



COMMUNE DE AMBRONAY



FORAGE DU BELLATON

**SUIVI DES NIVEAUX D'EAU DU FORAGE ET PROSPECTION
GEOPHYSIQUE**

Réf. 22-087/01

Version 2 / 24 juin 2024



CPGF-HORIZON

COMMANDITAIRE

Syndicat Intercommunal des Eaux de la Région d'Ambérieu en Bugey

LOCALISATION

Commune de AMBRONAY

OBJET DE L'ETUDE

Forage du Bellaton

**N° Affaire :
22-087/01**

INTITULE DU RAPPORT

Suivi des niveaux d'eau du forage et prospection géophysique

Conditions d'utilisation du rapport

Ce présent document est, dans sa globalité :

Rédigé à l'usage exclusif du maître d'ouvrage et de façon à répondre aux objectifs contractuels ;

La propriété exclusive de maître d'ouvrage, les conséquences des décisions prises suite aux recommandations émises ne pourront en aucun cas être imputées à CPGF-HORIZON ;

Basé sur les connaissances techniques, réglementaires et scientifiques disponibles à la date d'émission du rapport et se limite à la zone étudiée ;

Indissociable, une utilisation partielle ou toute interprétation dépassant les recommandations émises ne saurait engager la responsabilité de CPGF-HORIZON sauf en cas d'accord préalable établi.

VERSION N°	DATE	REDIGE PAR	RELECTURE	MODIFICATIONS / EVOLUTIONS
1	Octobre 2023	R. BENOIT	G. CECILLON	
2	Mai 2024	R. DOSSOU	R. BENOIT	Interprétation du panneau complémentaire et chiffrage des reconnaissances mécaniques

Ce rapport peut être cité comme suit :

CPGF-HORIZON, 2023. Forage du Bellaton. Suivi des niveaux d'eau du forage et prospection géophysique. Rapport n°22-087/01, v2. Auteur(s) : Romain BENOIT.

SOMMAIRE

1 Préambule.....	3
2 Suivi du forage du Bellaton	5
3 Prospection électrique	7
3.1 Rappel des principes de base	7
3.2 Méthode de prospection électrique par panneaux	7
3.3 Investigations réalisées	8
3.4 Résultats de la prospection électrique	9
3.4.1 Etalonnage	9
3.4.2 Résultats du premier panneau électrique (P1)	9
3.4.3 Résultats du deuxième panneau électrique (P2)	11
3.4.4 Proposition de piézomètres de reconnaissance	13
3.4.5 Chiffrage estimatif	15

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation générale	4
Figure 2 : Graphique de l'évolution des niveaux d'eau dans le forage du Bellaton	5
Figure 3 : Graphique de l'évolution des niveaux d'eau dans la nappe	6
Figure 4: Principe de la prospection électrique par courant continu	7
Figure 5: Implantation du profil géophysique du panneau P1	8
Figure 6: Correspondances entre la résistivité observée et la nature des terrains	9
Figure 7: Résultat et interprétation du profil géophysique.....	10
Figure 8: Implantation du profil géophysique	11
Figure 9: Résultat et interprétation du second profil géophysique (P1) comparé au premier (P2)	12
Figure 3-10 : Proposition d'implantation de piézomètres	14

1

Préambule

Dans le cadre de l'étude de définition de l'Aire d'Alimentation des captages du Bellaton sur la commune d'AMBRONAY (01), le SIERA a sollicité CPGF HORIZON pour la réalisation de mesures complémentaires.

L'objectif de ces mesures est :

- D'améliorer les connaissances quant aux capacités de production du forage (phases de pompage, rabattement engendrés, etc.) ;
- Connaître la position des ouvrages vis-à-vis du substratum local.

Le présent rapport présente :

- Le suivi des niveaux d'eau réalisé durant 3 mois dans le forage du Bellaton ;
- Les résultats de la prospection électrique réalisée dans le périmètre immédiat des ouvrages du Bellaton.

