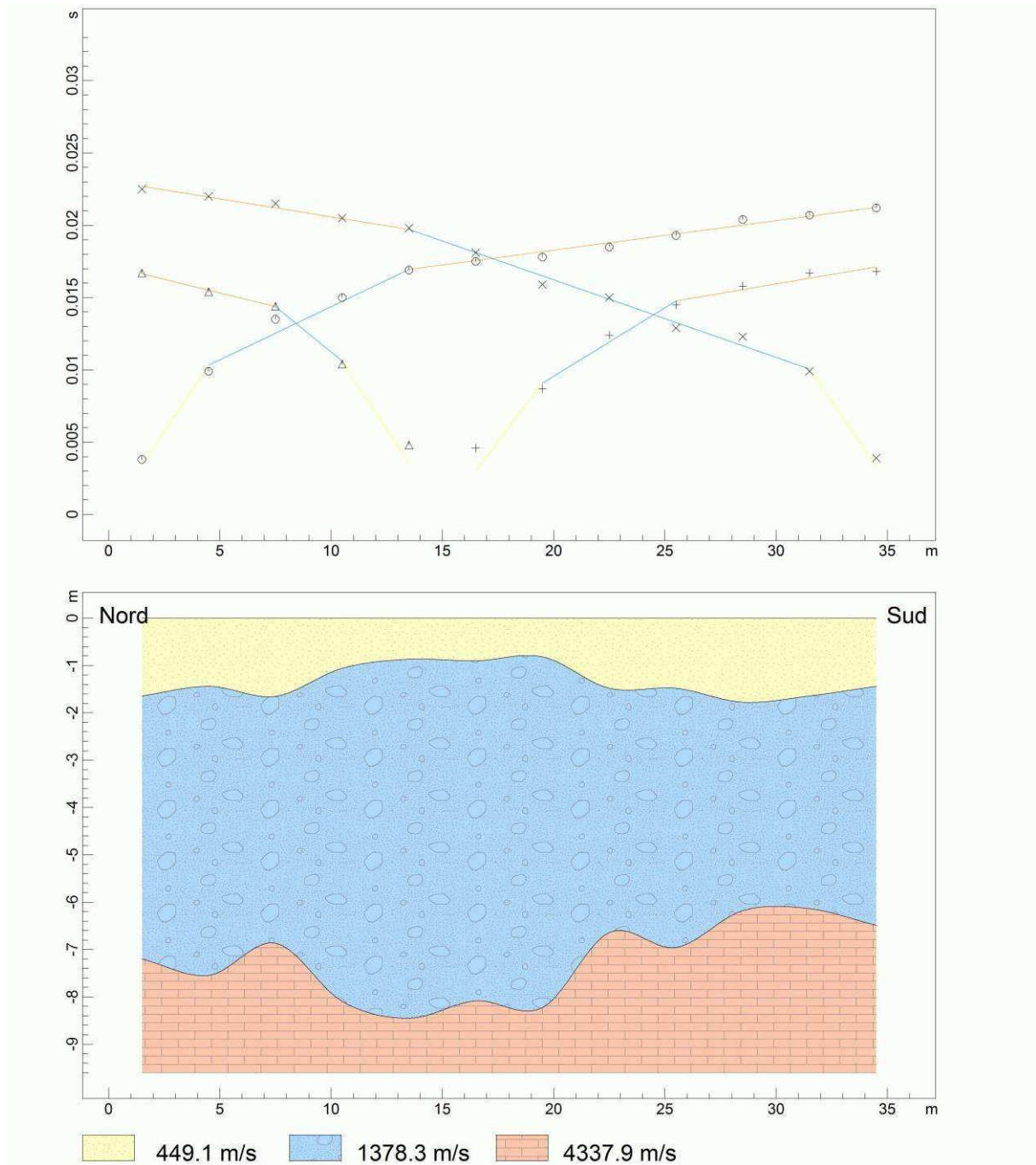


Figure 12. Hodochrones et modèle structural du profil PGS F7.



**Figure 13. Hodochrones et modèle structural du profil PGS F8.**

3.3.1.2 Site de VALVISSORGUES

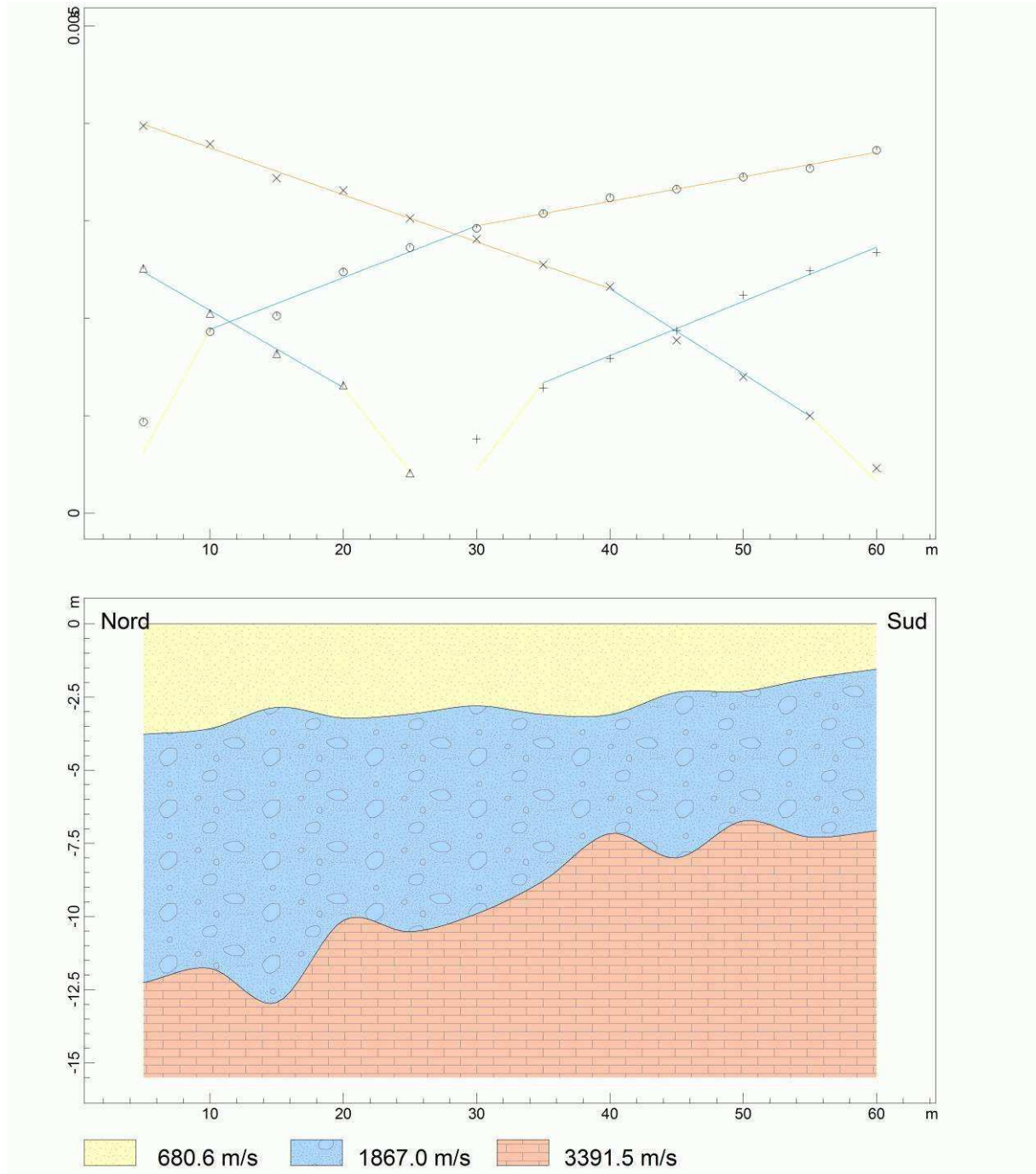


Figure 14. Hodochrones et modèle structural du profil PGS VI.

