



## **Rapport de Détection de Cavités Souterraines – Etude Complémentaire : PHASE 3**

***Déviatation Sud-Ouest  
d'Evreux (DSOE)***

–

***Bretelle Nord du demi-  
échangeur  
d'Arnières-sur-Iton (27)***

SAS TELLUS ENVIRONMENT

Centre d'affaires CICEA, 2 rue du courtil 35170 BRUZ | [www.tellus-environment.com](http://www.tellus-environment.com) |

☎ 02 99 52 36 93 | [contact@tellus-environment.com](mailto:contact@tellus-environment.com)

SIRET 752 182 824 00017 | APE 6201Z | 752 182 824 RCS RENNES



## INFORMATIONS GÉNÉRALES

|                           |                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Titre</u>              | <p>Rapport de Détection de Cavités Souterraines – Etude Complémentaire : PHASE 3</p> <p>Déviation Sud-Ouest d'Evreux (DSOE)</p> <p>Bretelle Nord du demi-échangeur d'Arnières-sur-Iton (27)</p>                           |                                                                                                                                                                                              |
| <u>MOA</u>                | <br><b>PRÉFET<br/>DE LA RÉGION<br/>NORMANDIE</b><br><i>Liberté<br/>Égalité<br/>Fraternité</i>                                            | <b>DREAL NORMANDIE</b><br><i>Direction Régionale de l'Environnement, de<br/>l'Aménagement et du Logement – Normandie</i><br><br>Cité Administrative<br>2 Rue Saint-Sever – 76032 ROUEN CEDEX |
| <u>AMOA/PYRO</u>          |                                                                                                                                         | <b>CESP</b><br><i>Cabinet d'Etude en Sécurité Pyrotechnique</i><br><br>Le Masters<br>25 Rue de Châtillon – 25480 ECOLE VALENTIN                                                              |
| <u>AMOA/AMIANTE</u>       | <br>concepteur-novateur de la ville de demain.                                                                                         | <b>SCOPING – Agence Ile-de-France</b><br>15 Avenue Emile Baudot – 91300 MASSY                                                                                                                |
| <u>MOE</u>                | <br><b>MINISTÈRE<br/>DE L'AMÉNAGEMENT<br/>DU TERRITOIRE ET<br/>DE LA DÉCENTRALISATION</b><br><i>Liberté<br/>Égalité<br/>Fraternité</i> | <b>DIR NORD-OUEST</b><br><i>Direction Interdépartementale des Routes<br/>Nord-Ouest</i><br><br>97 Boulevard de l'Europe<br>C.S. 61141 – 76175 ROUEN CEDEX 1                                  |
| <u>Référence document</u> | 20250905_R0                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                              |
| <u>Classification</u>     | Confidentiel client                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                              |
| <u>Publication</u>        | 05/09/2025                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                              |

## SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES À JOUR DU DOCUMENT

| <u>Date</u> | <u>Pages</u> | <u>Nature des modifications</u> | <u>Rédacteur</u> | <u>Vérificateur</u> | <u>Approbateur</u> | <u>Révision</u> |
|-------------|--------------|---------------------------------|------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| 05/09/2025  | 49           | Création du document            | M. PETRONILLE    | G. ETAIX            | G. ETAIX           | 0               |
|             |              |                                 |                  |                     |                    |                 |
|             |              |                                 |                  |                     |                    |                 |

## CONTACTS

| <u>Qualité</u>                       | <u>Nom</u>       | <u>Coordonnées</u>                                          |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------|
| Géophysicienne –<br>Cheffe de projet | Marie PETRONILLE | 07.77.05.79.93<br>marie.petronille@tellus-environnement.com |
| CEO                                  | Geoffroy ETAIX   | 06.66.61.90.88<br>geoffroy.etaix@tellus-environnement.com   |



***Ce document est strictement confidentiel.***

***Sa reproduction, même partielle, ou sa diffusion est INTERDITE  
sans l'autorisation écrite préalable de Tellus Environnement***

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. OBJET DE L'ÉTUDE.....</b>                                                                                                 | <b>7</b>  |
| <b>2. STRATÉGIE D'ÉTUDE POUR LA PHASE COMPLÉMENTAIRE .....</b>                                                                  | <b>8</b>  |
| 2.1. SYNTHÈSE DES RESULTATS ISSUS DES PHASES 1 ET 2 .....                                                                       | 8         |
| 2.2. PROPOSITION D'INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES .....                                                                         | 13        |
| 2.3. PHASAGE DES TRAVAUX .....                                                                                                  | 13        |
| <b>3. PRÉSENTATION TECHNIQUE DES INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES (PHASE 3) .....</b>                                             | <b>16</b> |
| 3.1. METHODOLOGIE ET PROTOCOLE DE MESURES .....                                                                                 | 16        |
| 3.1.1. RÉALISATION DE SONDAGES .....                                                                                            | 16        |
| 3.1.2. MESURES MAGNÉTIQUES EN FORAGE ( <i>BOREHOLE</i> ) .....                                                                  | 19        |
| 3.2. TRAITEMENT DES DONNÉES ACQUISES AU DÉTECTEUR DE MÉTAUX ET À LA SONDE <i>BOREHOLE</i> , ET MÉTHODE<br>D'INTERPRÉTATION..... | 21        |
| <b>4. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS.....</b>                                                                                     | <b>22</b> |
| <b>5. RÉPONSES AU BESOIN DU CLIENT .....</b>                                                                                    | <b>26</b> |

## ANNEXES

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANNEXE 1 : MOYENS MATERIELS POUR LA REALISATION DES SONDAGES.....                                                       | 29 |
| ANNEXE 2 : MOYENS MATERIELS POUR LES MESURES MAGNETIQUES EN FORAGE .....                                                | 30 |
| ANNEXE 3 : MESURES MAGNETIQUES EN FORAGE POUR DETECTION D'UXO – MODE OPERATOIRE.....                                    | 32 |
| ANNEXE 4 : RESULTATS ISSUS DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES MENEES SUR LE SITE D'ETUDE EN JUILLET 2025 – PHASE 3..... | 36 |

## LISTE DES FIGURES

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE 1: LOCALISATION DE L'EMPRISE D'ETUDE – PROJET DSOE – DEMI-ECHANGEUR D'ARNIERES-SUR-ITON – BRETELLE DE SORTIE. ....                                | 9  |
| FIGURE 2 : PLAN DE MASSE DU PROJET DSOE – DEMI-ECHANGEUR D'ARNIERES-SUR-ITON – BRETELLE DE SORTIE. ....                                                  | 10 |
| FIGURE 3 : CONCATENATION DES RESULTATS ISSUS DES MESURES GEOPHYSIQUES EFFECTUEES SUR LE SITE D'ETUDE LORS LES PHASES 1 ET 2. ....                        | 12 |
| FIGURE 4 : PROPOSITION D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES POUR LA RECHERCHE DE POTENTIELS VIDES ET MUNITIONS SUR LE SITE D'ETUDE. ....                     | 14 |
| FIGURE 5 : FOREUSE GEO 205 (COMACCHIO) UTILISEE POUR LES SONDAGES SUR LE SITE D'ETUDE EN PHASE 3. ....                                                   | 18 |
| FIGURE 6 : PRESENTATION DU DETECTEUR (SBL10, SENSYS) ET DE SA SONDE BOREHOLE UTILISEES POUR LES MESURES MAGNETIQUES EN FORAGE, ET PROTOCOLE ASSOCIE..... | 20 |
| FIGURE 7 : EXEMPLE DE MESURE BOREHOLE OBTENUE SUR LE SITE D'ETUDE. ....                                                                                  | 21 |
| FIGURE 8 : RESULTATS ISSUS DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES MENEES SUR LE SITE D'ETUDE EN JUILLET 2025 – PHASE 3. ....                                 | 25 |

## LISTE DES TABLEAUX

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLEAU 1 : PLANNING PREVISIONNEL DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES (PHASE 3). ....                                  | 15 |
| TABLEAU 2 : MATERIEL ET PROTOCOLE ASSOCIE POUR LA REALISATION DE SONDAGES SUR LE SITE D'ETUDE EN PHASE 3. ....        | 17 |
| TABLEAU 3 : MATERIEL ET PROTOCOLE ASSOCIE POUR LES MESURES MAGNETIQUES EN FORAGE SUR LE SITE D'ETUDE EN PHASE 3. .... | 19 |

## GLOSSAIRE

- **AMOA** : Assistance à Maîtrise d'Ouvrage
- **AMOA/PYRO** : Assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour la gestion du risque Pyrotechnique
- **AMOA/AMIANTE** : Assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour la gestion du risque Amiante
- **DSOE** : Déviation Sud-Ouest d'Evreux
- **MOA** : Maîtrise d'Ouvrage
- **MOE** : Maîtrise d'Oeuvre
- **PIC** : Plan d'Installation de Chantier
- **PPSPS** : Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé
- **VIC** : Visite d'Inspection Commune
- **UXO** : UneXploded Ordnance

## 1. OBJET DE L'ÉTUDE

La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet de la déviation Sud-Ouest d'Evreux (DSOE) qui constitue la dernière section du projet de déviation de l'agglomération ébroïcienne (27), situé entre l'échangeur des Fayaux (connexion à la déviation Sud-Est) et celui de Cambolle (connexion à la déviation de Parville).

Préalablement aux travaux, la société TELLUS ENVIRONNEMENT a été mandatée par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie (DREAL Normandie) afin de détecter d'éventuelles cavités souterraines susceptibles de renfermer des munitions non-explosées dans l'emprise concernant la création de la bretelle Nord du demi-échangeur d'Arnières-sur-Iton (27).

Afin de répondre au besoin du client, des opérations d'aplanissement de banquettes (PHASE 1) suivies d'investigations géophysiques (PHASE 2) ont été menées sur l'emprise d'étude de mars à mai 2025. Cette première étude a fait l'objet de la rédaction d'un rapport<sup>1</sup> présentant nos résultats quant à la présence de potentielles zones d'intérêt.