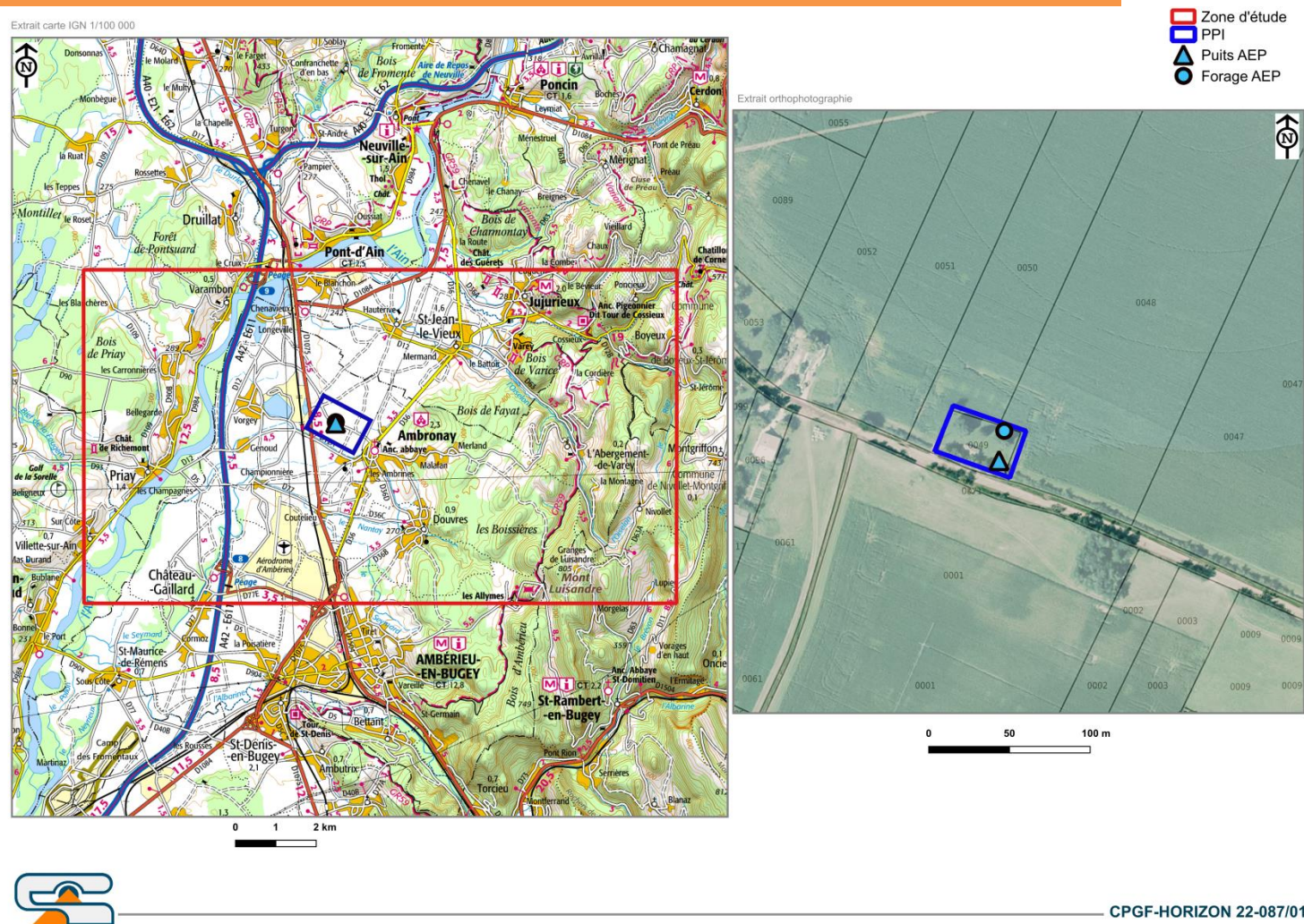


Figure 1 : Situation générale

2

Suivi du forage du Bellaton

Les graphiques suivants présentent les enregistrements des niveaux d'eau et de la pluviométrie réalisés au droit du forage du Bellaton entre le 16 mai et le 10 aout 2023.

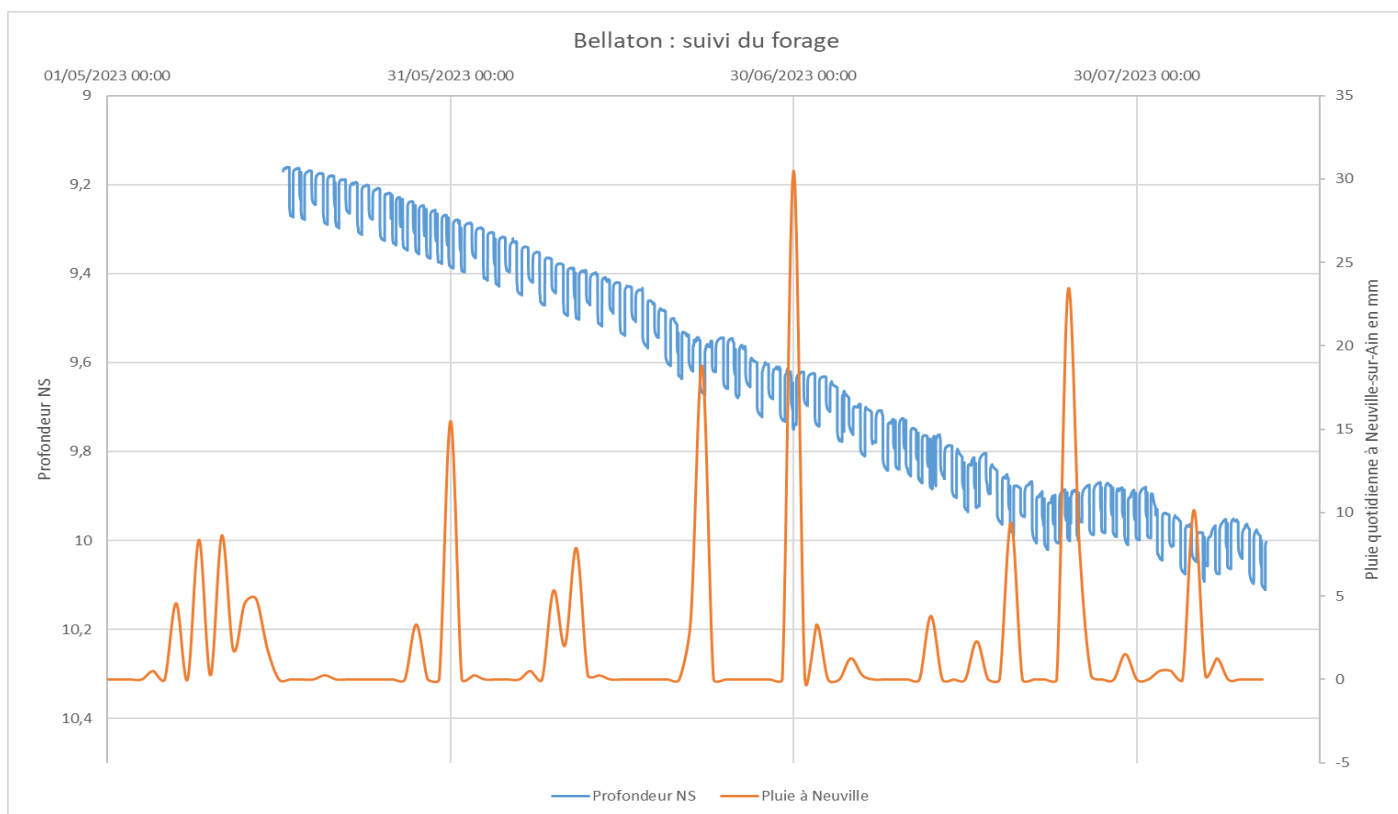


Figure 2 : Graphique de l'évolution des niveaux d'eau dans le forage du Bellaton

Le graphique précédent met bien en évidence que, sur les trois mois de suivi, le niveau d'eau dans l'ouvrage a été en constante baisse. Entre le 16 mai et le 10 aout 2023, le niveau d'eau a baissé de 84 cm.

Les pluies de fin juillet 2023 ont entraîné une légère remontée du niveau d'eau mais rapidement reparti à la baisse à l'arrêt des précipitations.

L'analyse fine de ce suivi met en évidence les points suivants :

- Généralement, le pompage a lieu entre 20h30 et 05h30 chaque jour. En cas de besoin supplémentaire, des démarrages plus tôt dans la journée sont observés ;
- Sur les phases de pompage, nous constatons que le niveau d'eau n'est pas complètement stabilisé. Le temps de pompage est donc trop court pour permettre de voir si le niveau d'eau peut se stabiliser en fonction du débit d'exhaure ;
- En termes de rabattement, les phases de pompage entraînent des rabattements de l'ordre de 7 à 12 cm. Ces rabattements sont observés en alternance comme si deux débits de pompage étaient réalisés (temps de pompage similaire). A noter qu'un sur-rabattement pourrait être engendré par l'exploitation des puits situés à proximité. L'exploitation des données de suivi du SIERA permettra de répondre à cette interrogation.