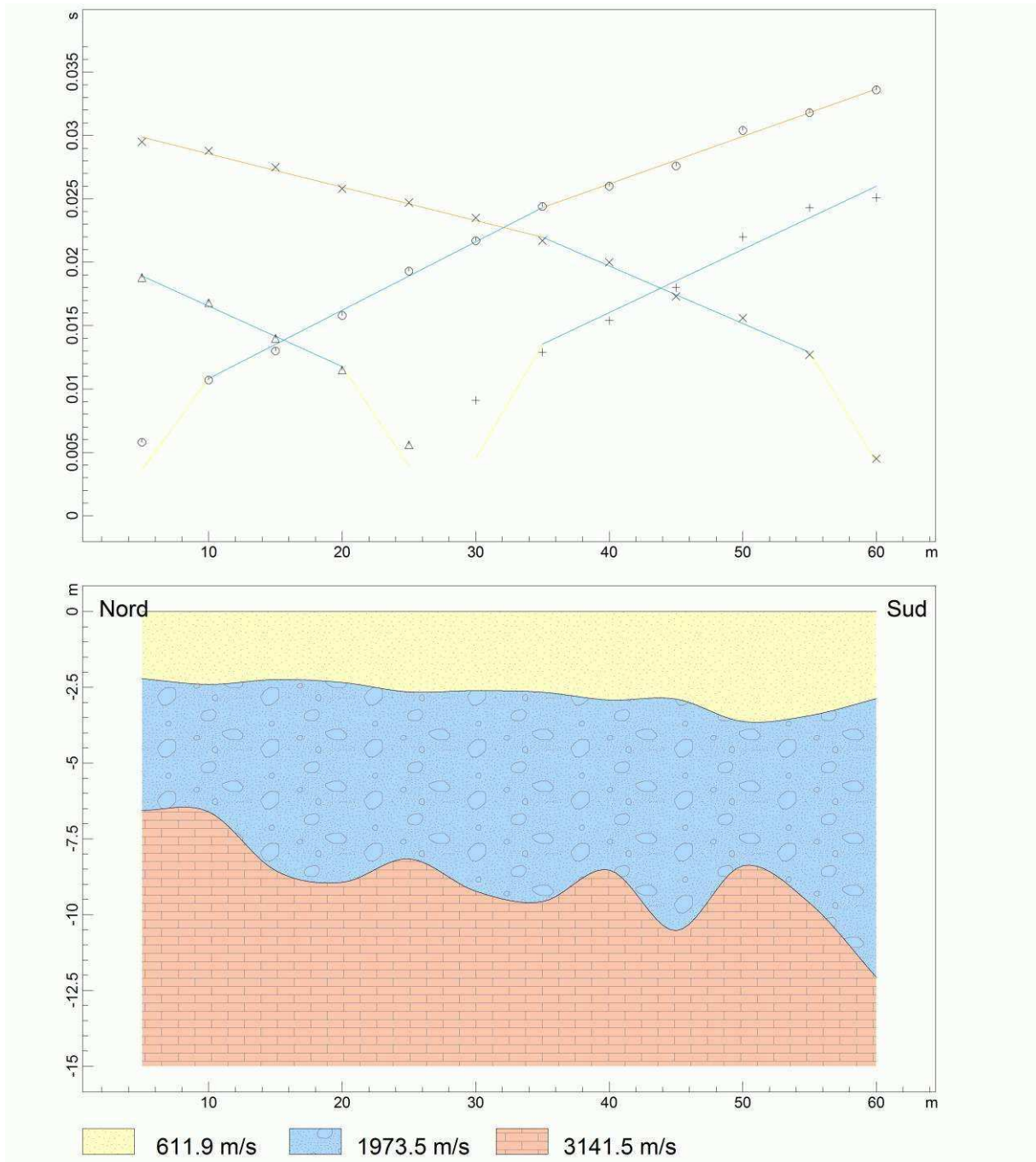


Figure 15. Hodochrones et modèle structural du profil PGS V2.

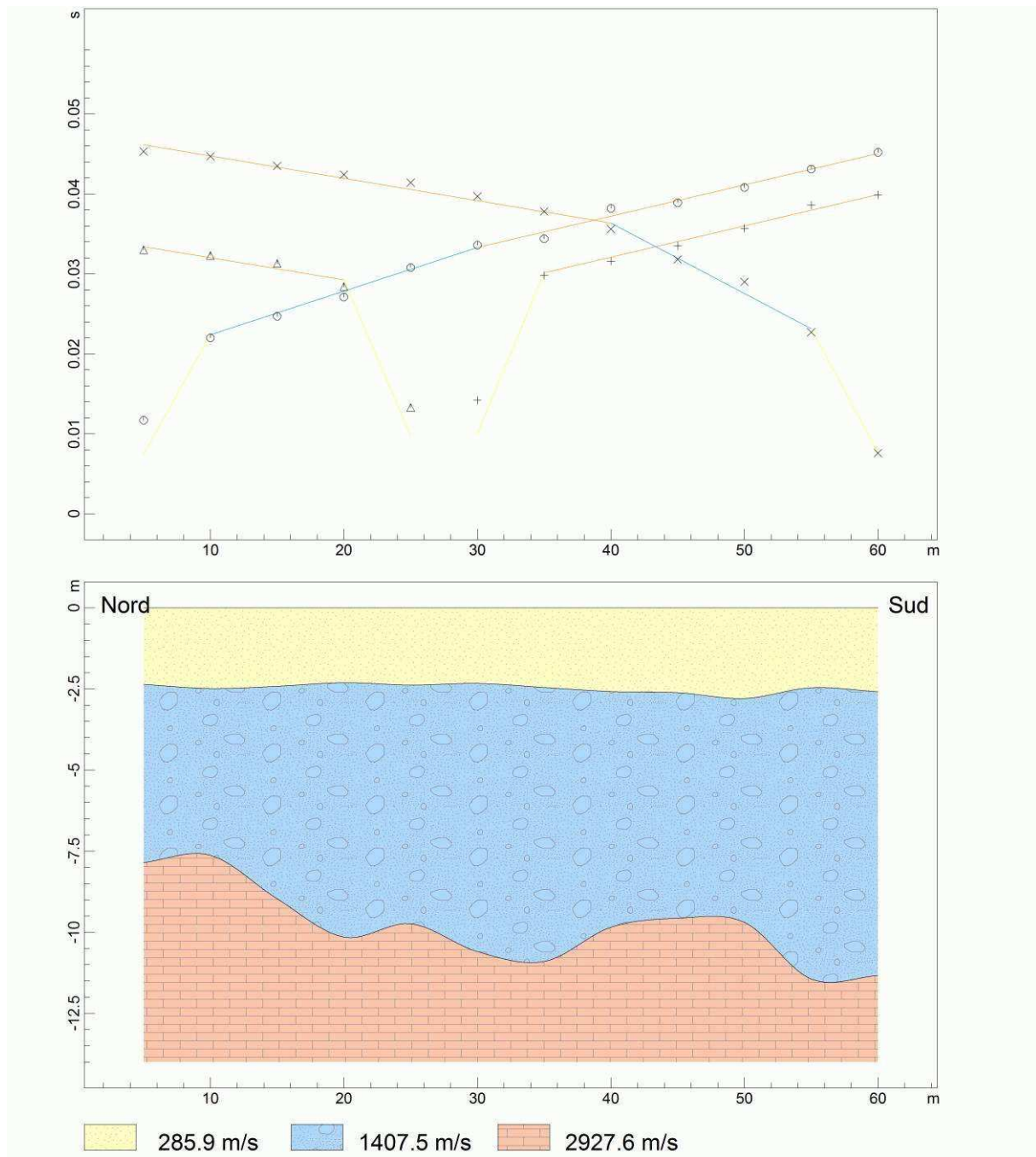
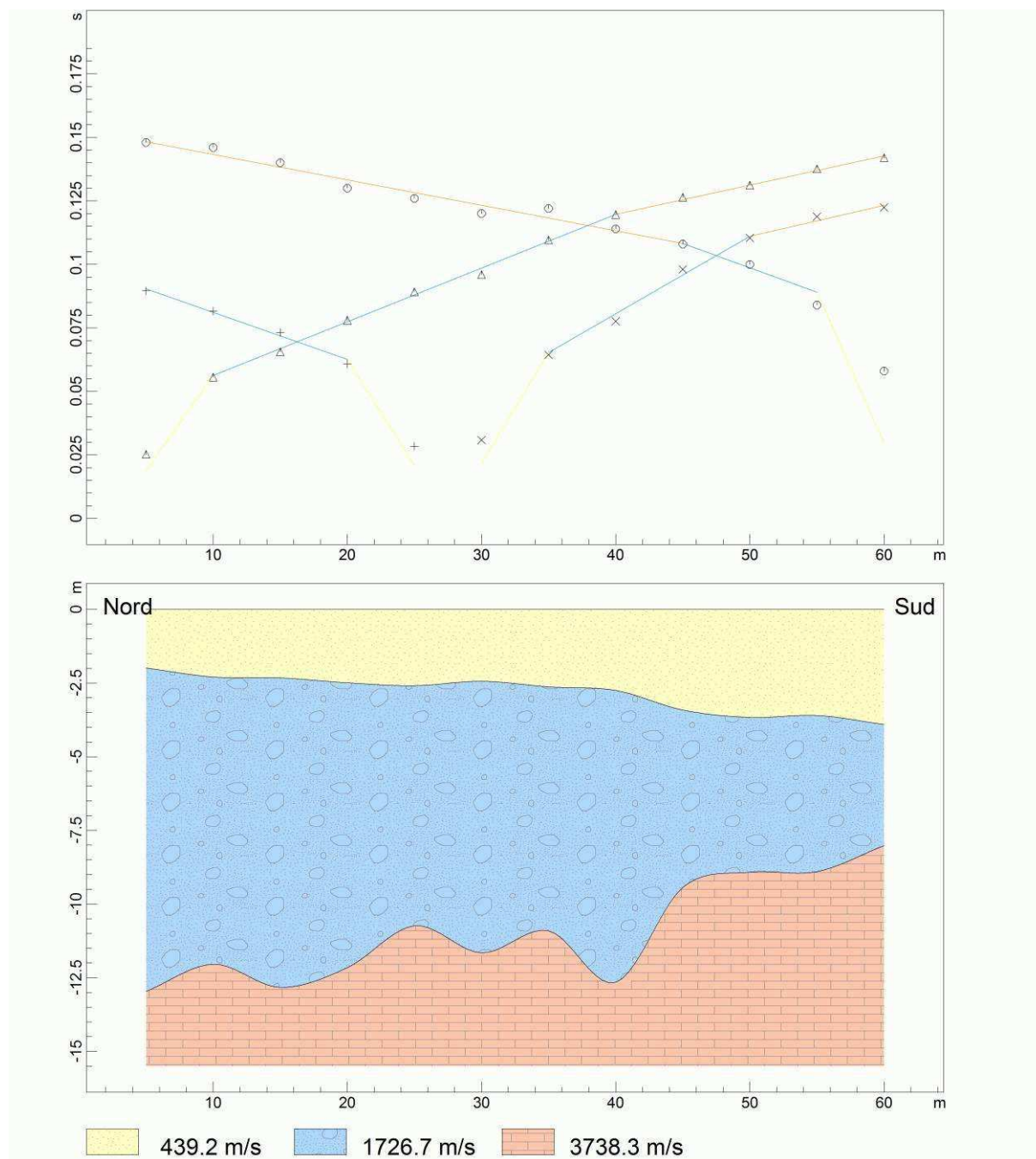


Figure 16. Hodochrones et modèle structural du profil PGS V3.