Suite aux résultats des PHASES 1 et 2, une étude complémentaire a été menée afin de réaliser des sondages préalablement positionnés au droit d'anomalies détectées en PHASES 1 et 2, et vérifier ponctuellement la présence de cavités et/ou de munitions. Cette étude, dont fait l'objet ce rapport, s'inscrit dans la PHASE 3 des investigations menées par TELLUS ENVIRONNEMENT sur le site d'étude.

---

<sup>1</sup> Document « CR\_DSOE\_DREAL\_Détection cavités\_Investigations géophysiques\_TELLUS\_N020250513\_R0.docx ».

## 2. STRATÉGIE D'ÉTUDE POUR LA PHASE COMPLÉMENTAIRE

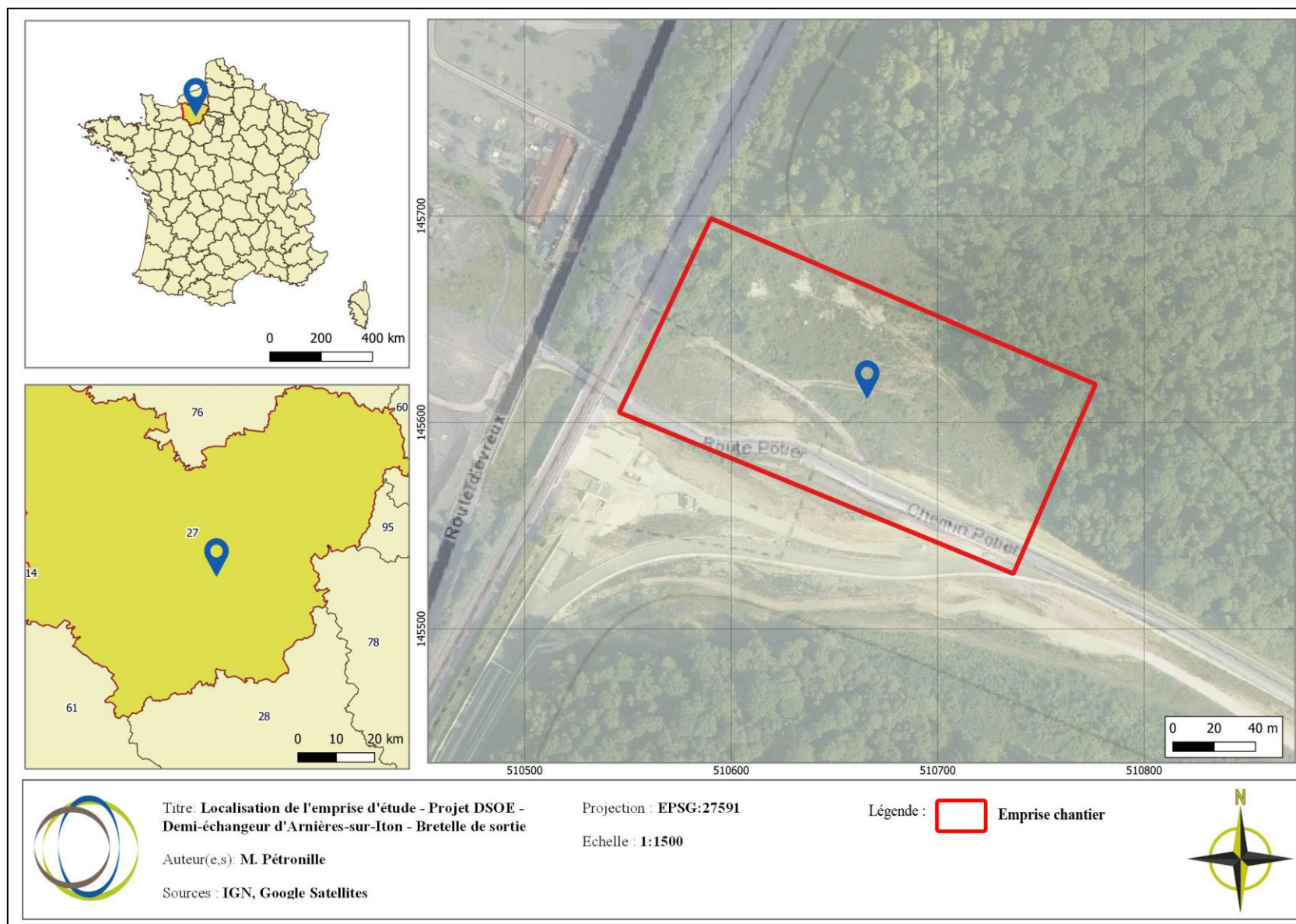
### 2.1. Synthèse des résultats issus des PHASES 1 et 2

De par son contexte géologique (substratum crayeux induisant des karstifications) et historique (utilisation de la carrière du Fond Potier au cours de la Seconde Guerre Mondiale comme lieu de stockage de munitions et pétardage en fin de guerre), l'emprise d'étude, localisée au lieu-dit « la grille Gibourdelle », à la limite entre Evreux et Arnières-sur-Iton (27) (Figure 1), présente un risque de pollution pyrotechnique<sup>2</sup> avéré associé à la présence de cavités/galeries souterraines, *a priori* plutôt en partie Nord.

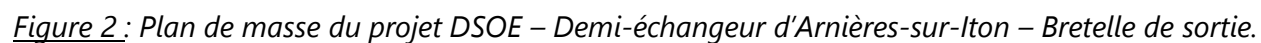
Afin de sécuriser les travaux de la future déviation (Figure 2), TELLUS ENVIRONNEMENT a dirigé son étude en 2 phases : le terrassement de banquettes en PHASE 1, suivi de mesures géophysiques en PHASE 2.

---

<sup>2</sup> Cf Document « CR\_DSOE\_DREAL\_Détection cavités\_Investigations géophysiques\_TELLUS\_N020250513\_R0.docx » pour une synthèse plus détaillée.



*Figure 1: Localisation de l'emprise d'étude – Projet DSOE – Demi-échangeur d'Arnières-sur-Iton – Bretelle de sortie.*



La concaténation des 3 types de mesures géophysiques réalisées a permis de mettre en évidence six zones d'intérêt quant au besoin du client (Figure 3) :

- La zone A : située à l'Est de la banquette 3 (du haut), il s'agit de la zone à plus forte probabilité de cavité car des anomalies concordantes issues des 3 méthodes employées sont détectées. La plus grosse anomalie microgravimétrique du site (-30  $\mu$ gal) y est observée, avec une profondeur évaluée aux environs de 10 m. Qui plus est, cette zone intègre la position des sondages SC37/SP38 au droit desquels des vides (et munitions pour SC37) ont été trouvés entre 8,5 et 10 m de profondeur.  
La zone A est potentiellement raccordée à la zone A', située quelques mètres plus à l'Est, mais le faible nombre de points de mesures dans cette zone ne permet pas de conclure de manière fiable. Il s'agit peut-être également d'une zone caractérisée par un défaut de masse en lien avec la zone ayant été déminée/remblayée ;
- La zone B : située plus à l'Ouest de la banquette 3, ses caractéristiques sont concordantes avec les indices de puits relevés lors d'observations antérieures à cette étude. Le puits, d'un diamètre estimé à 4,5 m environ, trouverait son toit à 50 cm de profondeur environ. Le lien de cette zone avec la carrière Potier n'a pas été établi, faute de mesures supplémentaires ;
- La zone C : située à l'Ouest de la banquette 2 (du milieu), ses caractéristiques pourraient être concordantes avec une petite cavité ou un puits de 4 à 5 m de diamètre maximum et dont le toit se situerait aux environs de 2,5-3 m de profondeur ;
- La zone D : située à l'Est de la banquette 2, ses caractéristiques pourraient être concordantes avec une zone décomprimée liée à la zone déminée/remblayée, ou être possiblement en lien avec la zone A de la banquette 3 ;
- La zone E : située à l'Ouest de la banquette 1, ses caractéristiques, comme celles de la zone C, pourraient être concordantes avec une petite cavité ou un puits de 3 m de diamètre environ et dont le toit se situerait aux environs de 4 m de profondeur ;
- La zone F : située plus à l'Est de la banquette 1, ses caractéristiques, comme celles de la zone E, pourraient être concordantes avec une zone décomprimée liée à la zone déminée/remblayée, ou être en lien avec les zones D et A.