Remarque : au moment de la rédaction de la présente note, nous ne disposons pas de la valeur exacte du débit de la pompe d'exhaure. Son débit théorique est annoncé à 90 m³/h.

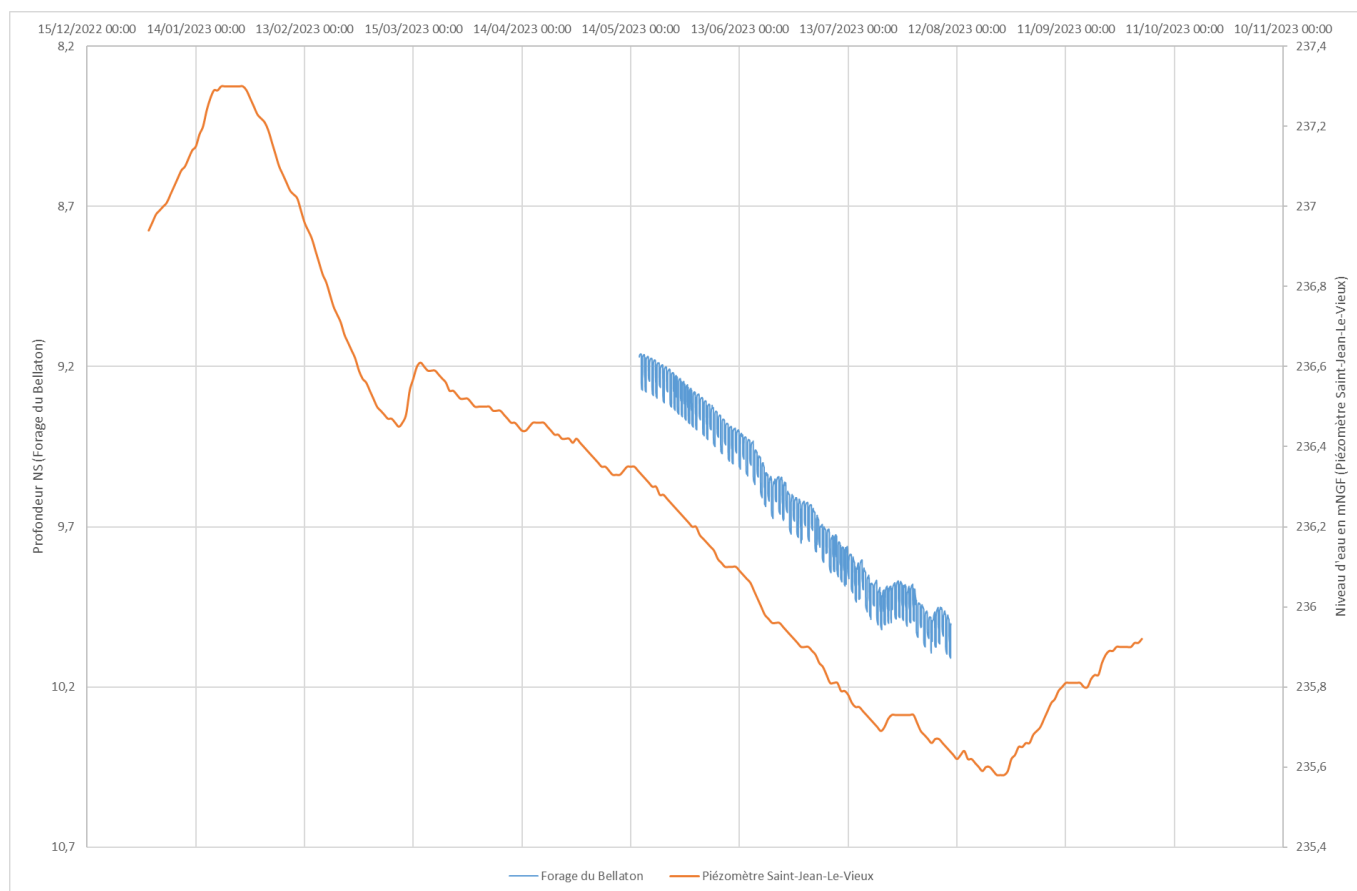


Figure 3 : Graphique de l'évolution des niveaux d'eau dans la nappe

Ce graphique met en évidence que le niveau d'eau dans le captage (courbe bleue) présente les mêmes fluctuations que celles de la nappe suivie à Saint Jean-Le-Vieux (courbe orange).

Nous constatons également que le niveau de plus basses eaux 2023 a été atteint fin août 2023 et que depuis le niveau de la nappe remonte.

3

Prospection électrique

3.1 Rappel des principes de base

La prospection électrique est une méthode non destructive permettant de déterminer la structure et la qualité des terrains.

Cette méthode est fondée sur la possibilité de traduire la nature des terrains en fonction d'un de leurs paramètres physiques : la résistivité.

Ce paramètre varie en fonction de :

- ✚ La nature lithologique : plus un terrain est argileux, plus sa résistivité sera faible. Ainsi, un sable argileux sera plus conducteur qu'un sable propre ou qu'un grès, un calcaire compact sera plus résistant qu'un calcaire fissuré ou altéré ;
- ✚ La teneur en eau et la minéralisation de l'eau : un terrain saturé en eau sera beaucoup plus conducteur qu'un terrain sec, plus l'eau d'imbibition sera minéralisée et plus le terrain sera conducteur.

Ainsi, en fonction du contexte géologique, nous pouvons, à partir des valeurs de résistivité, déterminer la nature lithologique des terrains rencontrés.