**Figure 17. Hodochrones et modèle structural du profil PGS V4.**

### 3.3.2 Panneaux électriques

Les graphiques qui suivent dans les paragraphes 3.3.2.1 (Cf. Figures 18 à 25) et 3.3.2.2 (Cf. Figures 26 à 30), présentent les profils de résistivité issus de l'inversion des mesures effectuées pour l'ensemble des panneaux électriques à l'exception du profil correspondant à PGE V6, les données d'acquisition étant inexploitables.

L'analyse et interprétation de ces panneaux électriques seront réalisées par GEOSYNERGIE.

3.3.2.1 Site de LA FARE

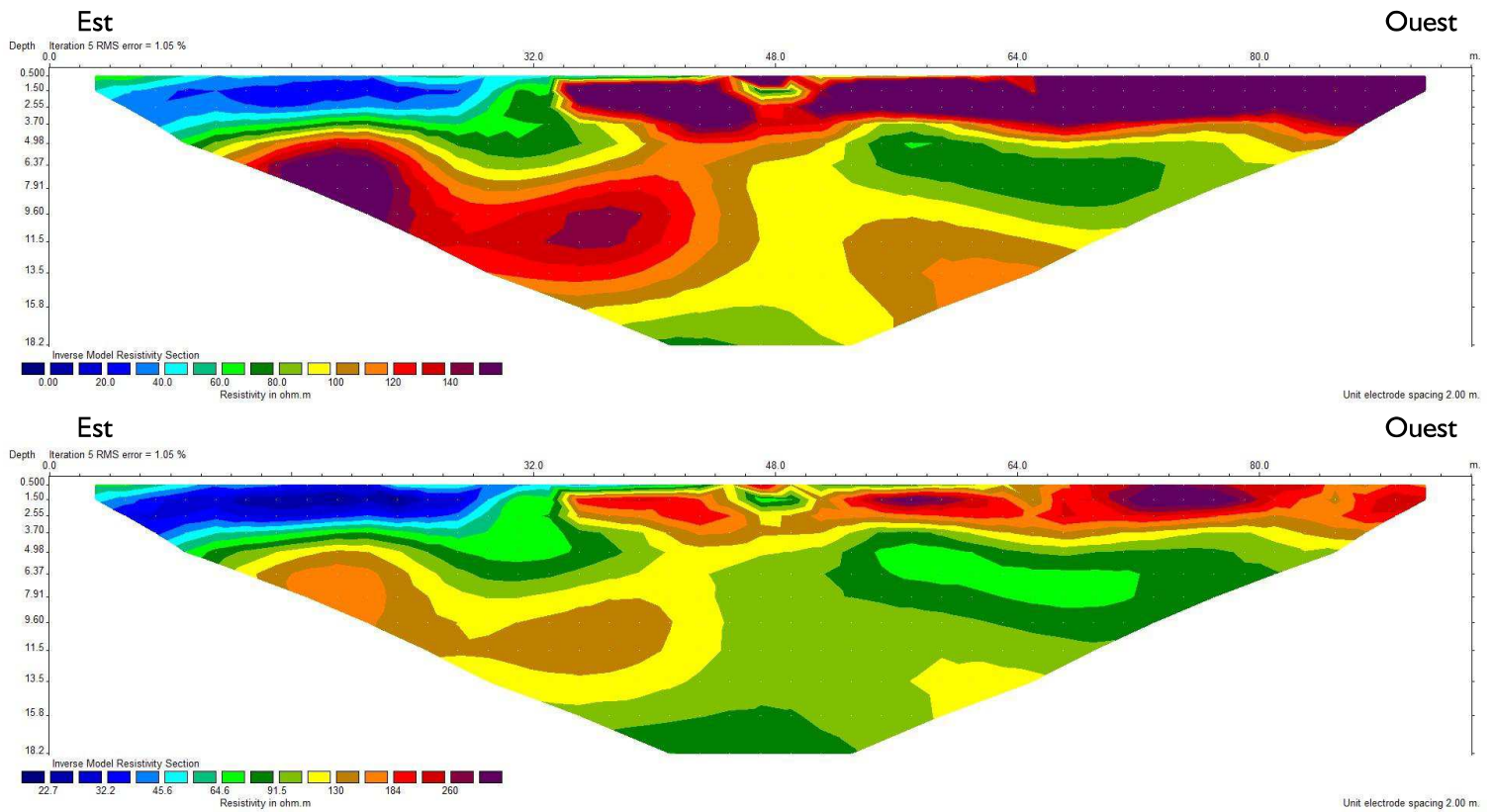


Figure I8. Profil de résistivité PGE F1 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

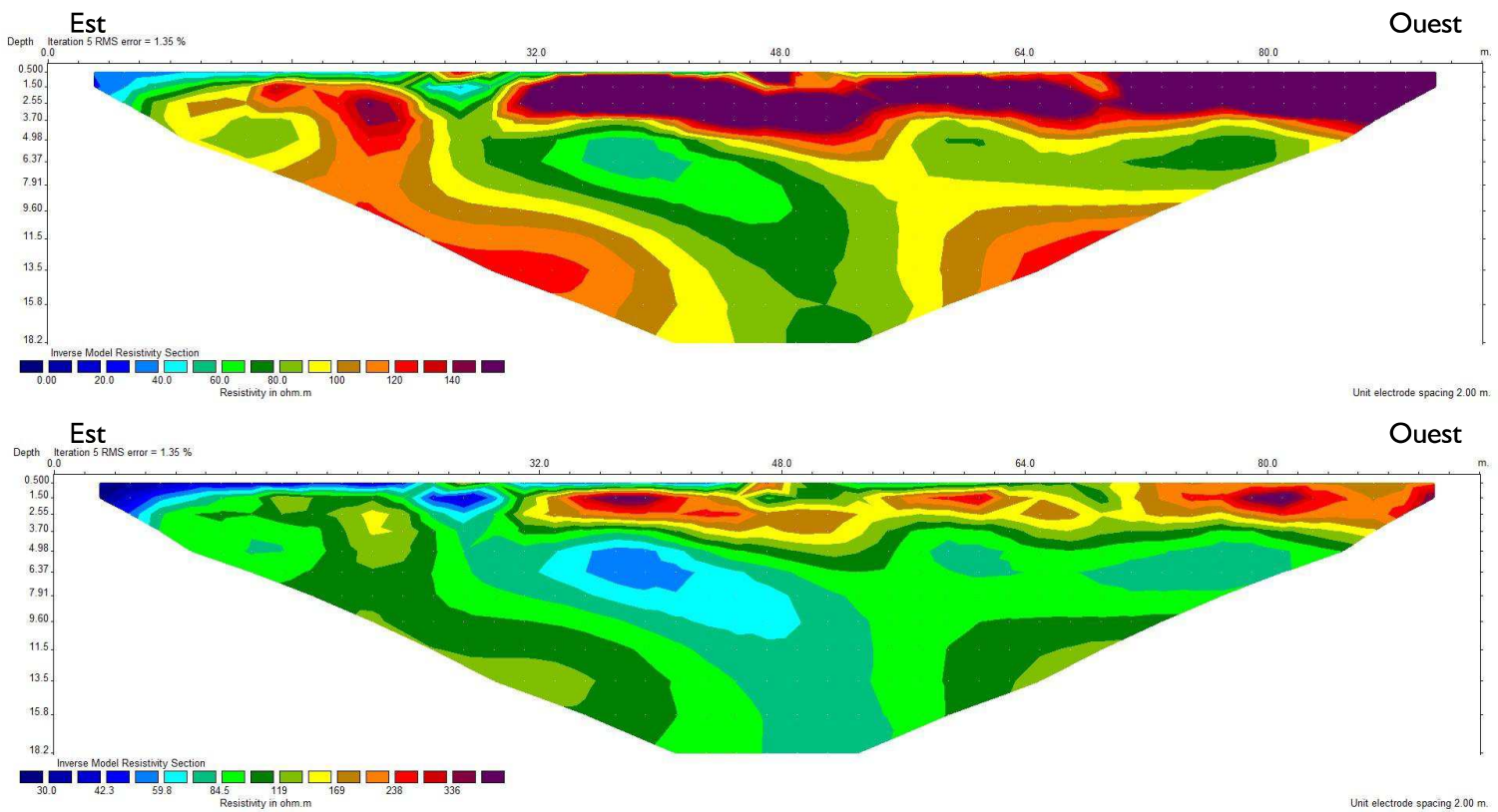


Figure I9. Profil de résistivité PGE F2 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).