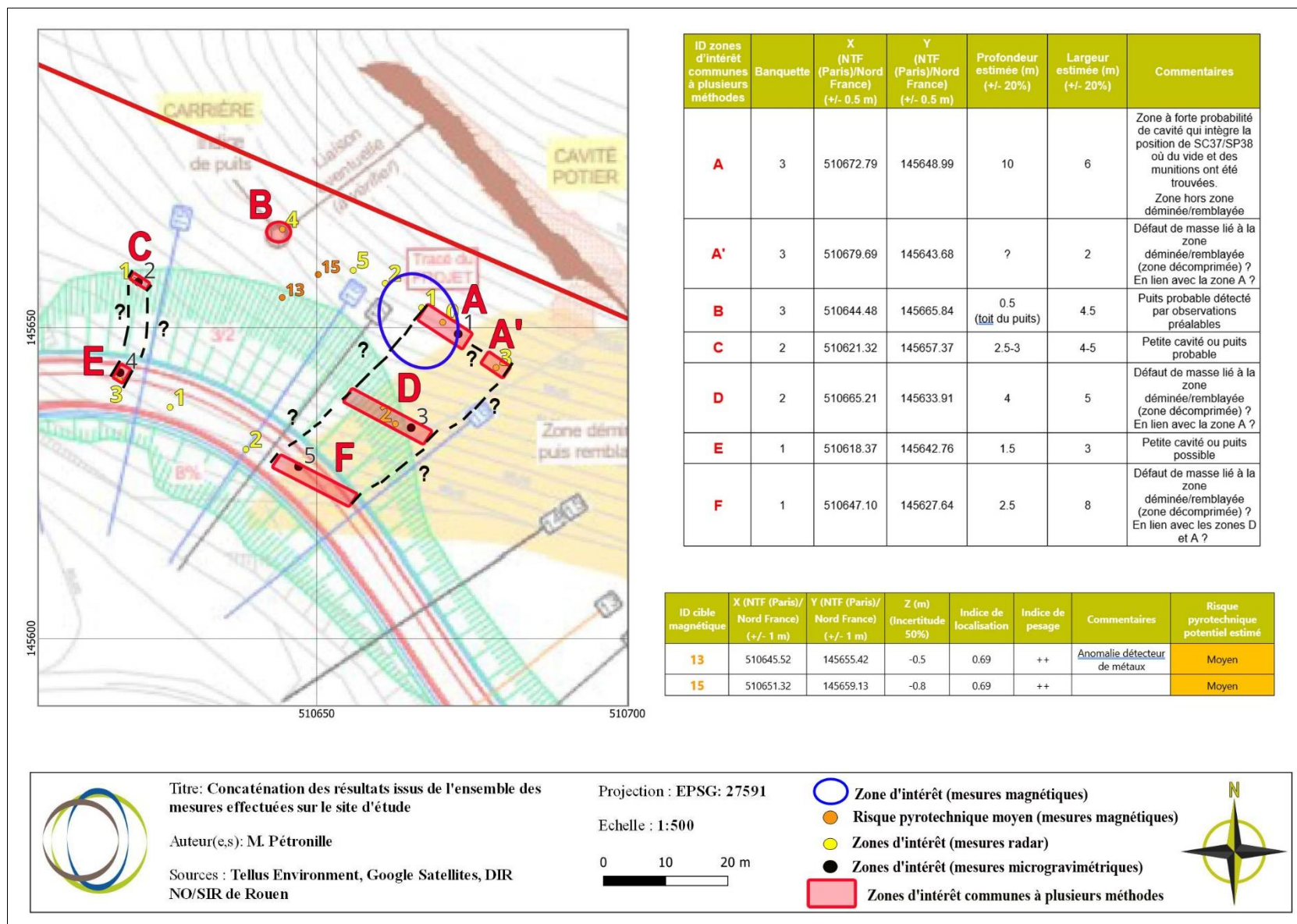


Figure 3 : Concaténation des résultats issus des mesures géophysiques effectuées sur le site d'étude lors des PHASES 1 et 2.

## 2.2. Proposition d'investigations complémentaires

Afin de vérifier la nature des zones d'intérêt détectées lors des PHASES 1 et 2, nous préconisons la réalisation de sondages au droit des 6 zones évoquées précédemment. La détection de vides sera déterminée « mécaniquement » lors du forage (descente brutale de la tige, perte d'injection d'eau). La détection de munitions potentielles sera déterminée via des mesures magnétiques en forage (*borehole*)<sup>3</sup>.

La Figure 4 présente notre proposition d'investigations complémentaires prévisionnelles, en indiquant le nombre approximatif des sondages à effectuer et leur position.

Les zones A-A' et B étant situées en dehors des limites du projet, celles-ci seront investiguées en option si cela est jugé nécessaire (éventuelles connexions entre les zones F, D et A-A').

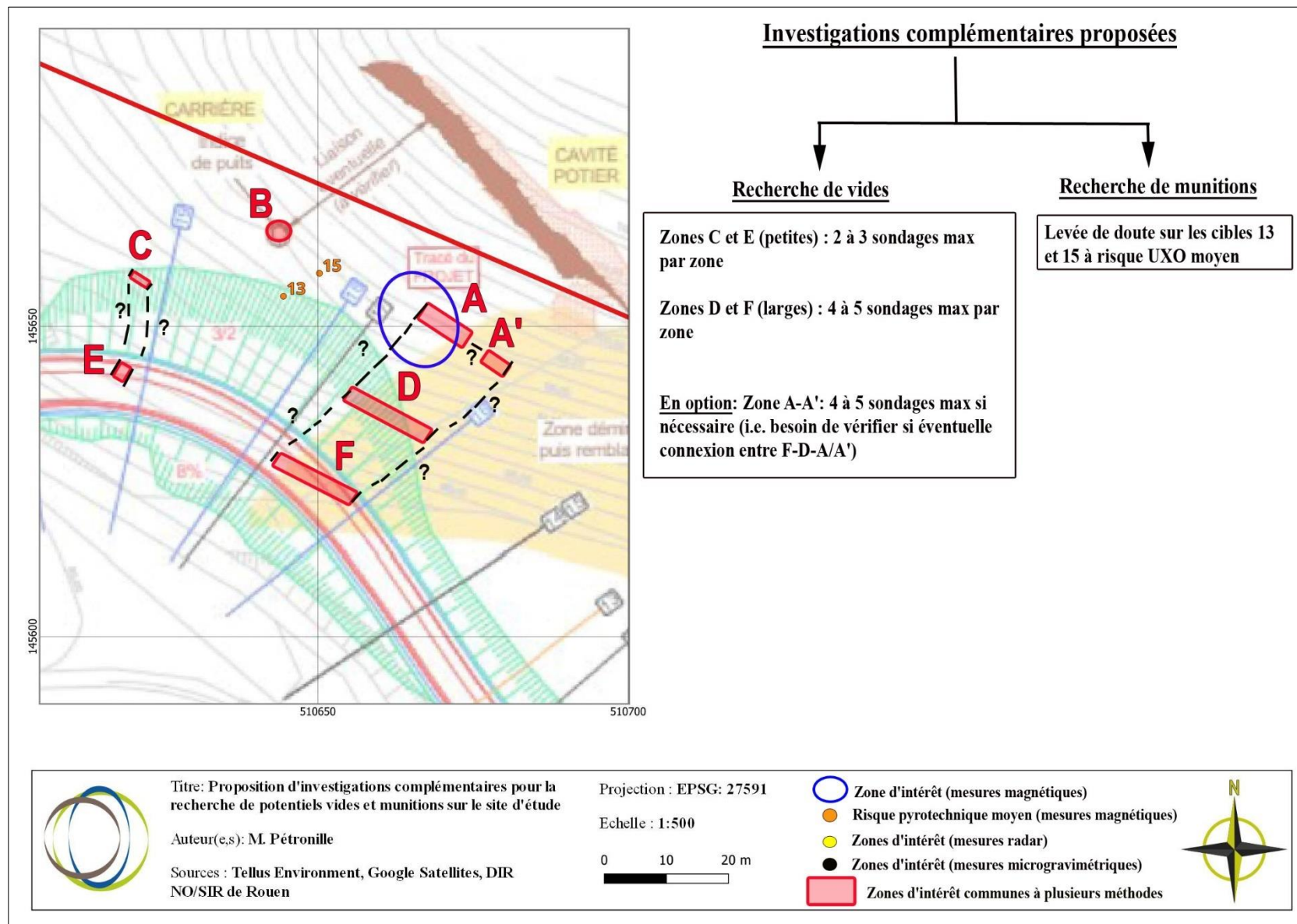
En résumé, une quinzaine de sondages est initialement prévue. Leur nombre pourra être adapté en fonction de l'avancement des investigations. Leur profondeur sera adaptée à la banquette sur laquelle ils se trouvent.

## 2.3. Phasage des travaux

Le planning prévisionnel des travaux complémentaires en PHASE 3 est présenté dans le Tableau 1 ci-après.

---

<sup>3</sup> La méthodologie et les protocoles sont détaillés dans la section 3.



*Figure 4 : Proposition d'investigations complémentaires pour la recherche de potentiels vides et munitions sur le site d'étude.*

|                                                                                            | Juin 2025 |     | Juillet 2025 |     |     |     | Août 2025 |     |     |     | Septembre 2025 |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|----------------|-----|
| Actions                                                                                    | S26       | S27 | S28          | S29 | S30 | S31 | S32       | S33 | S34 | S35 | S36            | S37 |
| Validation projet, contractualisation                                                      | X         | X   |              |     |     |     |           |     |     |     |                |     |
| Démarches pour location matériel géophysique & réservation foreuse + équipe de forage      |           | X   | X            |     |     |     |           |     |     |     |                |     |
| Préparation équipements (repérage point d'eau pour forage, stationnement et accès foreuse) |           |     | X            | X   |     |     |           |     |     |     |                |     |
| Rédaction du PPSPS, du PIC, lancement DICT                                                 |           |     | X            |     |     |     |           |     |     |     |                |     |
| Obtention DICT, VIC                                                                        |           |     |              |     | X   |     |           |     |     |     |                |     |
| Sondages/Mesures géophysiques                                                              |           |     |              |     | X   | X   |           |     |     |     |                |     |
| Repli                                                                                      |           |     |              |     |     | X   |           |     |     |     |                |     |
| Traitement et interprétation des données géophysiques                                      |           |     |              |     |     |     | X         |     |     |     | X              |     |
| Rédaction et émission du rapport                                                           |           |     |              |     |     |     |           |     |     |     | X              |     |
| Apport de modifications au rapport et/ou de documents complémentaires                      |           |     |              |     |     |     |           |     |     |     |                | X   |

*Tableau 1 : Planning prévisionnel des investigations complémentaires (PHASE 3).*

### 3. PRÉSENTATION TECHNIQUE DES INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES (PHASE 3)

Dans l'objectif de compléter les résultats issus de notre première étude menée au printemps 2025, nous avons choisi de réaliser, lors d'une seconde intervention (PHASE 3), des sondages préalablement positionnés au droit d'anomalies détectées lors des PHASES 1 et 2, et de vérifier ponctuellement la présence de cavités, voire de munitions via une sonde *borehole* descendue dans les trous de sondages.

#### 3.1. Méthodologie et protocole de mesures

Les investigations complémentaires comprennent 2 étapes conjointes :

- 1/ La réalisation de sondages jusqu'à une profondeur d'intérêt préalablement prédéfinie ;
- 2/ La réalisation de mesures magnétiques dans chacun des sondages réalisés.