3.2 Méthode de prospection électrique par panneaux

Les méthodes de prospection électrique par courant continu consistent à déterminer les propriétés des sols par la mesure de leur résistivité r en $\Omega.m$. Le principe de la mesure est le suivant : un courant continu I est injecté dans le sol par deux électrodes notées A et B. La différence de potentiel V est mesurée aux bornes de deux autres électrodes notées M et N :

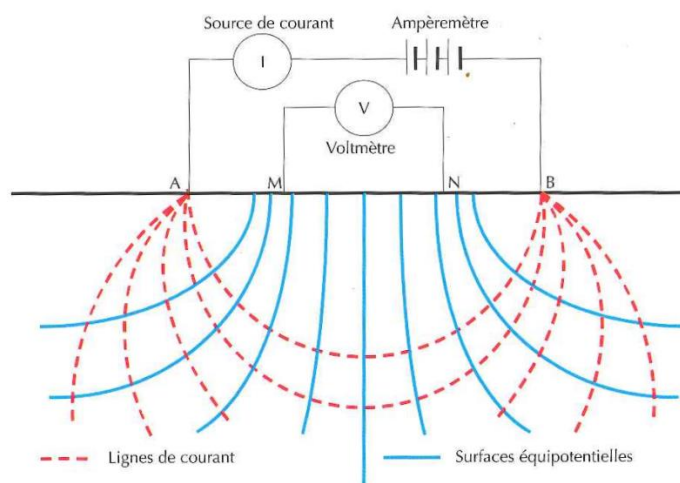


Figure 4: Principe de la prospection électrique par courant continu

La méthode des panneaux électriques consiste à implanter un grand nombre d'électrodes à intervalles constants le long d'un profil linéaire. Toutes les électrodes sont reliées à un dispositif de mesure de potentiel et d'injection de courant. Les électrodes jouent alternativement le rôle d'électrodes d'injection et de mesure du potentiel.

Le but des panneaux électriques est d'établir une coupe de la répartition des terrains en fonction de leur résistivité apparente. Après modélisation des sections expérimentales, nous pourrions visualiser la disposition des différents terrains en présence, en fonction de leur résistivité vraie et mettre ainsi en évidence des changements latéraux et verticaux de faciès de terrain.

La précision de la mesure dépend en partie du protocole de mesures choisi. A la vue de la géométrie des formations alluvionnaires sous-jacentes, nous avons privilégié un protocole adapté aux structures horizontales : protocole de type Pôle-Dipole.

L'espacement entre électrodes joue sur la profondeur d'investigation. Plus les électrodes sont espacées, plus les mesures peuvent être recueillies en profondeur.

Notre système de mesure permet l'acquisition d'un linéaire de 64 électrodes : dans le cadre de l'étude nous avons choisi un espacement de 5 m pour une longueur unitaire de panneau électrique de 315 m. cet espacement de 5 mètres nous permet d'effectuer les mesures jusqu'à 45 m de profondeur ce qui est suffisant dans le cadre de l'étude.

Les mesures électriques sont réalisées avec un résistivimètre ABEM SAS 1000 associé au système LUND pilotant un réseau de 64 traces. Cet appareil permet la sommation (4 cycles au minimum) et le stockage des mesures.

Les fichiers bruts (résistivité apparente en fonction de la distance d'injection) sont ensuite interprétés à l'aide d'un logiciel d'inversion (RES2DINV) qui permet de calculer une coupe résistivité "vraie" en fonction de la profondeur.

3.3 Investigations réalisées

CPGF-HORIZON a réalisé 1 profil électrique orienté ouest-est et passant le long de la bordure nord de la clôture du PPI.

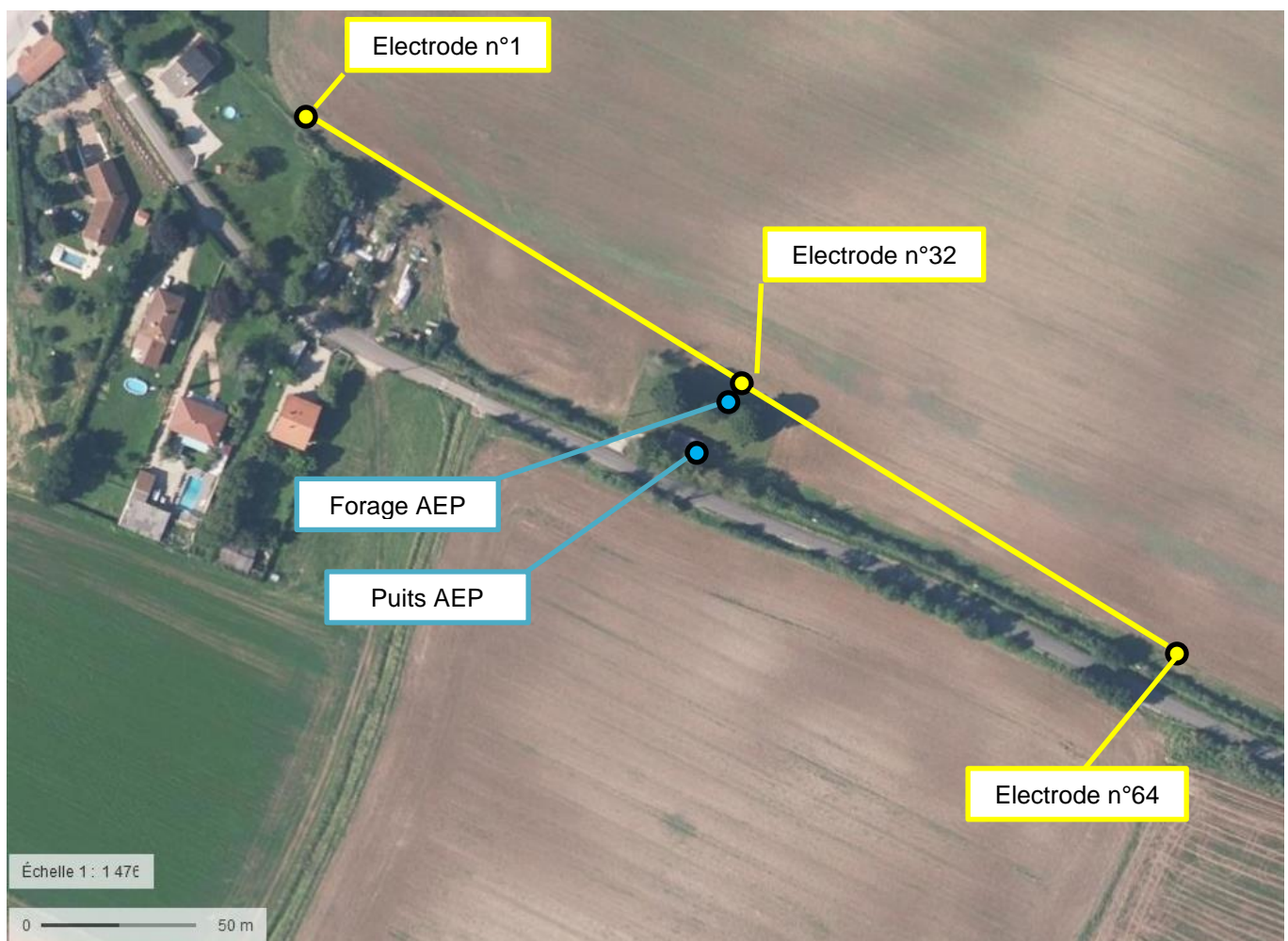


Figure 5: Implantation du profil géophysique du panneau P1

3.4 Résultats de la prospection électrique

3.4.1 Etalonnage

Face à l'absence de coupes géologiques reportées pour les ouvrages AEP du Bellaton, nous proposons un étalonnage basé sur les valeurs de résistivité couramment observées dans un contexte géologiques similaires.