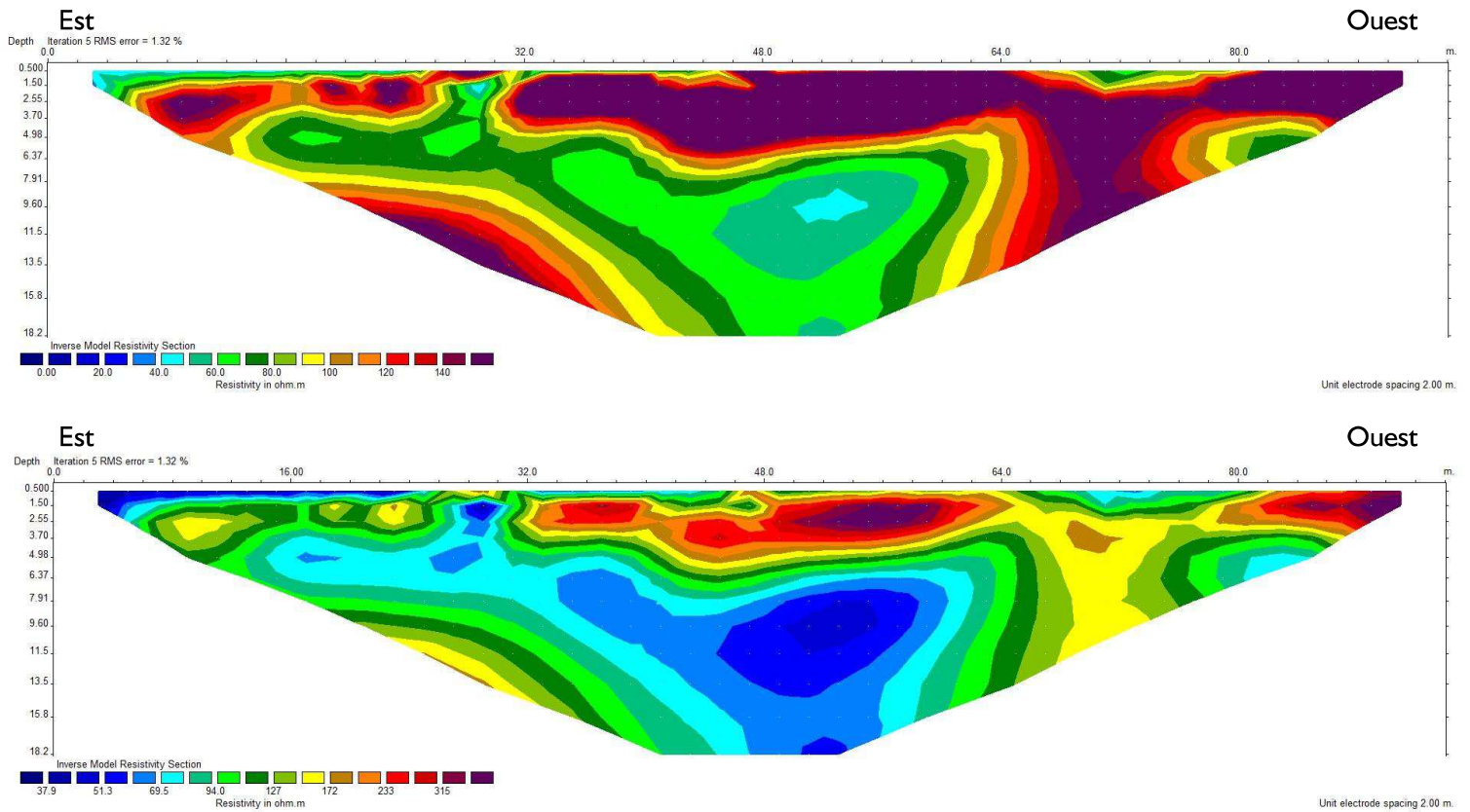


Figure 20. Profil de résistivité PGE F3 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

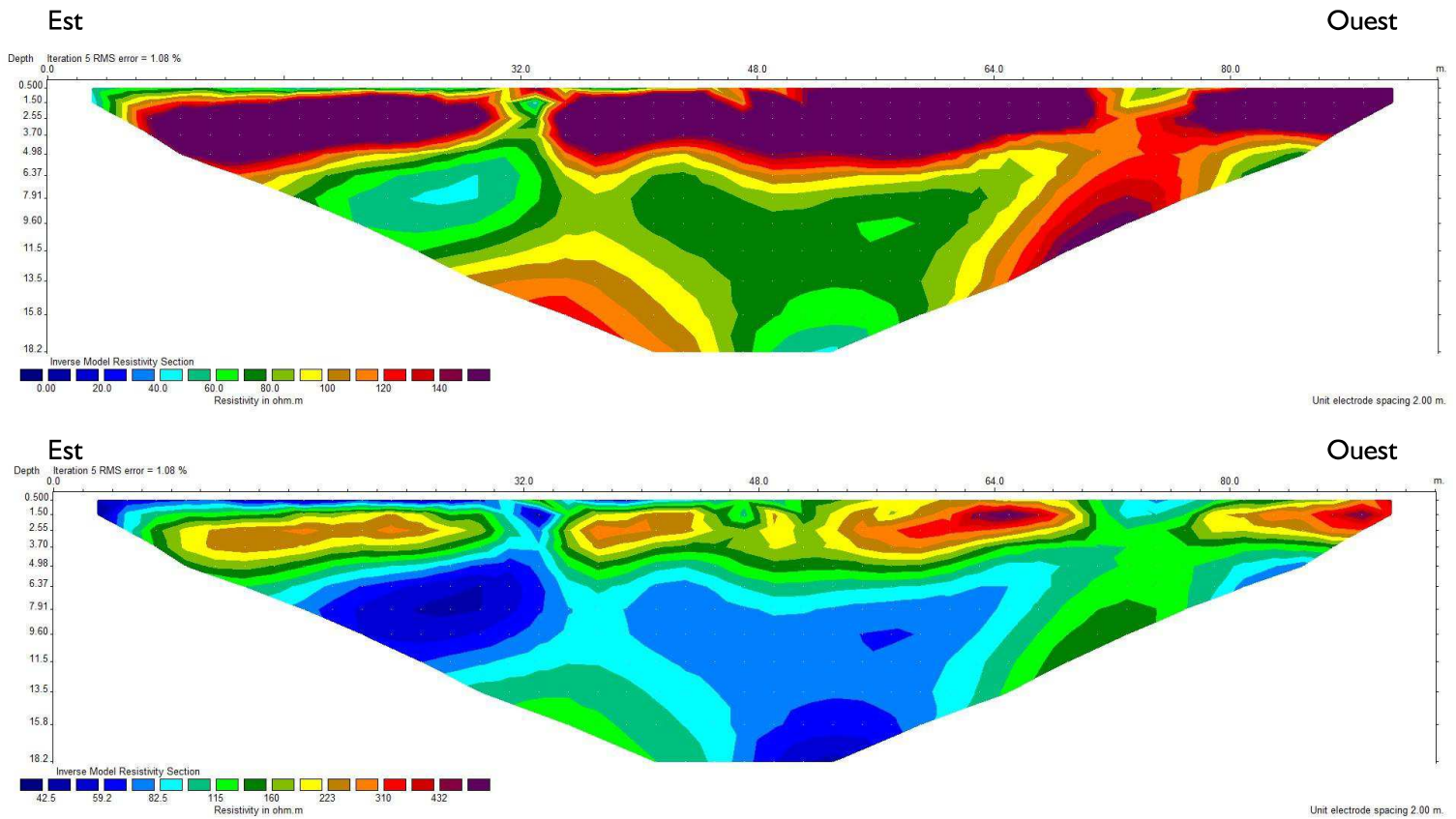


Figure 21. Profil de résistivité PGE F4 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