##### 3.1.1. Réalisation de sondages

La réalisation de sondages de sol consiste à forer le sol et le proche sous-sol via une foreuse. Le type de sondage et le diamètre de forage sont définis selon les objectifs à atteindre (profondeur) et l'environnement (géologie locale, anthropisation ou non, etc.).

Dans le cadre de cette étude, la réalisation des sondages a été confiée à la société FONDASOL. Les sondages ont été réalisés au taillant de 90 mm afin de traverser le substratum crayeux induré et riche en silex.

Le matériel et le protocole mis en place en PHASE 3 sont détaillés dans le Tableau 2, la Figure 5 et l'Annexe 1.

| Action<br>-<br>Dates                      | Matériel                                                                                                                      | Protocole de mesures                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Réalisation de sondages<br><br>S30 et S31 | Foreuse GEO 205 (COMACCHIO)<br><br>Tiges de 1,5 m + taillant 90 mm<br><br>Flexible pour alimentation en eau pendant le forage | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mise en place de l'atelier de forage au droit de la position des sondages implantés sur site</li> <li>➤ Forage à l'eau par passe de 1/1,5 m, selon les sondages, et jusqu'à la profondeur maximale requise</li> <li>➤ Décalage de l'atelier sur un autre sondage quand la profondeur requise est atteinte</li> <li>➤ En cas de refus, le sondage est décalé à proximité directe ou annulé</li> </ul> |

Tableau 2 : Matériel et protocole associé pour la réalisation de sondages sur le site d'étude en PHASE 3.



*Figure 5: Foreuse GEO 205 (COMACCHIO) utilisée pour les sondages sur le site d'étude en PHASE 3.*

### 3.1.2. Mesures magnétiques en forage (*borehole*)

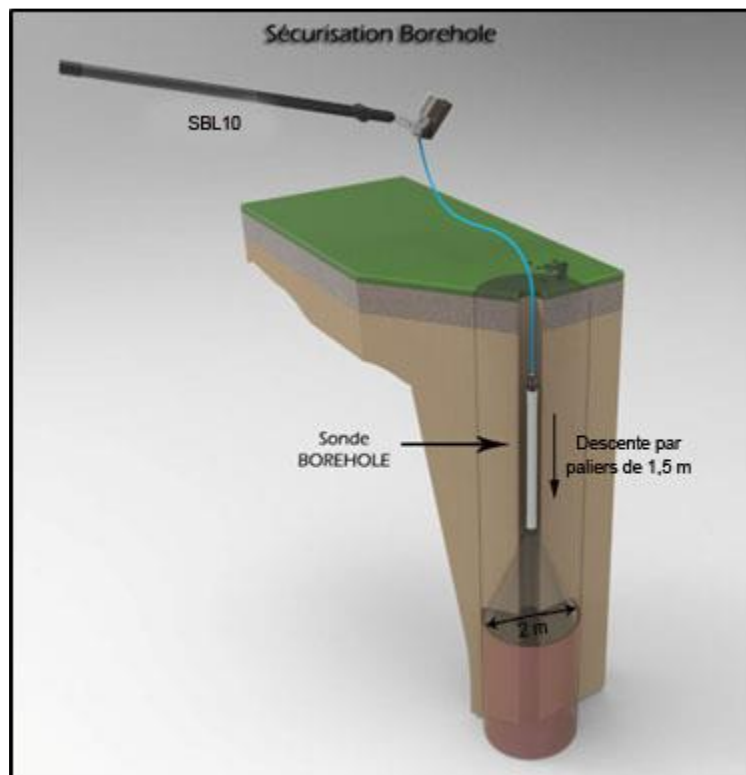
La méthode magnétique *borehole* consiste à faire des mesures du gradient magnétique vertical à l'aide d'une sonde placée dans le sondage vertical à sécuriser. Son rôle est de détecter des objets ferro/ferrimagnétiques, donc contenant du fer. Ce type de mesures est donc bien adapté à la détection d'UXO.

La sécurisation se fait à l'avancement : on sécurise les premiers 1,5 m depuis la surface avec un détecteur de métaux, avant de débiter le forage sur cette profondeur. Une fois le PVC positionné dans le sondage pour permettre la descente de la sonde *borehole* en toute sécurité, la mesure magnétique est effectuée. Si aucune anomalie particulière n'est détectée, le sondage peut avancer verticalement de 1,5 m et ainsi de suite. Par contre, dans le cas où un signal significatif serait enregistré, un risque pyrotechnique existe potentiellement, sauf s'il est possible de rattacher le signal détecté à une source identifiable qui ne présente pas de risque de ce type. Soit le sondage est légèrement prolongé (50 cm généralement) pour affiner le signal, soit il y a refus pyrotechnique et le sondage est stoppé. Nous considérons qu'il est possible de sécuriser (selon le type de matériau) sur un rayon que nous avons défini à 1 m maximum autour de la sonde (dans le cas de la détection de grosses munitions de type bombes).

Le matériel, ainsi que le protocole de mesures, sont détaillés dans le Tableau 3, la Figure 6 et l'Annexe 2. Des informations complémentaires sur le mode opératoire sont indiquées en Annexe 3.

| Méthode/<br>Appareillage/<br>Date de mesure                                                                 | Détection                                                                                                                                                                                                      | Protocole de mesures                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Magnétique</p> <p>Détecteur de métaux SBL10 (SENSYS) avec sa sonde <i>borehole</i></p> <p>S30 et S31</p> | <p>Mesure du gradient magnétique vertical et détection des objets en fer, en non intrusif et intrusif</p> <p>Le détecteur de métaux et la sonde détectent sur un rayon de 1 m pour les gros objets ferreux</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mesure surfacique → sécurisation sur les premiers 1,5 m</li> <li>➤ Mesure à la sonde <i>borehole</i> (en intrusif) tous les 1 à 1,5 m en Z, selon les sondages</li> <li>➤ En cas de perturbation du signal, on préconise une avancée du forage de 50 cm, voire un arrêt (refus).</li> </ul> |

Tableau 3 : Matériel et protocole associé pour les mesures magnétiques en forage sur le site d'étude en PHASE 3.



*Figure 6 : Présentation du détecteur (SBL10, Sensys) et de sa sonde borehole utilisés pour les mesures magnétiques en forage, et protocole associé.*

### 3.2. Traitement des données acquises au détecteur de métaux et à la sonde *borehole*, et méthode d'interprétation

Les mesures effectuées au détecteur de métaux et à la sonde *borehole* sont en lecture directe mais sont également enregistrées. Elles ne nécessitent pas de post-traitement particulier. Leur analyse se porte sur l'intensité du signal magnétique et de ses variations relatives en fonction de la profondeur et de l'environnement de mesure.

Un exemple d'enregistrement obtenu sur le site d'étude est présenté sur la Figure 7.

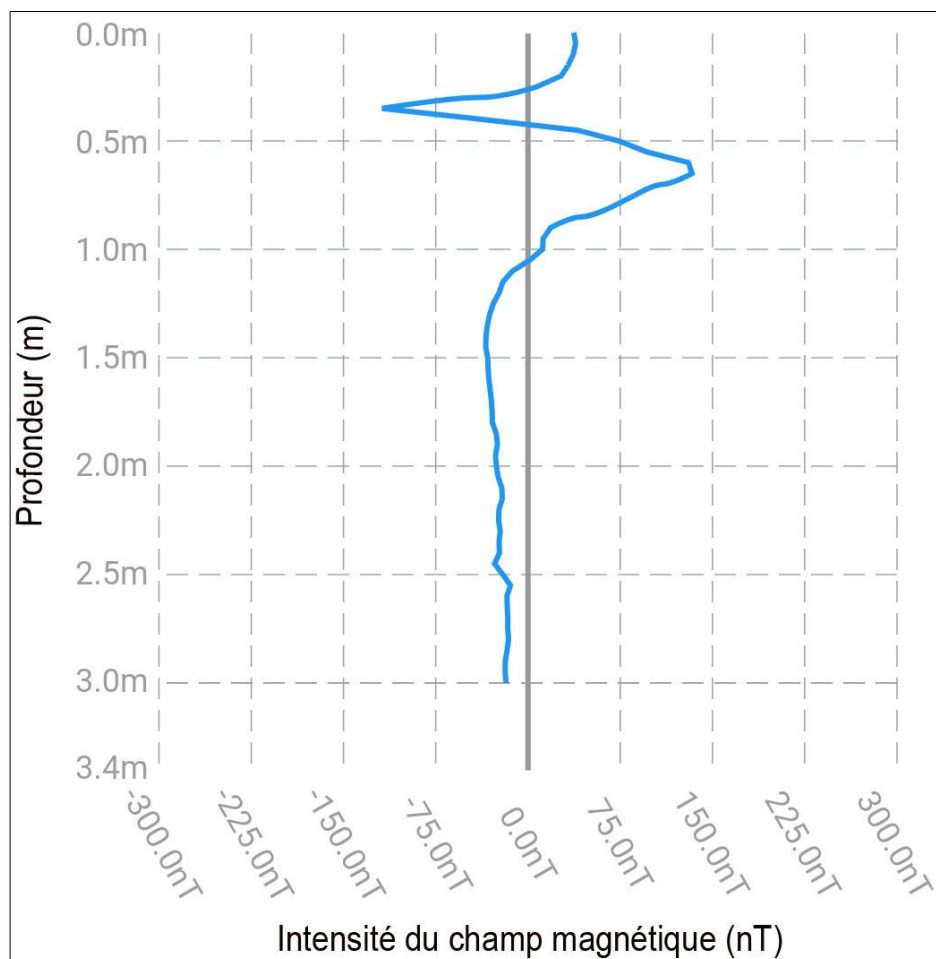


Figure 7 : Exemple de mesure borehole obtenue sur le site d'étude.