Ces correspondances proposées sont illustrées dans la figure ci-dessous :

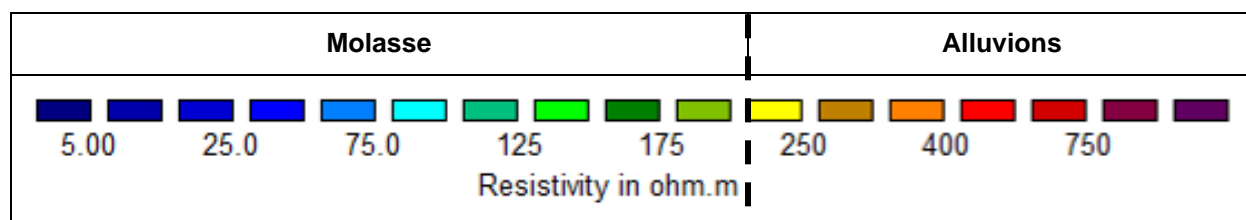


Figure 6: Correspondances entre la résistivité observée et la nature des terrains

Il pourrait être intéressant de confirmer ces correspondances par la réalisation de nouveaux sondages mécaniques au droit du site.

3.4.2 Résultats du premier panneau électrique (P1)

Le résultat des mesures du panneau électrique (P1) sont représentés sur la figure en page suivante.

Ce profil met en évidence les éléments suivants :

- En surface, absence de formations argilo-limoneuse dite de « protection ou couverture ». Les alluvions affleurent directement ;
- Sur la moitié ouest du profil, entre les abscisses 2,5 et 160 m, un horizon résistant assimilable aux alluvions anciennes aquifères est observé entre 0 et 35 m de profondeur environ. Cette profondeur est cohérente avec les données bibliographiques (sondage profond au sud du PPI). Sous cet horizon résistant, les formations géologiques deviennent conductrices et sont assimilables au substratum molassique ;
- Au centre du profil, entre les abscisses 163 et 188 m, le profil électrique mettrait en évidence une légère remontée du substratum molassique. Au-delà de l'abscisse 188 m, nous n'observons plus de formations conductrices à la base du panneau. Cela pourrait signifier que le substratum se trouve à une profondeur supérieure à 45m.
- Sur la moitié est du profil, entre les abscisses 188 et 317,5 m, un horizon résistant assimilable aux alluvions anciennes aquifères est observé entre 0 et 45 m de profondeur environ. A noter qu'une lentille conductrice (argiles ?) est observable entre les abscisses 208 et 263 m pour une épaisseur d'environ 10m.

Nous avons positionné sur ce profil les ouvrages du Bellaton. Cette représentation mettrait en évidence que les ouvrages ne seraient pas « posés » sur le substratum résistants (ouvrages imparfait).

D'après les données à notre disposition, le fond du puits du Bellaton se situerait environ 20 au-dessus du substratum et le fond du forage à environ 15m au-dessus du substratum.

Afin de vérifier ces interprétations, nous préconisons la réalisation de deux sondages de reconnaissances équipés en piézomètres :

- **Piézomètre dans le PPI** : ouvrage ayant comme objectif de reconnaître la profondeur exacte du substratum dans le but de dimensionner au plus juste la création d'un futur ouvrage ;
- **Piézomètre à l'est du PPI** (abscisse 245 m) : ouvrage ayant comme objectif de reconnaître la profondeur exacte du substratum au droit du potentiel surcreusement dans le but d'identifier ou non un nouveau secteur pouvant accueillir un nouvel ouvrage de production AEP.

22-087/01- 2023- CPGF-HORIZON

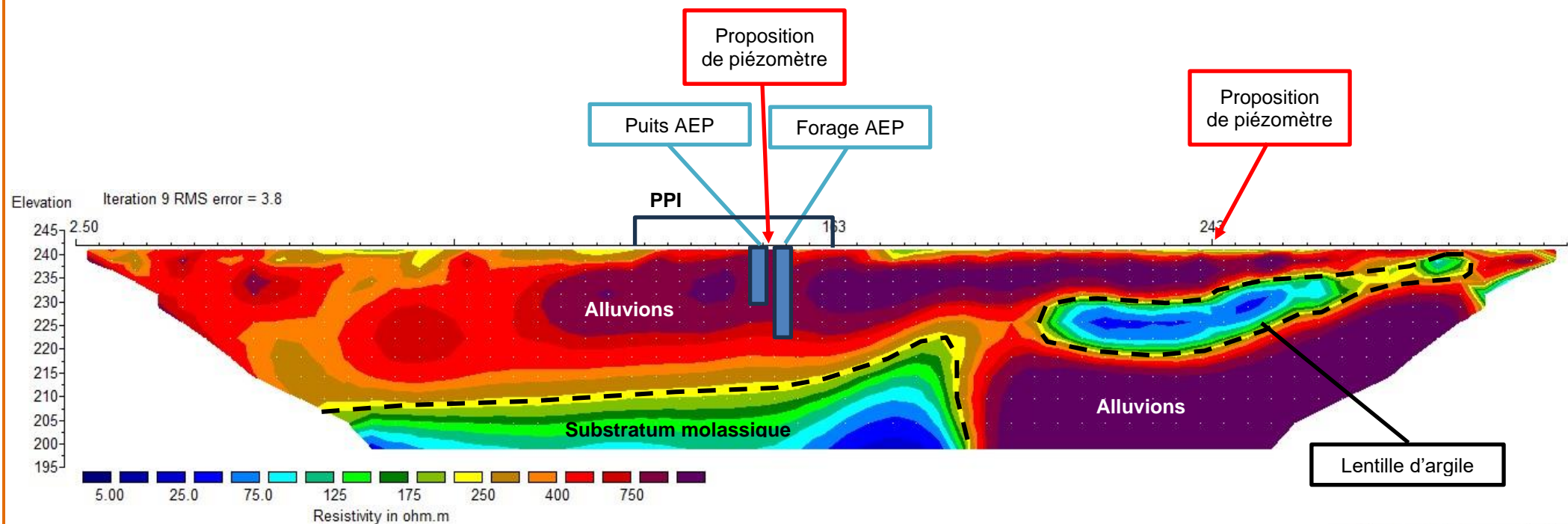


Figure 7: Résultat et interprétation du profil géophysique

3.4.3 Résultats du deuxième panneau électrique (P2)

Le second profil électrique (trait bleu) réalisé par CPGF-HORIZON est orienté ouest-est et passant le long de la bordure sud de la clôture du PPI.