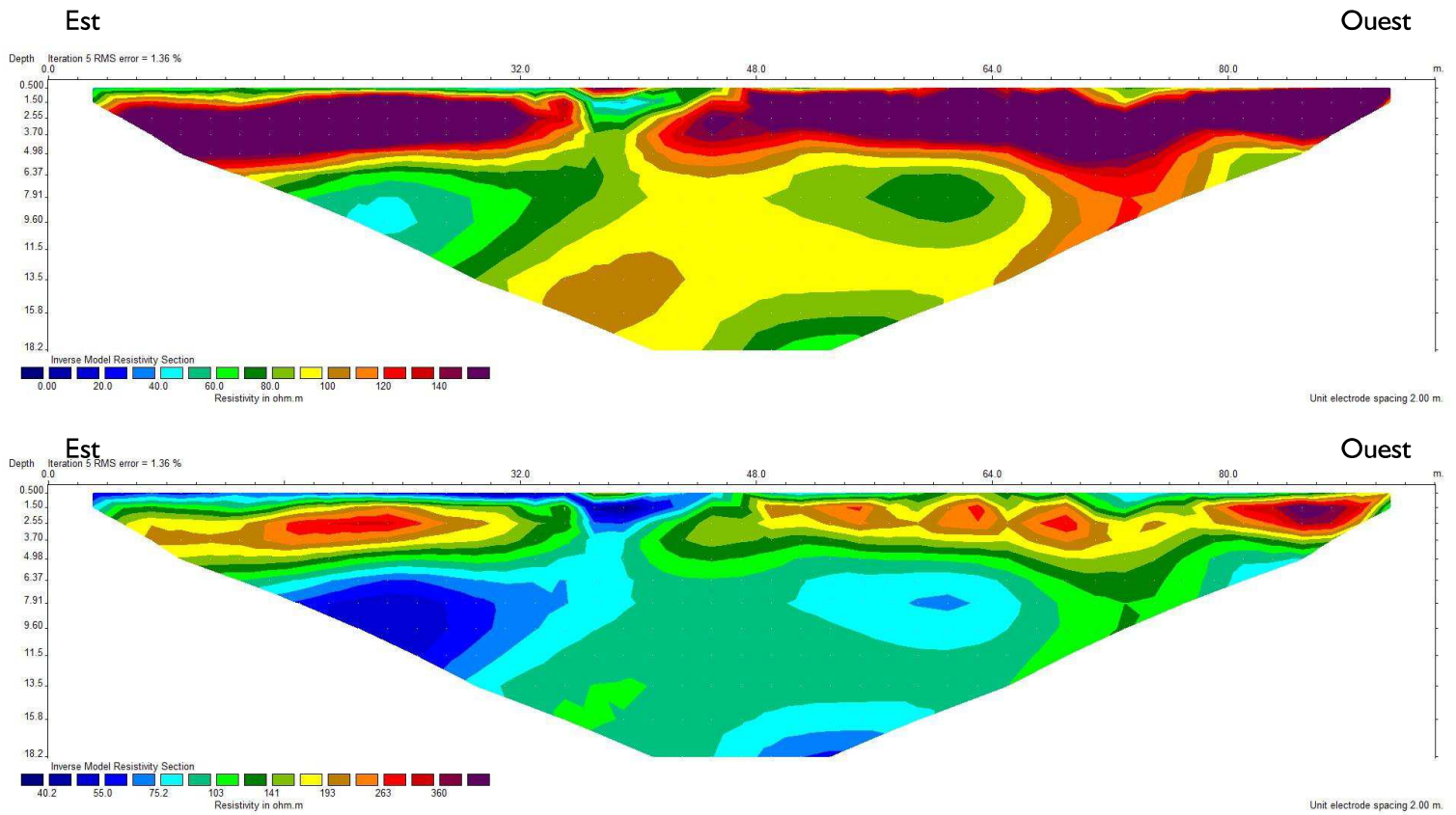


Figure 22. Profil de résistivité PGE F5 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

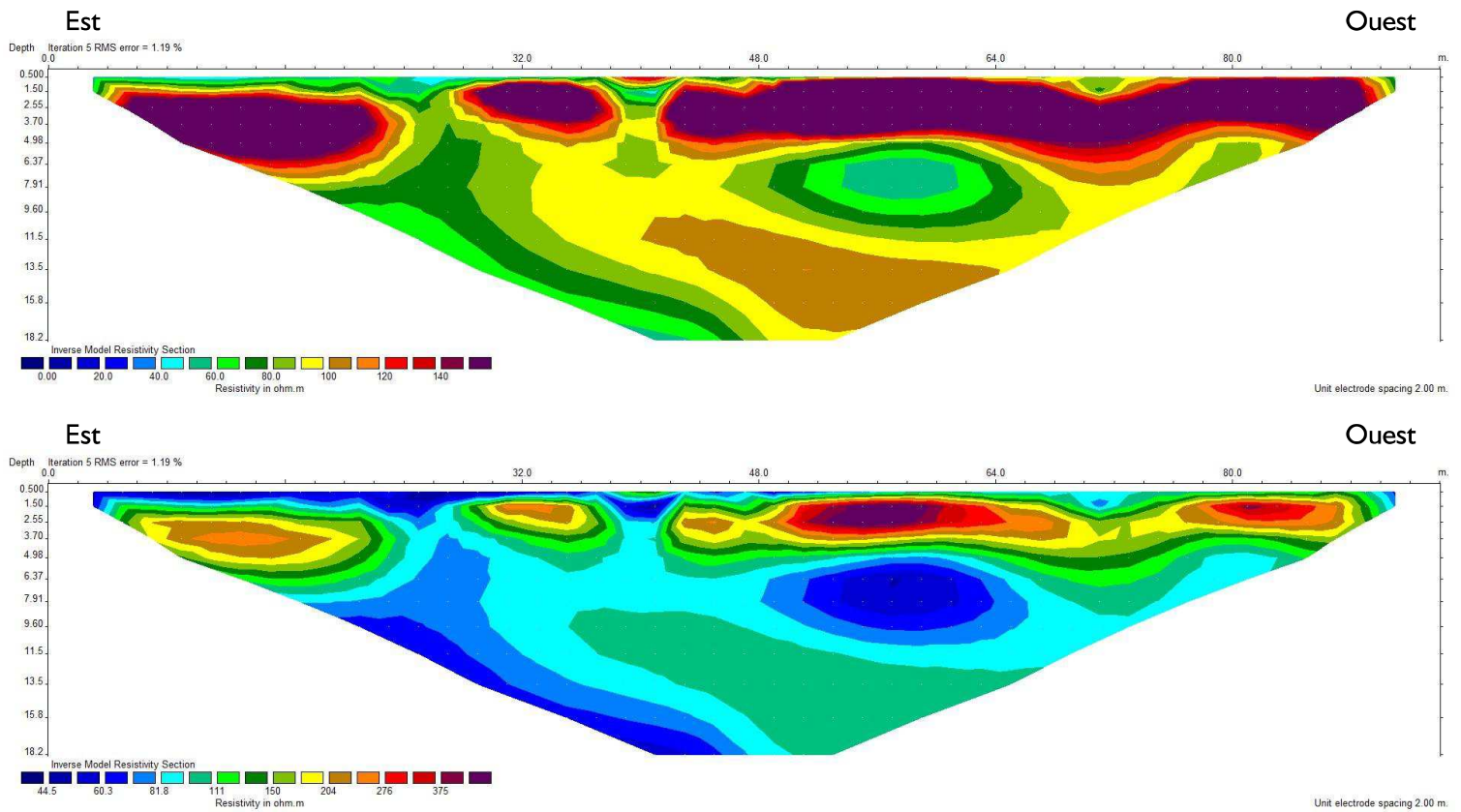


Figure 23. Profil de résistivité PGE F6 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