## 4. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Un total de 23 sondages a été effectué S30 et S31 sur le site d'étude. La plupart des sondages ont été réalisés au droit des zones d'intérêt déduites des PHASES 1 et 2 : 2 sondages en zones C, 8 sondages en zone D, 1 sondage en zone E et 4 sondages en zone F. Huit d'entre eux ont été positionnés à l'extérieur mais souvent à proximité de ces zones d'intérêt afin d'élargir les investigations au fur et à mesure des résultats obtenus. Tous les sondages ont été effectués dans l'emprise du futur projet, sauf S2 positionné à l'Est de la banquette N°2 afin de compléter les résultats obtenus aux abords des sondages S3.

Le tableau de synthèse correspondant aux résultats issus des mesures magnétiques en forage et à leur interprétation est présenté en Annexe 4. Les résultats sont également présentés sur la Figure 8 et dans le texte ci-dessous, à savoir que :

- Les mesures non intrusives au détecteur de métaux ont permis de sécuriser les 23 sondages sur les 1,5 premiers mètres de profondeur ;
- Les mesures intrusives à la sonde *borehole* ont été réalisées par passes de 1 à 2 m maximum selon les sondages. En moyenne, les sondages ont été réalisés jusqu'à une profondeur de 6 m pour la banquette 2 et jusqu'à 3 m pour la banquette 1<sup>4</sup>.

Aucun vide franc n'a été détecté jusqu'aux profondeurs forées. Cependant, localement, on peut observer quelques zones décomprimées associées à un sol drainant et moins induré : c'est notamment le cas des sondages S5 et S6 à l'Ouest de la banquette 2 au droit desquels une anomalie gravimétrique négative avait été détectée lors des premières investigations (cf anomalie 1 détectée au radar sur la banquette 2, Figure 3 de ce rapport et Figures 22 et 23 du premier rapport<sup>5</sup>). Les sondages S9 et S10 montrent eux aussi quelques passages décomprimés. Le sondage S12 montre la présence d'un petit vide ponctuel de 20 cm mais aucun grand vide n'a été détecté (cf anomalie 1 détectée au radar sur la banquette 1, Figure 3 de ce rapport et Figure 24 du premier rapport).

La majorité des sondages n'a pas montré d'anomalies magnétiques particulières.

---

<sup>4</sup> La profondeur des sondages a été choisie de manière à atteindre au moins la profondeur du toit de la cavité détectée en 2023 à 8,5 m de profondeur sur la banquette N°3 (en faisant l'hypothèse que le toit est globalement horizontal). Considérant une différence d'altitude de l'ordre de 6,5 m entre les banquettes N°3 et N°2, de 4 m entre les banquettes N°2 et N°1, et de 4m entre les banquettes N°1 et le niveau de la route actuelle, la profondeur relative du toit de la cavité détectée en 2023 est de -2 m pour la banquette N°2 et de + 2 m pour la banquette N°1.

<sup>5</sup> Document « CR\_DSOE\_DREAL\_Détection cavités\_Investigations géophysiques\_TELLUS\_N020250513\_R0.docx ».

Six sondages ont montré des caractéristiques différentes, à savoir :

- S15, S16 et S18 : situés à l'Est de la banquette N°1, ces 3 sondages sont caractérisés par un signal magnétique intense en limite de remblai/substratum crayeux (entre ~0,5 et 1,5 m de profondeur). Ces sondages se situant au droit de la zone de décharge<sup>6</sup> et peu profondément, il est probable que la source de ces anomalies soit directement liée à cette zone particulière, mais leur nature reste inconnue.
- S3\_1 : situé à l'Est de la banquette N°2, en limite de l'emprise du projet, ce sondage est caractérisé par la présence d'une anomalie magnétique d'intensité modeste entre ~5,5 m et 6,3 m de profondeur. Cela traduit la présence d'une source ferreuse au sein du substratum crayeux.

Afin de vérifier l'expansion spatiale de cette anomalie, 6 sondages supplémentaires dans un rayon de 1 m maximum autour de S3\_1 ont été réalisés. Seul S3\_6 situé à 70 cm au Sud-Ouest de S3\_1 a montré la présence d'une anomalie magnétique modeste entre ~2,5 m et 3,5 m de profondeur. Ce résultat est corroboré par l'hyperbole isolée détectée au radar lors de la PHASE 2 (cf anomalie N°2 sur la banquette 2, Figure 3 de ce rapport et Figure 23 du premier rapport).

Ces résultats suggèrent donc que l'anomalie profonde détectée au droit de S3\_1 et celle détectée moins profondément au droit de S3\_6 doivent être liées à une source ferreuse différente et de petite taille. Cela n'est donc pas compatible avec une grosse munition ou un dépôt de munitions. Cependant, la nature de ces sources reste inconnue.

- S2 : situé le plus à l'Est de la banquette N°2, ce sondage est situé en dehors de la zone d'emprise du projet. L'objectif était de compléter les données acquises à proximité des sondages S3. Ce sondage est caractérisé par un signal perturbé depuis la surface jusqu'à 4 m de profondeur. Une anomalie magnétique d'intensité modeste est détectée entre ~3 m et 3,7 m de profondeur. Ce sondage se situant au droit de la zone remaniée, il est probable que la source de ces anomalies soit directement liée à cette zone particulière, mais sa nature reste inconnue.

En conclusion, les investigations géophysiques complémentaires menées sur site en PHASE 3 indiquent que malgré quelques zones décomprimées localement, aucun vide franc n'a été détecté au droit des 23 sondages effectués : cela suggère l'absence de cavités franches au droit des banquettes prospectées.

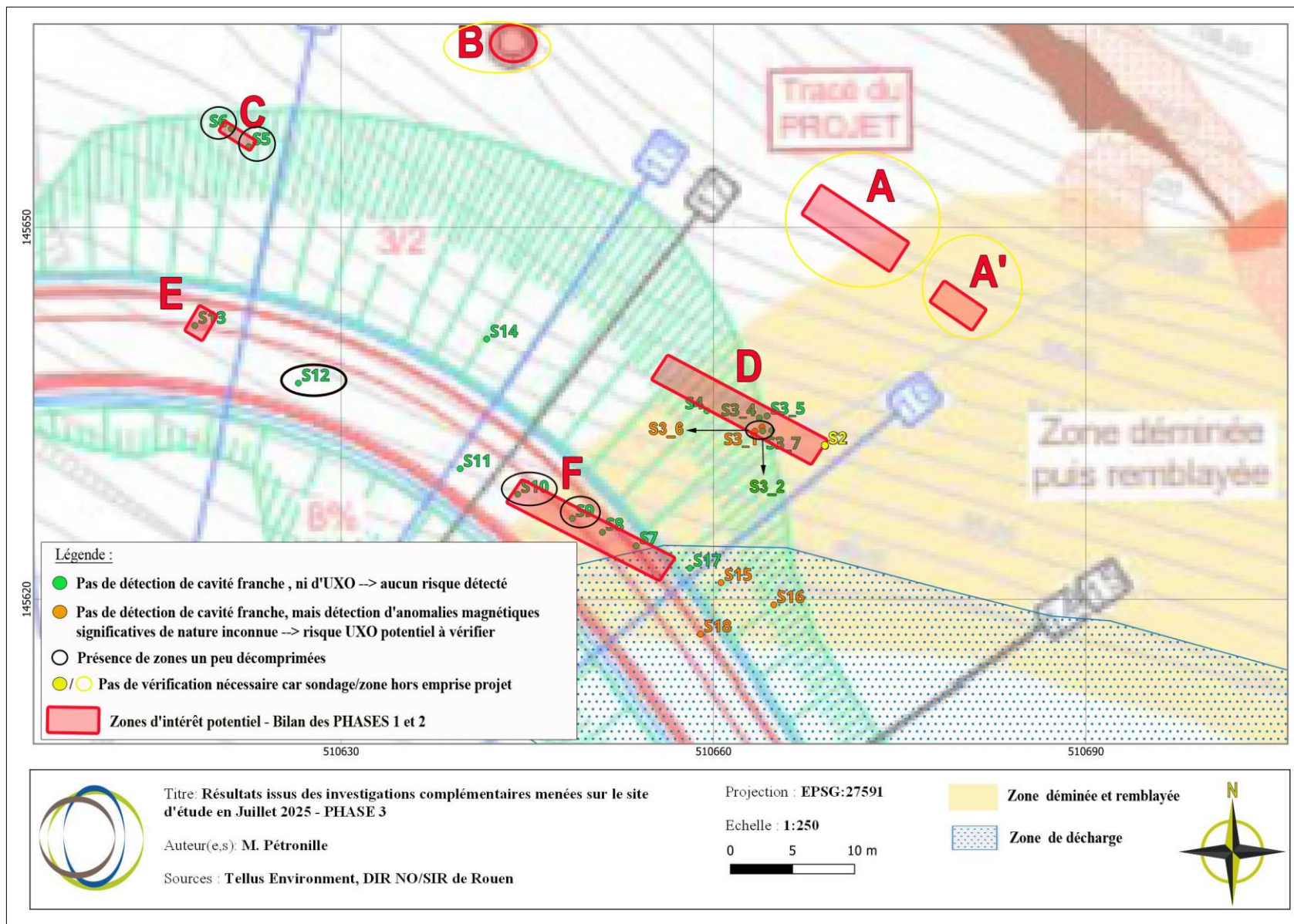
---

<sup>6</sup> Document « CR\_DSOE\_DREAL\_Détection cavités\_Investigations géophysiques\_TELLUS\_N020250513\_R0.docx ».

D'autre part, les quelques anomalies magnétiques significatives détectées à l'Est de l'emprise du projet sont probablement liées à leur localisation au droit des zones de décharge et remblayées. De plus, la ponctualité de la source au droit des sondages S3\_1 et S3\_6 ne semble pas compatible avec une grosse munition ou un dépôt de munitions.

Cependant, la nature des quelques sources magnétiques détectées en forage restant inconnue, nous préconisons une assistance en pieds de pelle par un opérateur lors des travaux de terrassement afin de garantir la sécurité du personnel. Cette sécurisation est préconisée au droit des sondages S3\_1/S3\_6 en priorité, mais aussi de S15, S16 et S18. Le sondage S2 étant situé en dehors de l'emprise du projet, aucune vérification n'est jugée nécessaire.