Dans le cadre de la réalisation de ce panneau, nous avons choisi un espacement de 10 m entre les électrodes pour une longueur unitaire de panneau électrique de 630 m, soit deux fois la longueur du premier panneau. Cet espacement de 10 mètres nous permet d'effectuer les mesures jusqu'à 110 m de profondeur

Notons que la résolution du premier panneau est meilleure que celle du second du fait de l'espacement de 5 m entre les électrodes qui permet d'avoir une meilleure précision. En revanche le second panneau permet de voir des horizons plus profonds.

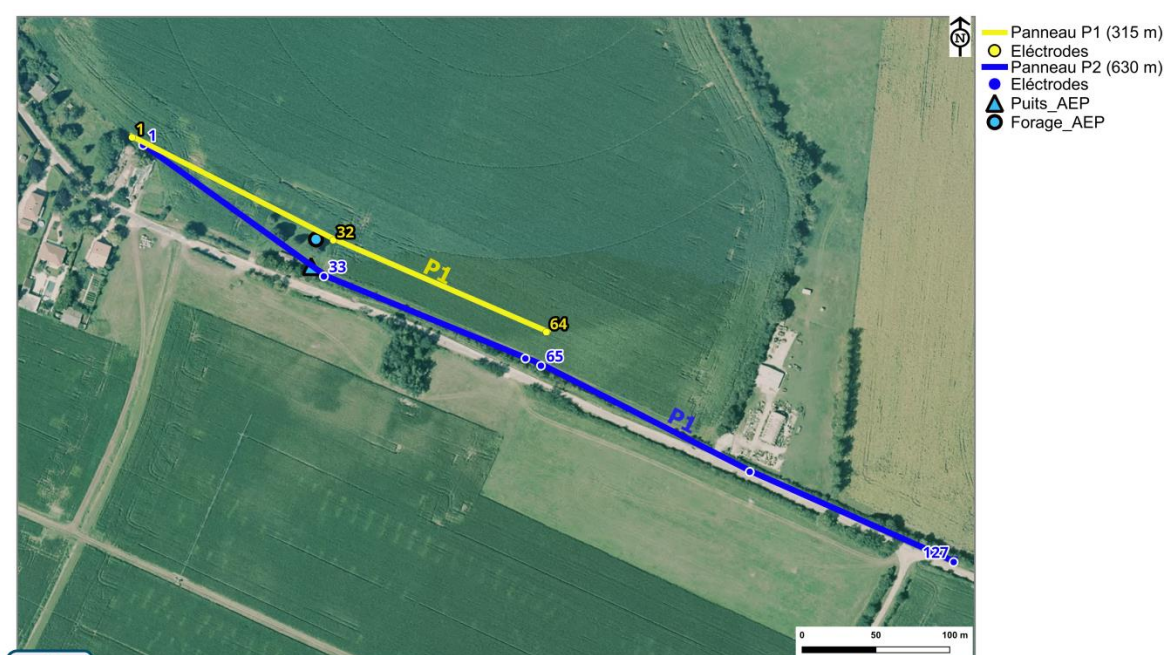


Figure 8: Implantation du profil géophysique

Le résultat des mesures du second panneau électrique comparé au premier sont représentés sur la figure en page suivante.

Ce profil met en évidence les éléments suivants :

- sur la moitié Ouest, pratiquement les mêmes horizons que ceux du premier panneau sur une profondeur de 45 m entre les abscisses 0 et 315 m à l'exception de la formation argilo-limoneuse qui apparaît en surface entre les abscisses 180 et 270 m (cette formation apparaît sur P1, mais un peu plus en profondeur sous forme d'une lentille d'argile).
Sous ces horizons, les formations géologiques observées sont conductrices et constituent la suite de celles observées sur le panneau 1. Elles confirment donc qu'il s'agit bien du substratum molassique.
- sur la moitié Est du profil, en surface, on note la présence de formations argilo-limoneuses dite de « protection ou couverture » entre les abscisses 290 et 530 m. Sous cette formation, on retrouve un horizon résistant assimilable aux alluvions anciennes mais qui présente une grosse lentille d'argile au milieu à 20 m de profondeur entre les abscisses 340 et 470 m. Contrairement à la moitié Ouest, le substratum molassique n'est pas visible sur cette partie.

Les résultats obtenus de l'interprétation de ce panneau confirment ceux du premier panneau. Néanmoins, pour la vérification de ces résultats, il est nécessaire de réaliser des sondages de reconnaissances équipés en piézomètres comme préconisés dans la partie 3.4.2.