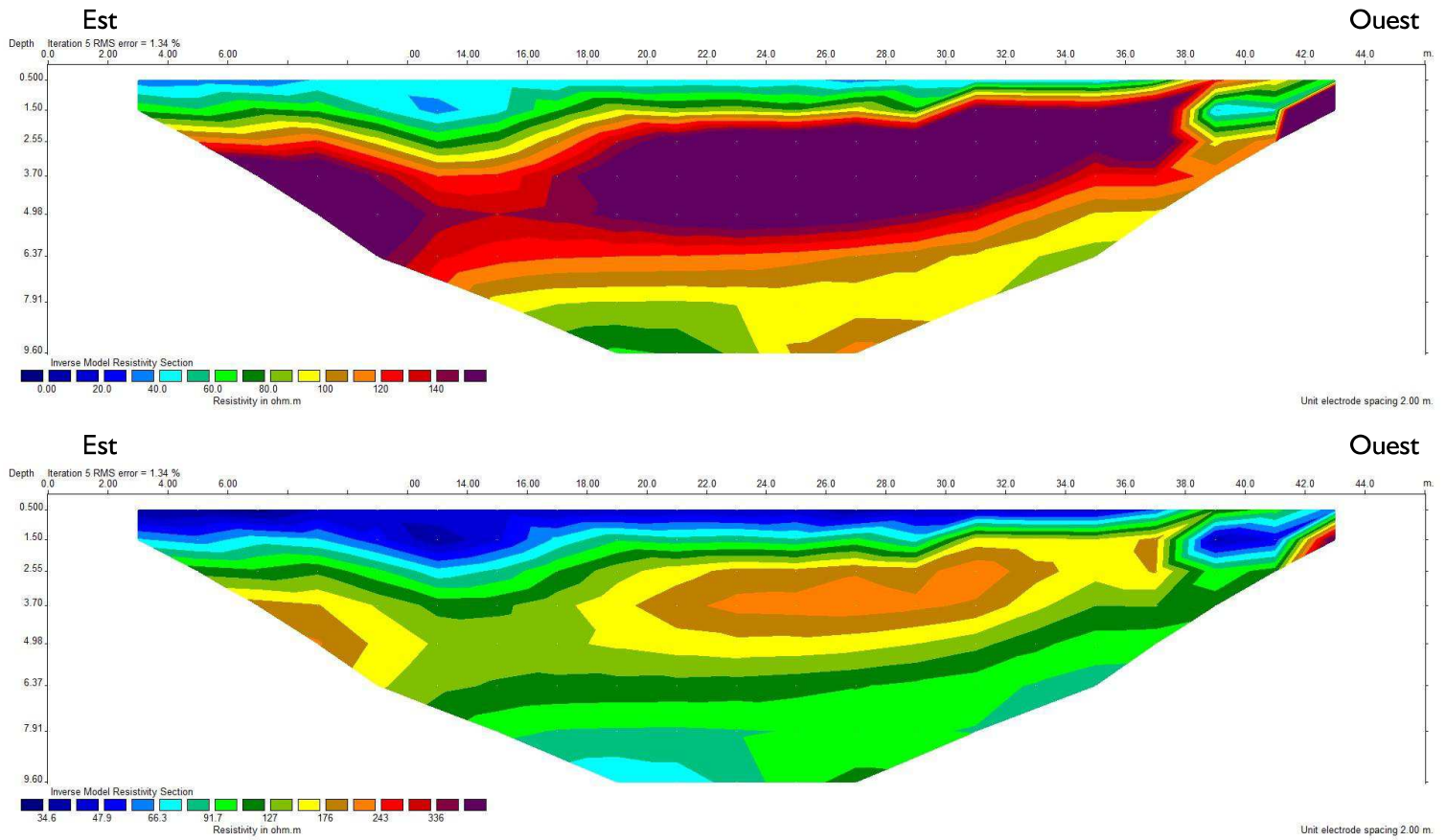


Figure 24. Profil de résistivité PGE F7 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

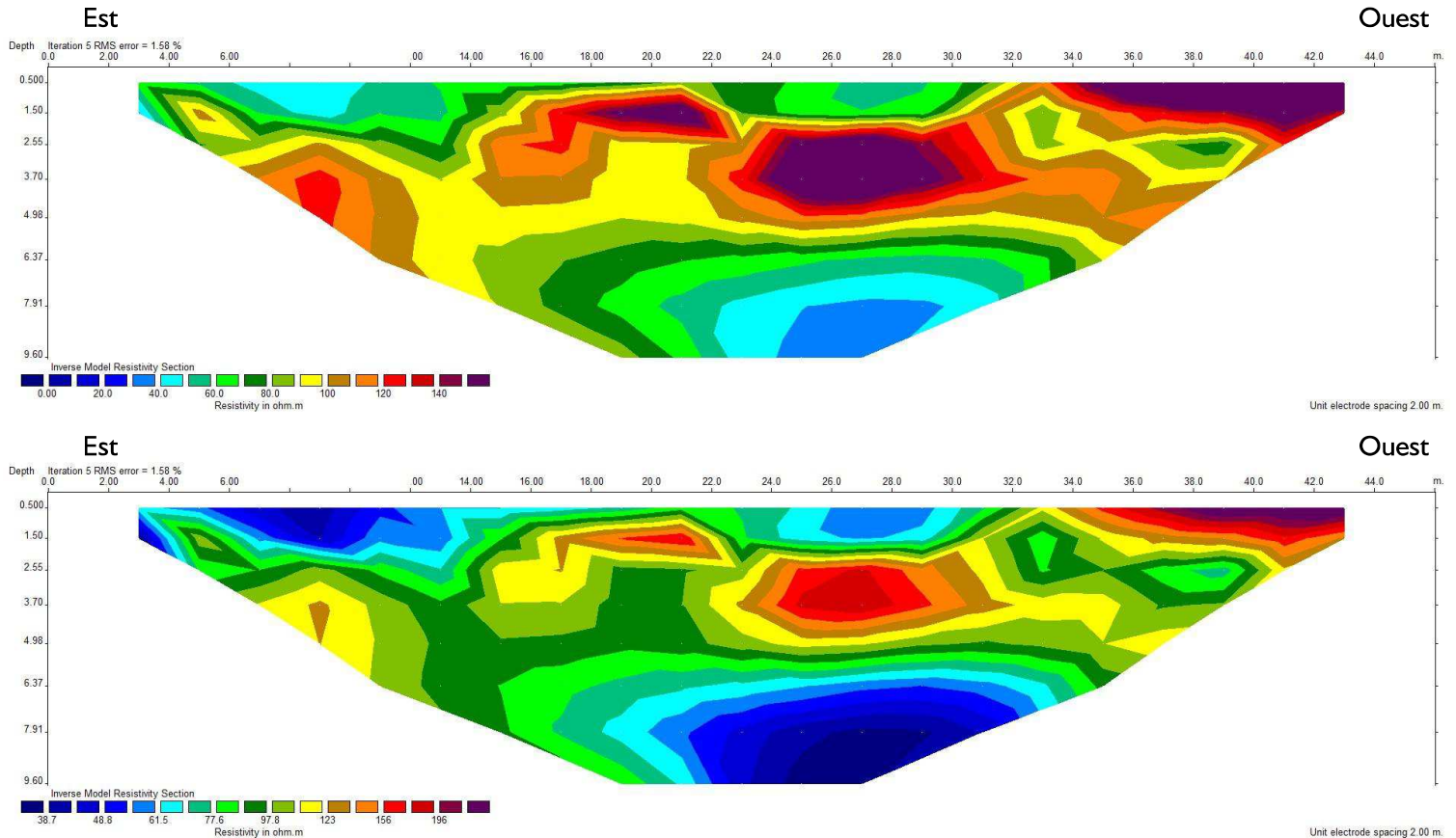


Figure 25. Profil de résistivité PGE F8 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

3.3.1.2 Site de VALVISSORGUES

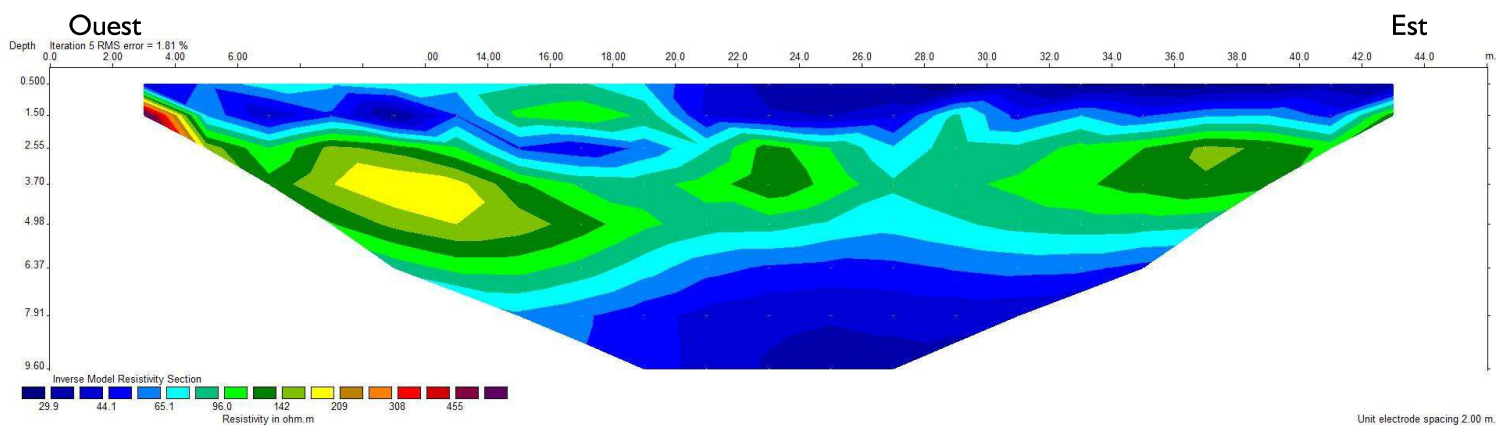
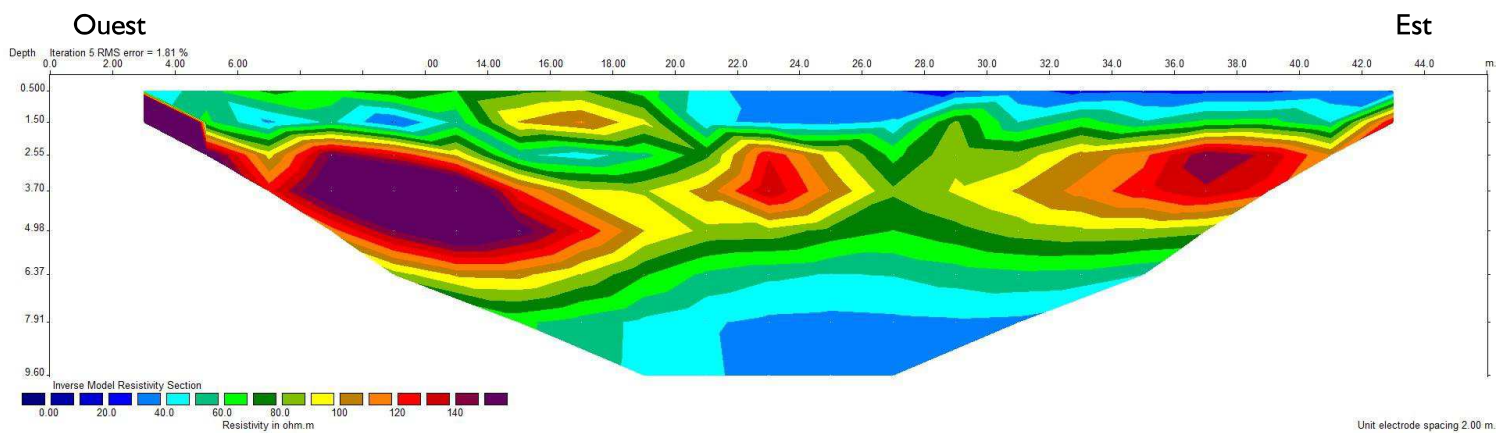