Enfin, aucun lien particulier n'ayant été trouvé entre les zones A-A', D et F, aucun sondage complémentaire n'a été réalisé sur la banquette 3 puisque hors emprise projet.



*Figure 8: Résultats issus des investigations complémentaires menées sur le site d'étude en Juillet 2025 – PHASE 3.*

## 5. REPONSES AU BESOIN DU CLIENT

La société TELLUS ENVIRONNEMENT a été mandatée par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie (DREAL Normandie) afin de détecter d'éventuelles cavités souterraines susceptibles de renfermer des munitions non-explosées dans l'emprise concernant la création de la bretelle Nord du demi-échangeur d'Arnières-sur-Iton (27). Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet de la déviation Sud-Ouest d'Evreux (DSOE) qui constitue la dernière section du projet de déviation de l'agglomération ébroïcienne (27),

Des opérations d'aplanissement de banquettes (PHASE 1) suivies d'investigations géophysiques (PHASE 2) ont été préalablement menées sur l'emprise d'étude de mars à mai 2025. Cette première étude a fait l'objet de la rédaction d'un rapport présentant nos résultats quant à la présence de potentielles zones d'intérêt.

Suite aux résultats des PHASES 1 et 2, une étude complémentaire a été menée afin de réaliser des sondages positionnés au droit d'anomalies détectées en PHASES 1 et 2, et vérifier ponctuellement la présence de cavités et/ou de munitions. Cette étude, dont fait l'objet ce rapport, s'inscrit dans la PHASE 3 des investigations menées par TELLUS ENVIRONNEMENT sur le site d'étude.

TELLUS ENVIRONNEMENT a dirigé son étude complémentaire en 2 étapes conjointes :

1/ La réalisation de sondages jusqu'à une profondeur d'intérêt préalablement prédéfinie. La détection de vides est déterminée « mécaniquement » lors du forage (descente brutale de la tige, perte d'injection d'eau) ;

2/ La réalisation de mesures magnétiques dans chacun des sondages afin de détecter des objets ferro/ferrimagnétiques. Ce type de mesures est bien adapté à la détection d'UXO puisqu'ils contiennent partiellement du fer.

Au total, 23 sondages ont été effectués S30 et S31 sur le site d'étude. En moyenne, les sondages ont été réalisés jusqu'à une profondeur de 6 m pour la banquette 2 et jusqu'à 3 m pour la banquette 1. La plupart des sondages ont été réalisés au droit des zones d'intérêt déduites des PHASES 1 et 2 : 2 sondages en zones C, 8 sondages en zone D, 1 sondage en zone E et 4 sondages en zone F. Huit sondages ont été positionnés à l'extérieur des zones d'intérêt mais souvent à proximité de ces zones d'intérêt afin d'élargir les investigations au fur et à mesure des résultats obtenus. Tous les sondages ont été effectués dans l'emprise du futur projet, sauf S2 positionné à l'Est de la banquette 2 afin de compléter les résultats obtenus aux abords des sondages S3. Les zones A-A' et B étant situées en dehors des limites du projet (banquette 3), celles-ci n'ont pas été investiguées.

En conclusion, les investigations géophysiques complémentaires menées sur site en PHASE 3 indiquent que malgré quelques zones décomprimées localement (S5 et S6 en zone C, S9 et S10 en zone F, et S12), aucun vide franc n'a été détecté au droit des 23 sondages effectués : cela suggère l'absence de cavités franches au droit des banquettes prospectées.

D'autre part, les quelques anomalies magnétiques significatives détectées à l'Est de l'emprise du projet sont probablement liées à leur localisation au droit des zones de décharge et remblayées. De plus, la ponctualité de la source au droit des sondages S3\_1 et S3\_6 ne semble pas compatible avec une grosse munition ou un dépôt de munitions.

Cependant, la nature des quelques sources magnétiques détectées en forage restant inconnue, nous préconisons une assistance en pieds de pelle par un opérateur lors des travaux de terrassement afin de garantir la sécurité du personnel. Cette sécurisation est préconisée au droit des sondages S3\_1/S3\_6 en priorité, mais aussi de S15, S16 et S18. Le sondage S2 étant situé en dehors de l'emprise du projet, aucune vérification n'est jugée nécessaire.

Enfin, aucun lien particulier n'ayant été trouvé entre les zones A-A', D et F, aucun sondage complémentaire n'a été réalisé sur la banquette 3 puisque hors emprise projet.



# ANNEXES

## ANNEXE 1 : MOYENS MATERIELS POUR LA REALISATION DES SONDAGES

### Sondage GEO 205 (COMACCHIO)



#### Caractéristiques techniques

- Puissance moteur : 33 kW
- Poussée : 2 500 daN
- Traction : 2 500 daN
- Couple de rotation min. / max. : 200 - 480 daNm
- Vitesse max : 80 - 580 rpm
- Poids : 2 400 - 2 700 kg
- Course utile : 1 030 - 2 800 mm
- type\_machine : location
- Dimensions (LxlxH) : 750 - 1 150 x 3 280 x 4 670 mm
- type\_machine\_url : <https://foraloc.fr/configurateur-machine/211-geo-205-sondeuse-comacchio.html>

## ANNEXE 2 : MOYENS MATERIELS POUR LES MESURES MAGNETIQUES EN FORAGE

Matériel TELLUS ENVIRONNEMENT

### **Détecteur de métaux SBL10 (SENSYS) associé à sa sonde *borehole***



## Fiche technique



# Détecteur de métaux SBL 10



Le SBL10 est un appareil portable très compact pour la détection d'objets ferromagnétiques dans le sol. Avec un poids de seulement 3,7 kg et un affichage de commande clairement agencé, le SBL10 est facile et intuitif à utiliser. En raison de son mécanisme de pliage, le SBL10 n'a pas besoin d'assemblage et est prêt en quelques secondes.

Lorsqu'il est utilisé avec une sonde supplémentaire FGM400/38 et un câble (simplement relié au sommet de l'unité de commande du SBL10), l'appareil est prêt pour des mesures en forages ou des relevés sous l'eau.

La plage de mesure des deux sondes est de  $\pm 30\,000\text{ nT}$  et permet de détecter de petits ou de gros objets à des profondeurs jusqu'à 6m.

Trois modes de mesures différents permettent des relevés sur terrain peu ou très fortement perturbé, mais également proche des clôtures ou de rails.

Il est également possible de connecter un datalogger durci avec le logiciel SENSYS MonSX pour l'enregistrement et la visualisation instantanée des cibles détectées sous formes de cartes.

L'ensemble du système tiens dans un lac léger, robuste, facile) ranger et à transporter.



### Caractéristiques techniques

- Alimentation : 2x3 piles 1.5V LR20.
- Autonomie : environ 120h.
- Poids : 3.7 kg (piles incluses)
- Dimensions : 950 x 130 x 200 mm.

### Capteurs

- Champ ambiant max : 75,000 nT.
- Gamme de mesure :  $\pm 30,000\text{ nT}$ .
- Niveaux de sensibilité s : 9.
- Résolution : 0.075 nT à 0.3 nT.
- Espacement entre les 2 capteurs : 400 mm.
- Longueur : 1000 mm.
- Diamètre : 45 mm.

### Accessoires en option

- Data Logger : Archer 2 (en option) avec logiciel de cartographie des données SENSYS MonSX.
- Capteur de forage FGM400/38 : 100m de câble, diamètre 35 mm.
- Casque audio.

Fabricant : Sensys (Allemagne).

**SENSYS**<sup>®</sup>  
Magnetometers & Survey Solutions

## ANNEXE 3 : MESURES MAGNETIQUES EN FORAGE POUR DETECTION D'UXO – MODE OPERATOIRE

Les mesures magnétiques en forage pour la sécurisation pyrotechnique se font à l'aide d'une sonde magnétométrique *borehole* de 35 mm de diamètre, qui est introduite à l'intérieur d'un forage préalablement sécurisé depuis la surface.



Le process d'une sécurisation à l'avancée d'un forage est le suivant :

1. Sécurisation de la première tranche de profondeur par le radar de sol ou le gradiomètre ou la carte du diagnostic pyrotechnique. Selon son origine, nous estimons le risque associé au potentiel remblai et définissons la profondeur du premier palier de mesure sous la surface du sol.
2. Forage jusqu'à la profondeur sécurisée depuis la surface.
3. Décalage de la machine de forage pour chaque passage de la sonde *borehole*.
4. Tubage PVC vissé avec bouchon glissé dans le trou de sondage.
5. Descente de la sonde *borehole* à la profondeur sécurisée.
6. Mesure de la donnée ou visualisation en directe de la donnée.
7. Indication par le géophysicien ou pyrotechnicien du mètre sécurisé suivant (en nominal 1,5 m).
8. Tubage à enlever.
9. Forage de la tranche suivante.
10. Reprise au point 3 jusqu' à la profondeur maximale requise.