22-087/01- 2023- CPGF-HORIZON

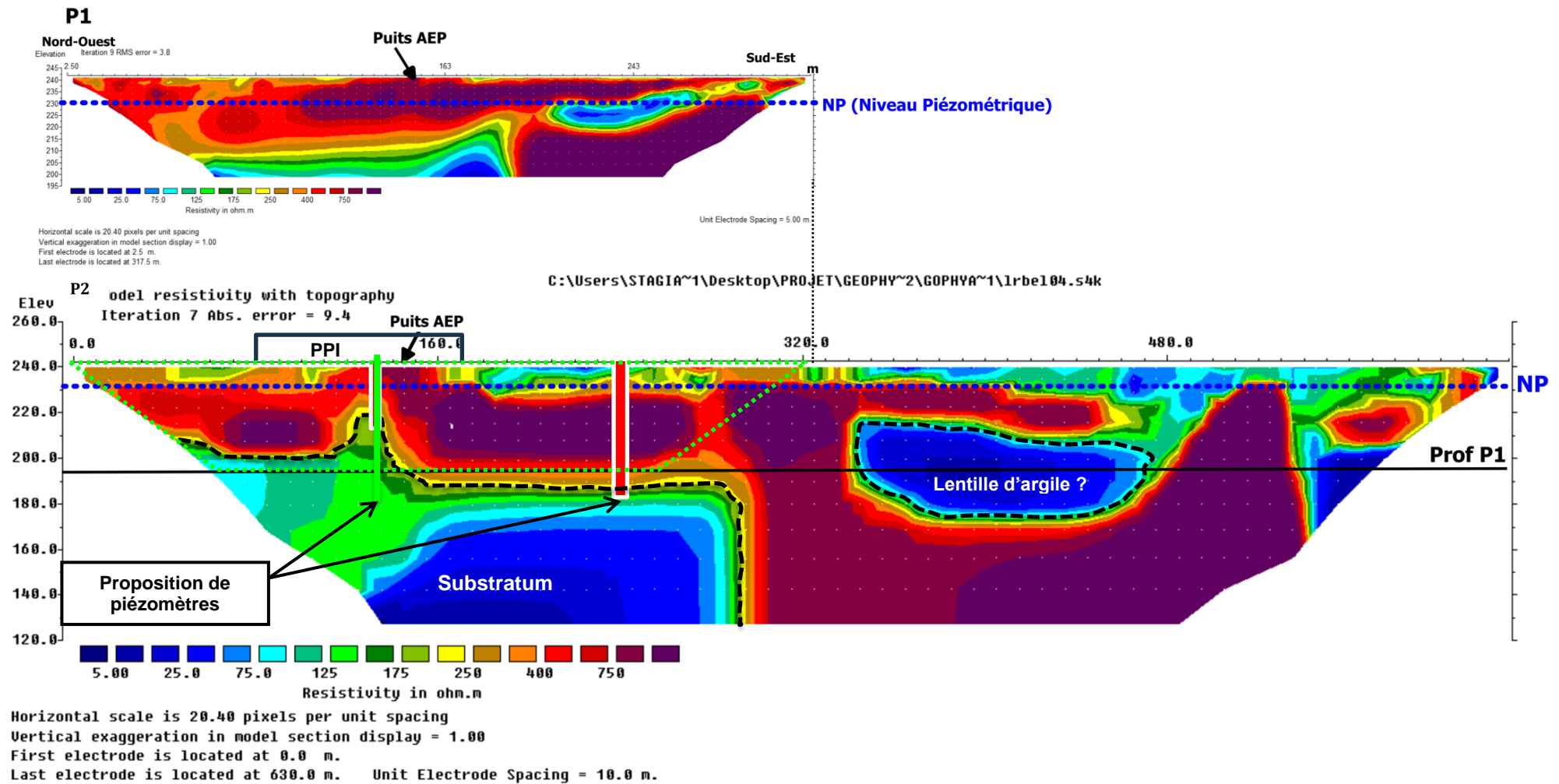


Figure 9: Résultat et interprétation du second profil géophysique (P1) comparé au premier (P2)

3.4.4 Proposition de piézomètres de reconnaissance

Les limites de la méthode géophysique employée posent un voile d'incertitude sur ces interprétations, notamment sur les épaisseurs ou profondeur des horizons mis en évidence ainsi que leur nature lithologique. Plusieurs éléments peuvent expliquer l'inexactitude du modèle géophysique construit :

- Incertitude liée à la notion d'équivalence, lors de l'inversion des données de résistivités mesurées.
- Les variations rapides de la lithologie comme des alternances de bancs peu épais d'argiles et des matériaux résistants produisent des artéfacts.

La prospection géophysique donne tout de même une indication globale de la structure des terrains. **Elle ne permet pas de trancher sur la teneur en eau des formations sondées.** Les interprétations pourront être confirmées ou recalées avec les données géologiques de sondages de reconnaissance situés au droit des profils.

3.4.4.1 Implantation proposée

La réalisation de 2 piézomètres nous semble pertinente. Les critères pour leur implantation sont les suivants :

- Une tranche alluvionnaire importante avec une granulométrie assez grossière ;
- Eloigné de tout obstacle (arbres, haie, etc.) ;
- Le moins impactant possible pour l'exploitation des parcelles agricoles.

Il est alors proposé d'implanter les piézomètres aux points suivants :

Tableau 3-1 : Proposition de localisation des piézomètres

	Pz1	Pz2
Situation sur profils électriques	PM 60 sur PE1	PM 240 sur PE2
X (Lambert 93)	881 700,07	881 823,07
Y (Lambert 93)	6 548 653,48	6 548 594,32
Parcelle	ZC 0049	ZC 0047
Lithologie aquifère	Sables et graviers	Sables et graviers
Profondeur recherchée	40 m	60 m

Ces piézomètres permettront de :

- Etalonner les résultats de la prospection géophysique ;
- Connaître l'épaisseur d'alluvions encore disponible sous les actuels ouvrages AEP ;
- Déterminer la localisation idéale du forage d'essai en fonction de tous les résultats précédents.