Figure 26. Profil de résistivité PGE V1 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

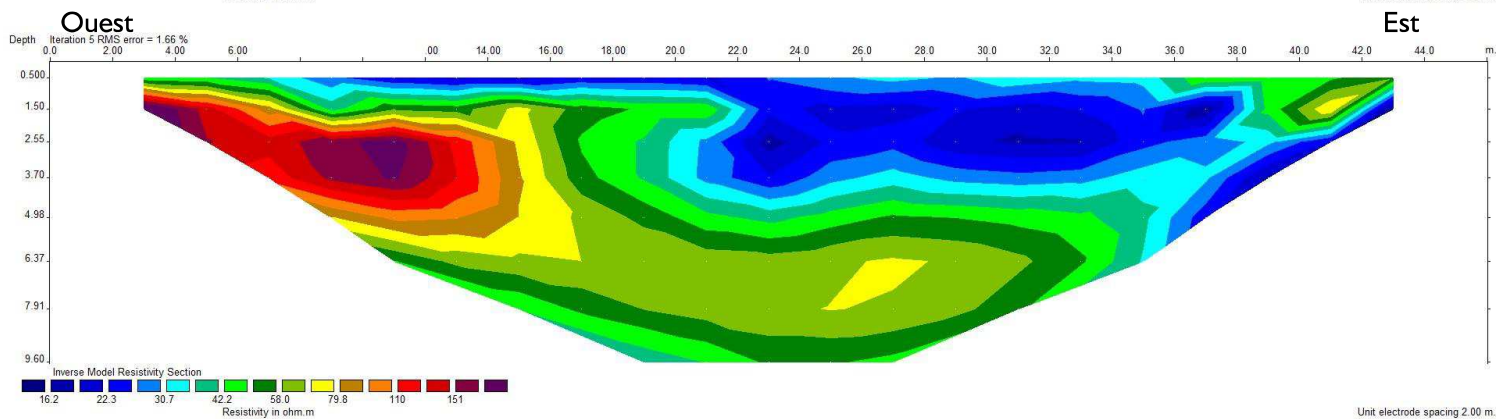
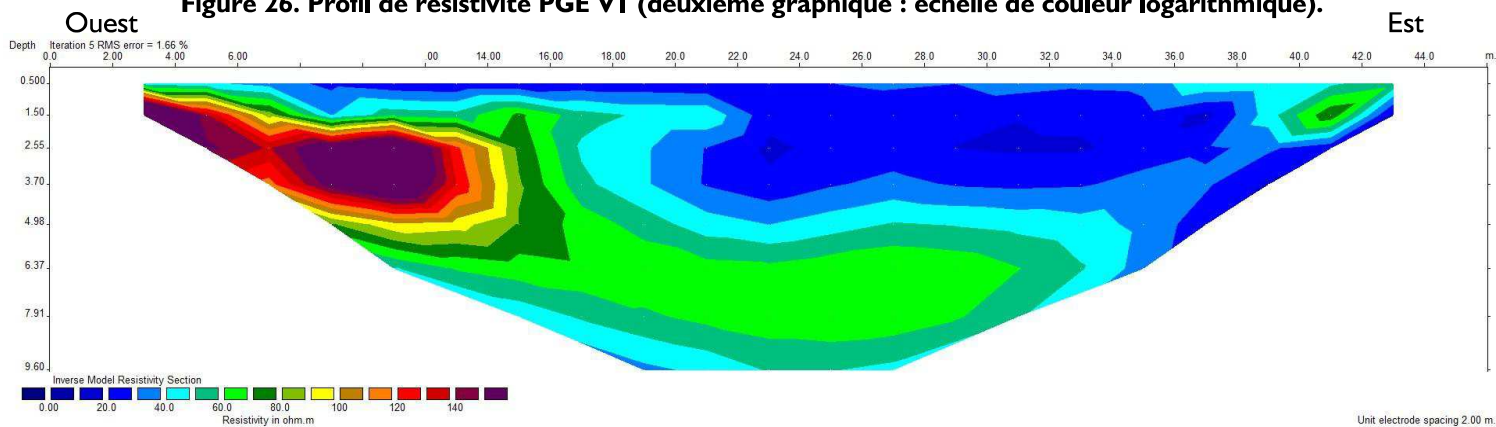


Figure 27. Profil de résistivité PGE V2 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

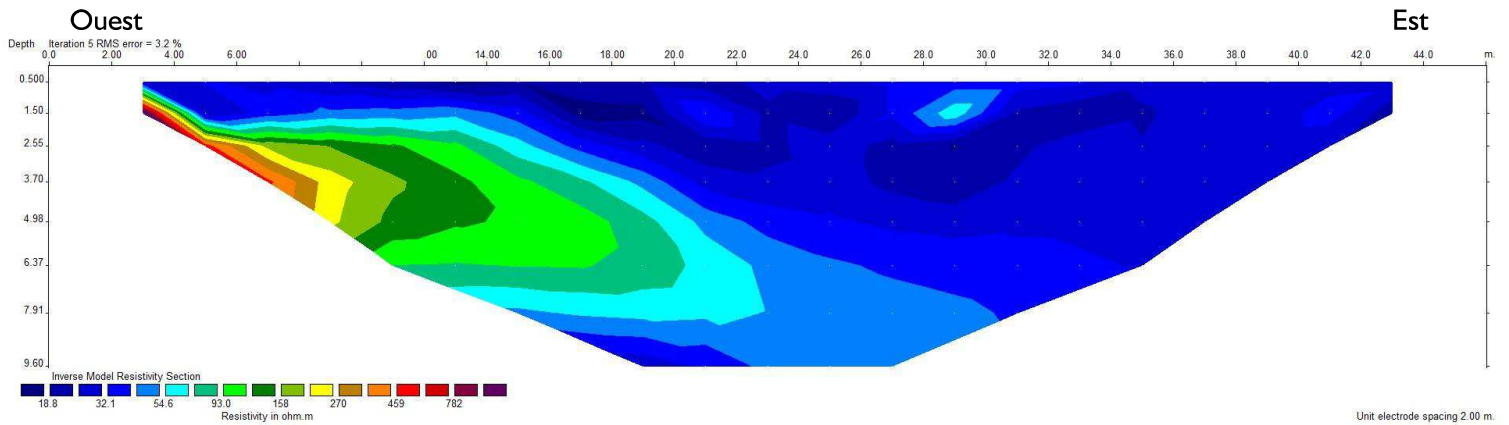
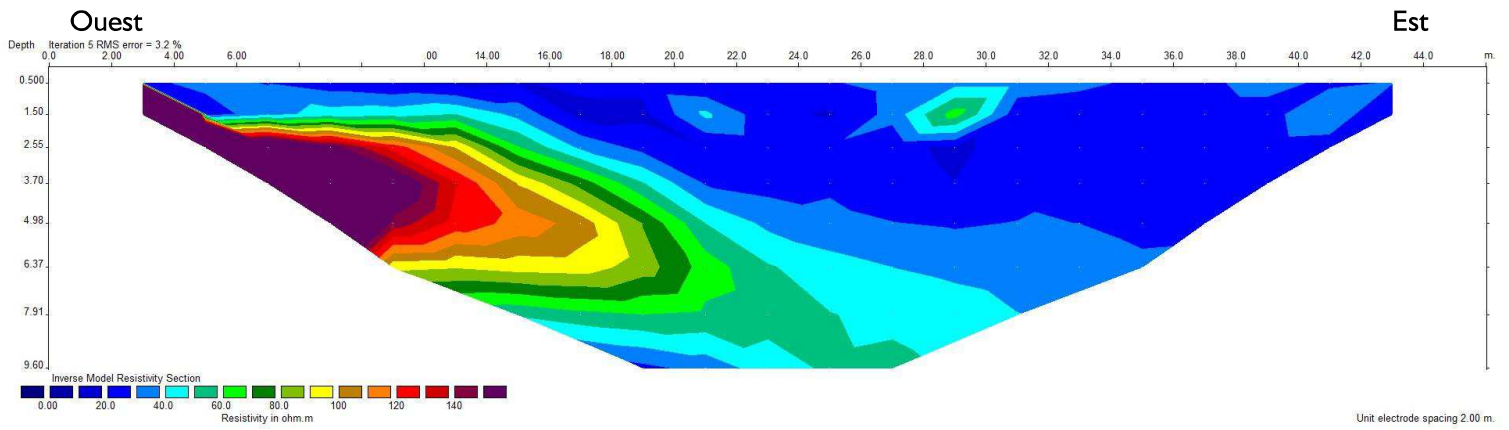