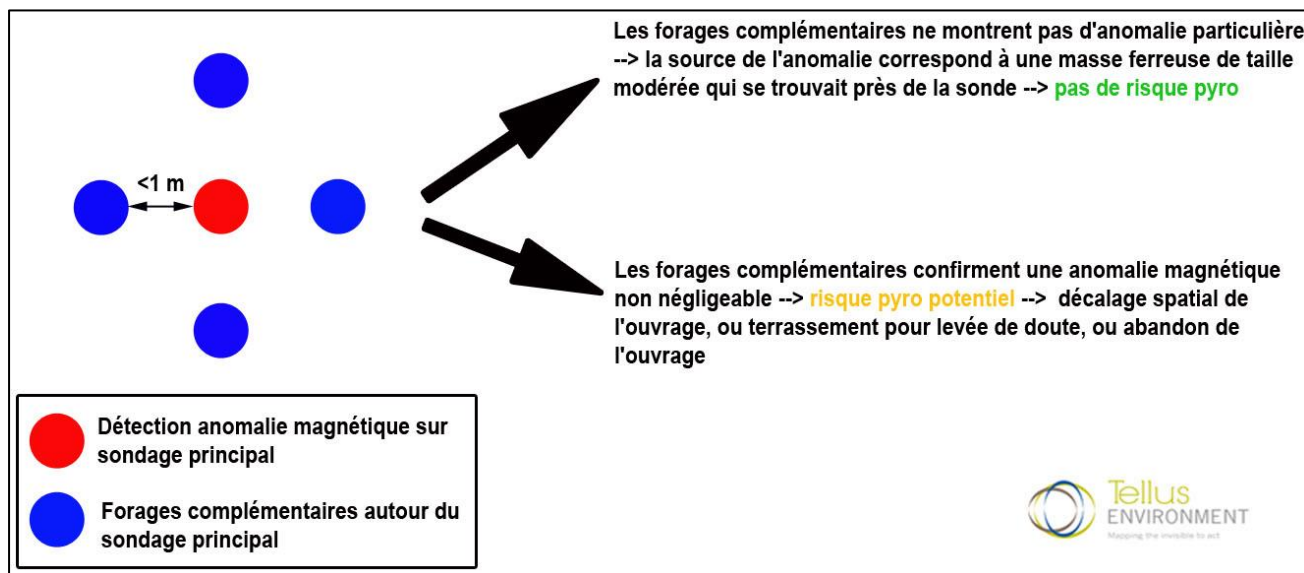
Les préconisations pour garantir qu'une mission de sécurisation pyrotechnique à l'avancée soit réussie sont les suivantes :

- Décaler la machine de forage pour chaque passage de la sonde *borehole* dans le sondage à sécuriser à une distance  $\geq 3$  m.
- Avoir un rayon de 3 m autour des sondages sans aucun élément magnétique perturbateur de la mesure (voitures, barrières, tarières, etc.).
- Prévoir des tubes en PVC de diamètre  $\geq 45$  mm avec un bouchon et de type Sovema.

### Détection d'anomalie magnétique en forage : procédure

Si une anomalie magnétique (dont les caractéristiques peuvent s'apparenter à celles d'une munition) est détectée, le forage est stoppé dans un premier temps. En fonction des impératifs techniques du chantier, il est possible dans un second temps :

- Soit de réaliser des sondages complémentaires dans un rayon  $\leq 1$  m pour vérification de l'étendue spatiale de la source de l'anomalie détectée (figure A) ;



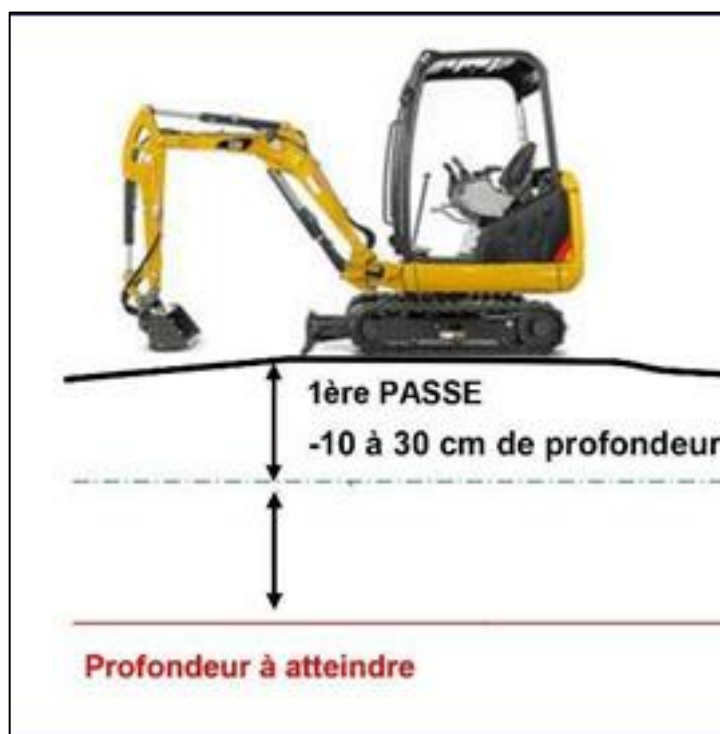
**FIGURE A : PROCEDURE DE VERIFICATION D'ANOMALIE MAGNETIQUE DETECTEE PAR FORAGES COMPLEMENTAIRES.**

- Soit d'effectuer une levée de doute à la pelleuse en terrassant jusqu'à la profondeur où l'anomalie a été détectée (figure B). Les opérations sont dirigées par le personnel habilité

(encore appelé pied de pelle ou pyrotechnicien) sous la responsabilité de TELLUS ENVIRONNEMENT.

Dans ce cas, le pelleur :

- Retire des bandes de terre d'une épaisseur d'environ 10 à 30 cm définie par le pied de pelle ;
- Fait tomber la terre du godet par intermittence pour vérification par le pied de pelle ;
- Evacue la zone sur ordre du pied de pelle (pendant l'identification des éléments découverts), pour se mettre à distance de conformité



**FIGURE B : PROCEDURE DE LEVEE DE DOUTE PYROTECHNIQUE PAR TERRASSEMENT A LA PELLE MECANIQUE.**

Après terrassement :

- Soit la source ferreuse à l'origine de l'anomalie magnétique détectée n'est pas une munition → l'objet en question est extrait puis traité en fonction de sa nature, ou l'objet est laissé in situ car il ne gêne pas les futurs travaux.
- Soit la source ferreuse à l'origine de l'anomalie magnétique détectée est une munition → le chantier est stoppé et un périmètre de sécurité (balisage) est mis en place par le personnel (pied de pelle) habilité. La procédure associée est lancée.



## CONDITIONS DE RÉUSSITE DE LA SÉCURISATION PYROTECHNIQUE

**ENLEVER / ELOIGNER LES ELEMENTS PERTURBATEURS ( OBJETS  
METALLIQUES) DE LA ZONE D'INTERVENTION**



**DECALER LA FOREUSE À UNE DISTANCE  $>3\text{m}$  POUR CHAQUE  
PASSE AVEC LA SONDE BOREHOLE**

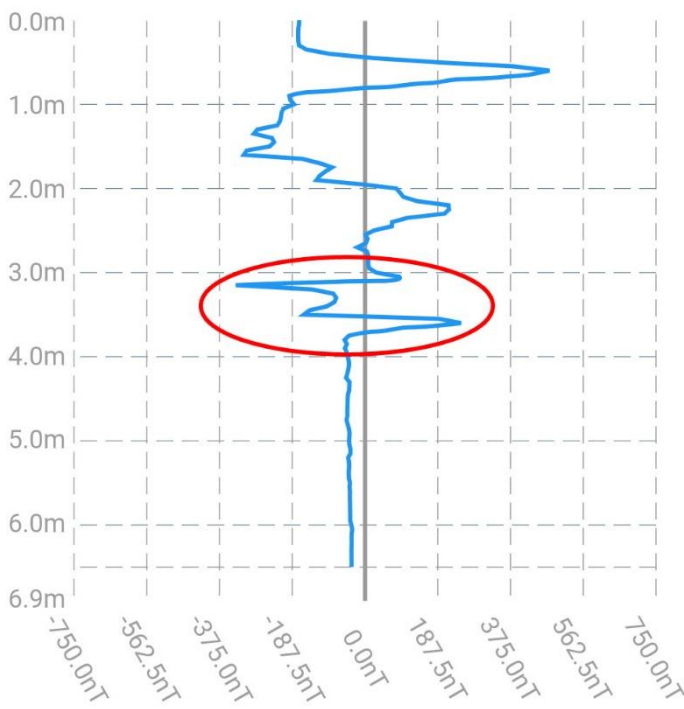


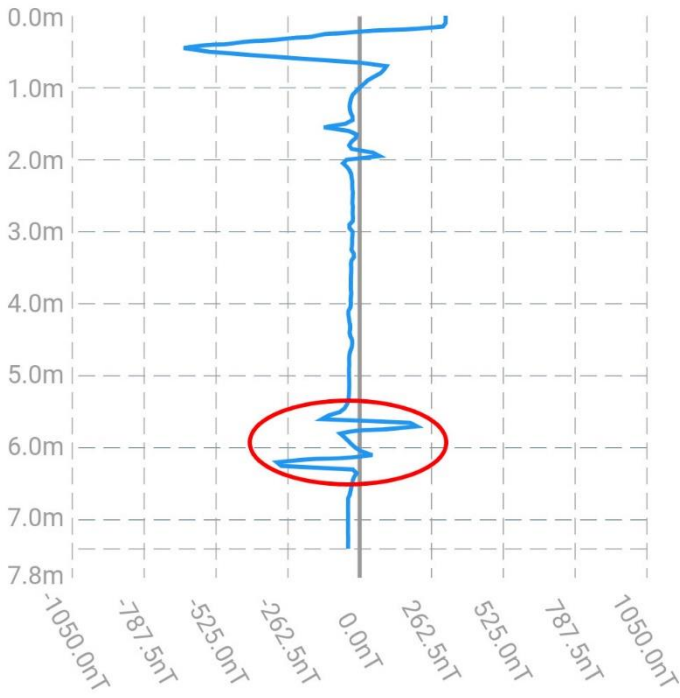
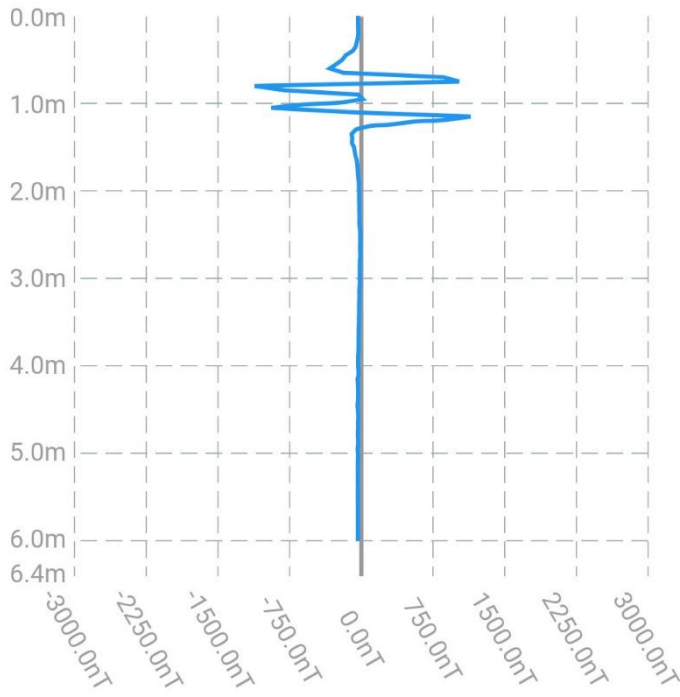
**POUR PLUS D'INFORMATION CONTACTEZ NOUS:**