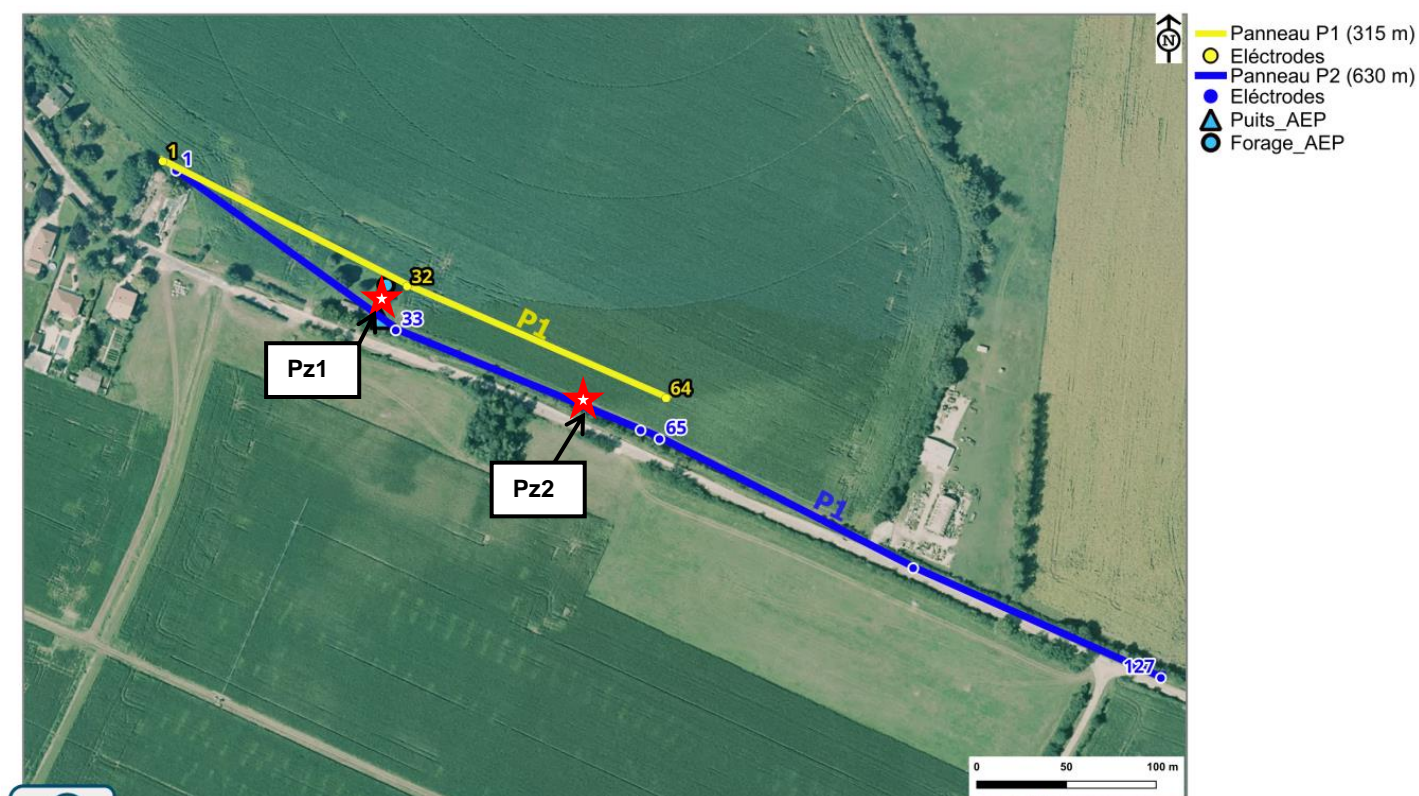


Figure 3-10 : Proposition d'implantation de piézomètres

3.4.4.2 Caractéristiques techniques prévisionnelles

Sur l'hypothèse d'une épaisseur d'aquifère de 50 mètres, la coupe géologique et technique théorique de ces ouvrages est donnée dans le tableau suivant. L'équipement pourra faire l'objet de modification en fonction des observations des terrains lors de la foration.

Tableau 3-2 : Coupes techniques théoriques des piézomètres

Foration/Alésage		
Profondeur (m)	Diamètre (mm)	Méthode
De 0 à 20 m	Ø 254 mm	ODEX
De 20 à 40/60 m	Ø 194 mm	ODEX
Tubages		
Profondeur (m)	Diamètre (mm)	Nature
De + 1,5 à 30 m	Ø 80/90 mm	Tube plein PVC à raccords vissés
De 30 à 50 m	Ø 80/90 mm	Crépines PVC à raccords vissés
Complétion		
Profondeur (m)	Lieu	Nature
De 0 à 10 m	Extrados du tube Ø 80/90 mm	Cimentation annulaire
De 10 à 11 m	Extrados du tube Ø 80/90 mm	Bouchon de sobranite
De 11 à 50 m	Extrados du tube Ø 80/90 mm	Massif filtrant
De + 1,5 à 0 m	En tête d'ouvrage	Capot acier cadénassé avec un bouchon de tête et réalisation d'une dalle en béton de 3 m ² sur 0,3 m d'épaisseur.

3.4.5 Chiffrage estimatif

Sur la base des éléments techniques et géologiques cités précédemment, les frais de réalisation de 2 piézomètres sont donnés au tableau suivant.

Tableau 3-3 : Chiffrage estimatif des travaux

Eléments	Prix unitaire (HT)	Unités	Prix total (HT)
Démarches administratives			
Dossier de déclaration au titre de la Loi sur l'eau	1 500 €	1	1 500 €
Dossier « Cas par cas » pour forage de plus de 50 m	300 €	1	300 €
Déclaration à la DREAL au titre du Code Minier	400 €	1	400 €
Rédaction du DCE pour la consultation	950 €	1	950 €
Réponses aux questions et analyse des offres	350 €	1	350 €
Suivi des travaux de création des piézomètres	1 350 €	1	1 350 €
Sous-total			4 850 €
PIEZOMETRE de 40 m (Pz1)			
Amené / repli et installation de la foreuse	7 000 €	1	7 000 €
Foration marteau fond de trou avec tubage à l'avancement ø254 mm, jusqu'à 20 m de profondeur maximum	300 €	20	6 000 €
Foration marteau fond de trou avec tubage à l'avancement ø194 mm, jusqu'à 60 m de profondeur maximum	240 €	20	4 800 €
Equipement PVC ø80x90 mm et complétion de l'espace annulaire (graviers, argile et coulis de ciment)	105 €	40	4 200 €
Mise en place d'une tête de protection étanche et cadénassée, scellée dans une dalle béton réglementaire (3 m2)	1 500 €	1	1 500 €
Evacuation des déblais de foration et de terrassement	1 000 €	1	1 000 €
Sous-total			24 500 €
PIEZOMETRE de 60 m (Pz2)			
Transfert du personnel et du matériel, sans rechargement de la foreuse et installation de la foreuse	1 500 €	1	1 500 €
Foration marteau fond de trou avec tubage à l'avancement ø254 mm, jusqu'à 20 m de profondeur maximum	300 €	20	6 000 €
Foration marteau fond de trou avec tubage à l'avancement ø194 mm, jusqu'à 60 m de profondeur maximum	240 €	40	9 600 €
Equipement PVC ø80x90 mm et complétion de l'espace annulaire (graviers, argile et coulis de ciment)	105 €	60	6 300 €
Mise en place d'une tête de protection étanche et cadénassée, scellée dans une dalle béton réglementaire (3 m2)	1 500 €	1	1 500 €
Evacuation des déblais de foration et de terrassement	1 000 €	1	1 000 €
Sous-total			25 900 €
TOTAL			55 250 €

Enfin, suite à la création de ces piézomètres, si un **nouvel ouvrage d'exploitation** devait être créé le budget d'une telle opération serait de l'ordre de **165 000 € HT**. Ce budget comprendrait la création du forage en INOX 304L en ø600 mm avec une crépine à fil enroulé de 15 à 45 m puis un pompage d'essai de 72h à 250 m³/h avec analyse d'eau et inspection vidéo.

Remarque : Les prix donnés au-dessus sont basés sur notre expérience. Ils peuvent varier selon le cours du prix des matériaux et les entreprises sollicitées.