Figure 28. Profil de résistivité PGE V3 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

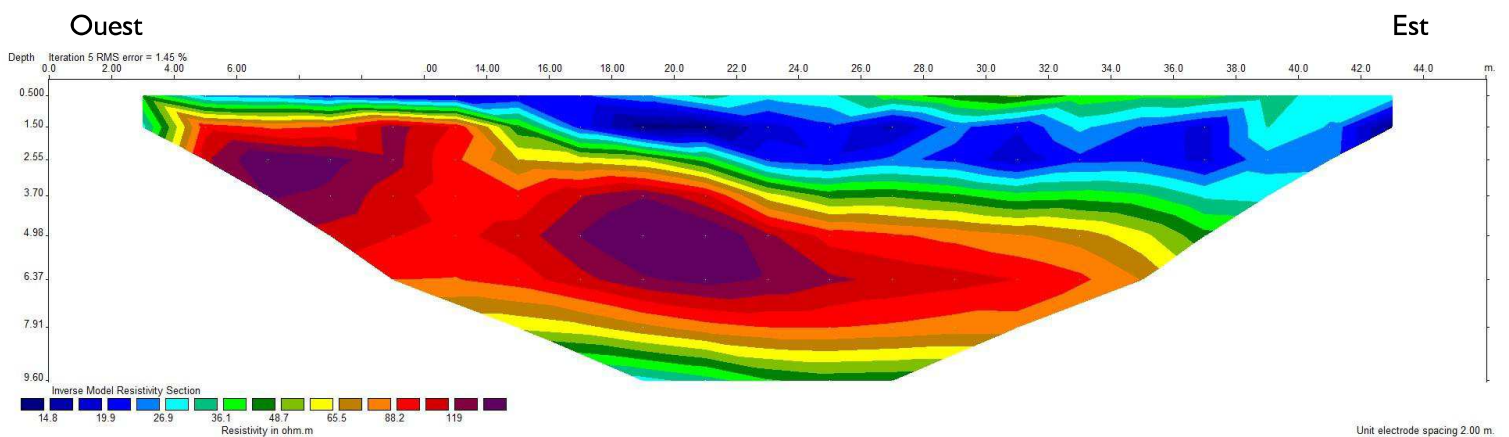
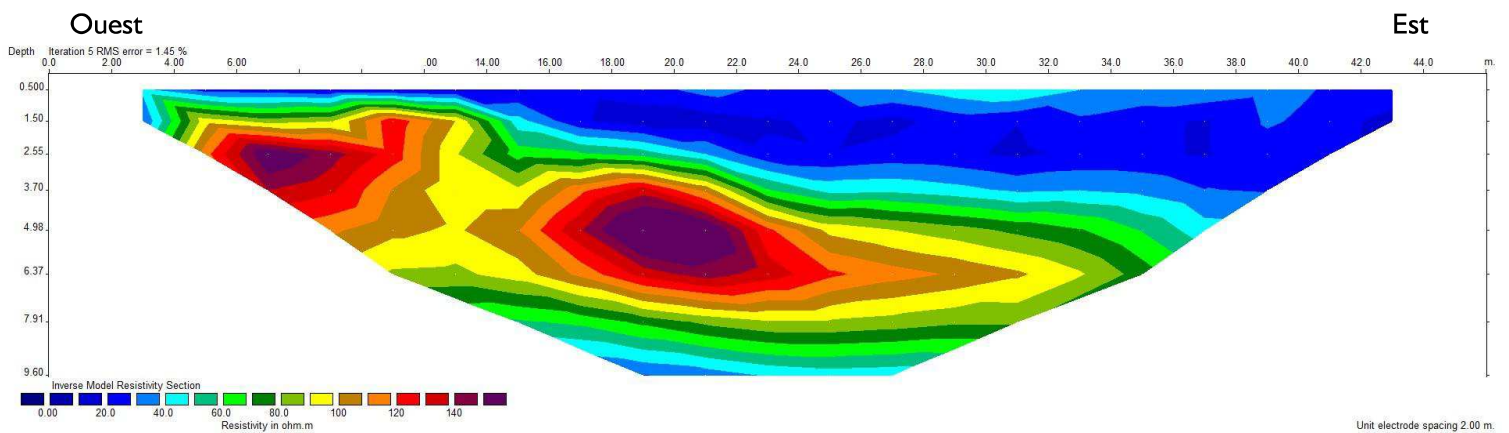


Figure 29. Profil de résistivité PGE V4 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

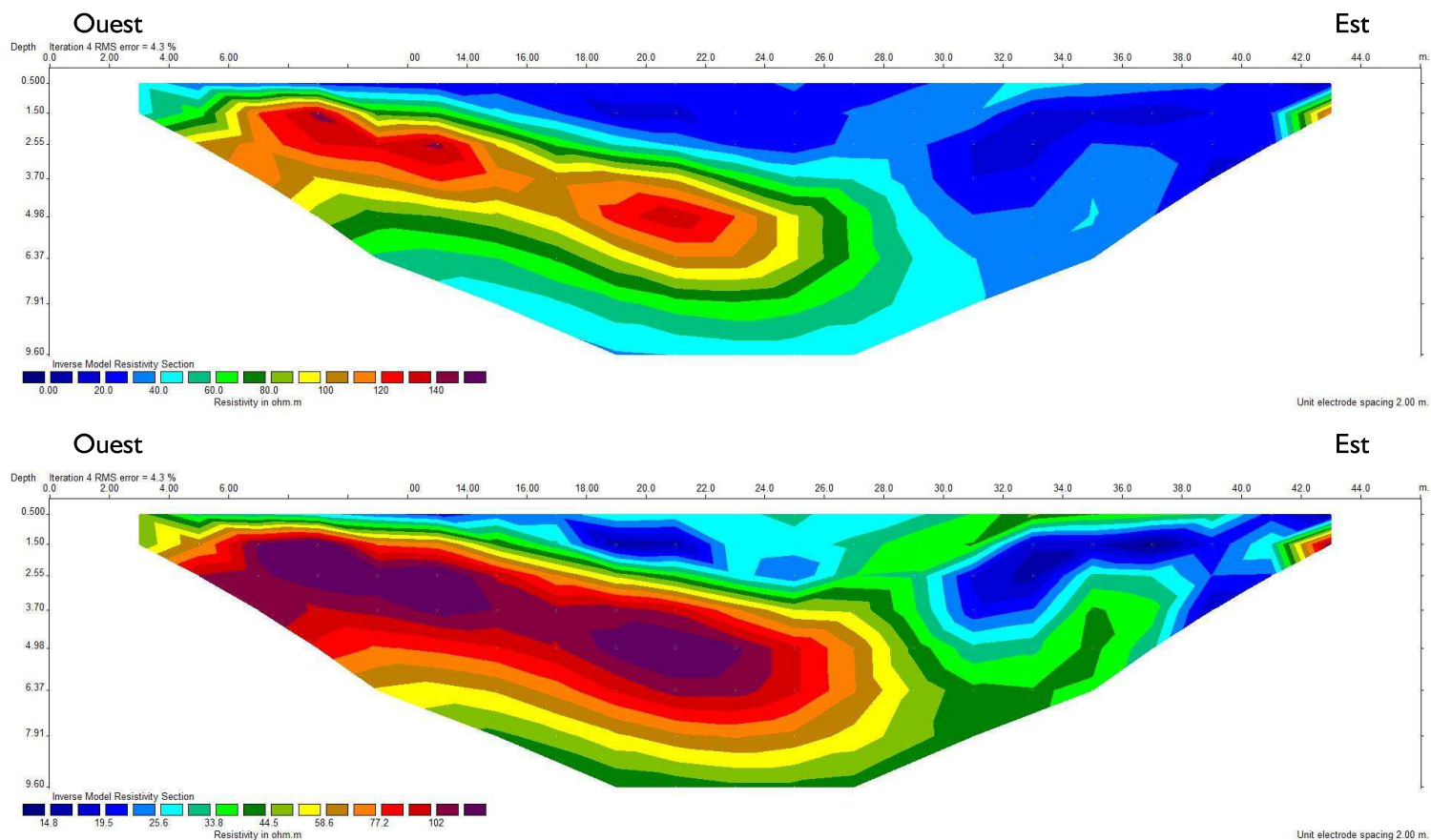


Figure 30. Profil de résistivité PGE V5 (deuxième graphique : échelle de couleur logarithmique).

Fait à LA GAUDE, le 06 septembre 2017  
**Pierre LEMOINE**  
 Géologue

**Vincent RISSER**  
 Directeur

*Cabinet Risser : votre partenaire prévention*

*Cartes de risques naturels  
 Etudes de glissements de terrain  
 Missions géotechniques  
 Hydrologie, Assainissement  
 Conseil en aménagement  
[www.cabinet-risser.fr](http://www.cabinet-risser.fr)*

***Siège Social : 954 Rte de St Laurent  
 06610 LA GAUDE  
 Tel : 04 93 87 33 30  
 Fax : 04 93 87 20 26  
 No SIRET : 487 801 888 00024  
[contact@cabinet-risser.fr](mailto:contact@cabinet-risser.fr)***