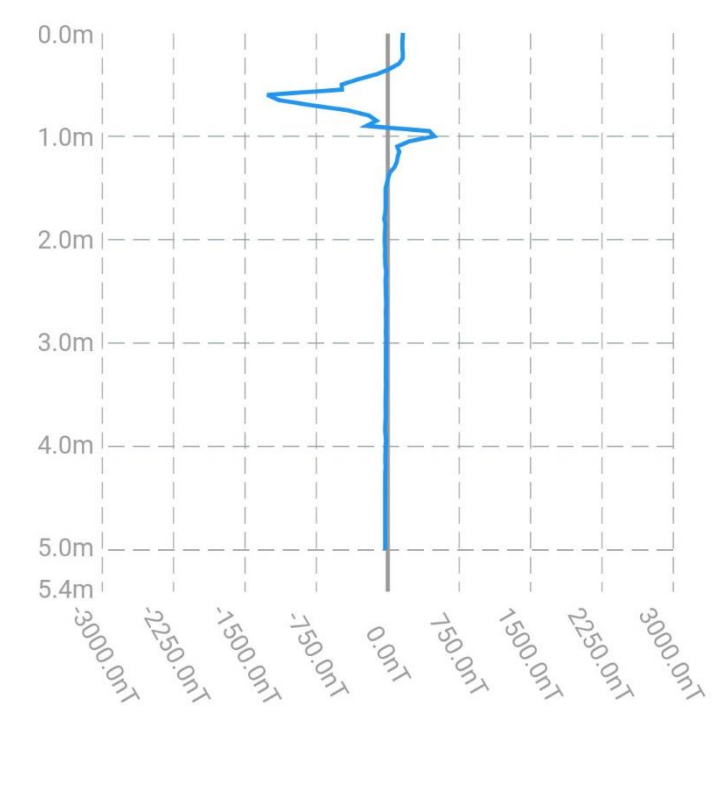
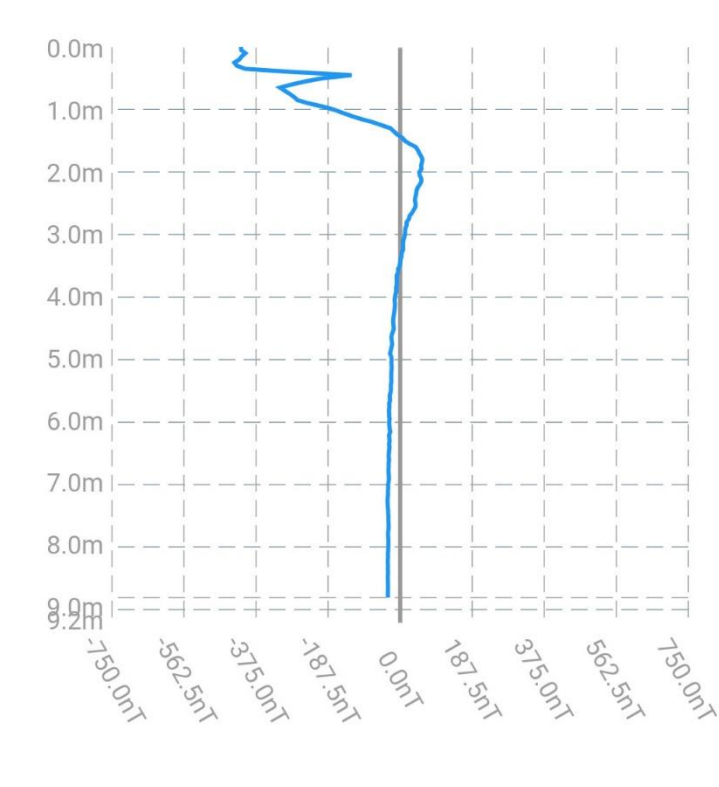
<https://tellus-environment.com/contact/>



## **ANNEXE 4 : RESULTATS ISSUS DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES MENEES SUR LE SITE D'ETUDE EN JUILLET 2025 – PHASE 3**

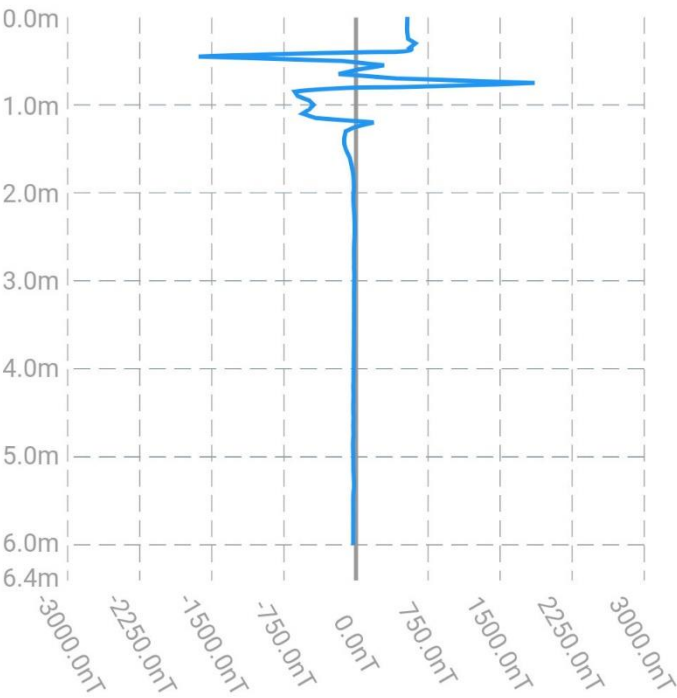
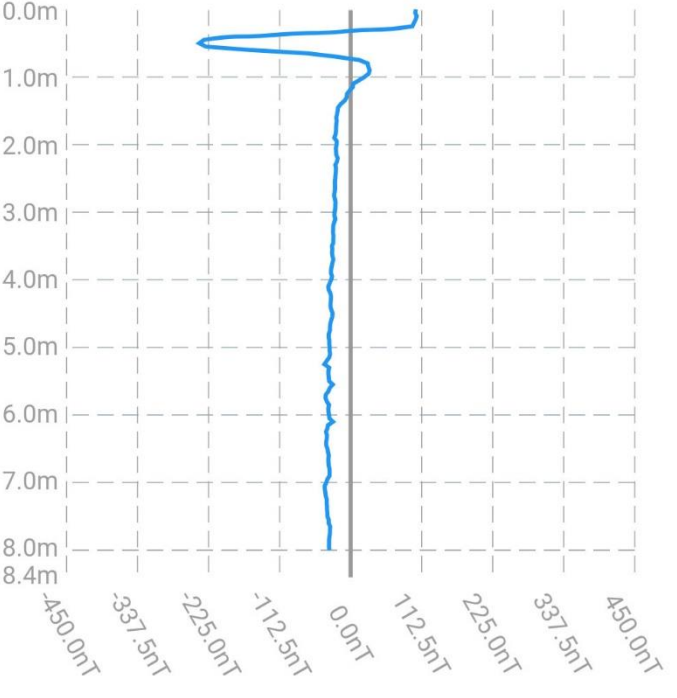
| ID sondage | ID Banquette – Zone d’intérêt                                         | X (NTF (Paris)/ Nord France) <sup>1</sup> (+/- 0.05 m) | Y (NTF (Paris)/ Nord France) <sup>1</sup> (+/- 0.05 m) | Altitude ellipsoïdale du sondage (m) | Profondeur de forage (m) | Caractéristique du sondage et environnement      | Résultats issus des mesures <i>borehole</i>                                          | Interprétation en termes de risque cavités et/ou munitions                                                                                                                                                                                                                                                 | Préconisations                                              |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| S2         | Banquette N°2<br><br>Bordure Est Zone D<br><br>Hors emprise du projet | 510669.04                                              | 145632.35                                              | 135.529                              | 6.5                      | Dans l’emprise de la zone déminée puis remblayée |  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu’à 6 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Anomalie magnétique d’intensité modeste (-300/300 nT) entre ~3 m et 3,7 m → source ferreuse liée à la zone de déminage et remblayage probable</li></ul> | Vérification non nécessaire car sondage hors emprise projet |

|      |                             |           |           |         |     |                                                  |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                       |
|------|-----------------------------|-----------|-----------|---------|-----|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| S3_1 | Banquette N°2<br><br>Zone D | 510663.92 | 145633.91 | 135.475 | 7.4 | Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 7 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré, mais le sol boit bien (zone un peu décomprimée)</li> <li>➤ Anomalie magnétique d'intensité modeste (-250/250 nT) entre ~5,5 m et 6,3 m → présence d'une source ferreuse au sein du substratum crayeux</li> </ul>             | Vérification en pieds de pelle par un pyrotechnicien lors des travaux de terrassement |
| S3_2 | Banquette N°2<br><br>Zone D | 510664.71 | 145633.62 | 135.46  | 6   | Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sondage complémentaire réalisé à 80 cm à l'Est de S3_1 pour vérifier l'extension spatiale de l'anomalie observée en S3_1</li> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 6 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li> </ul> | Pas d'action particulière                                                             |

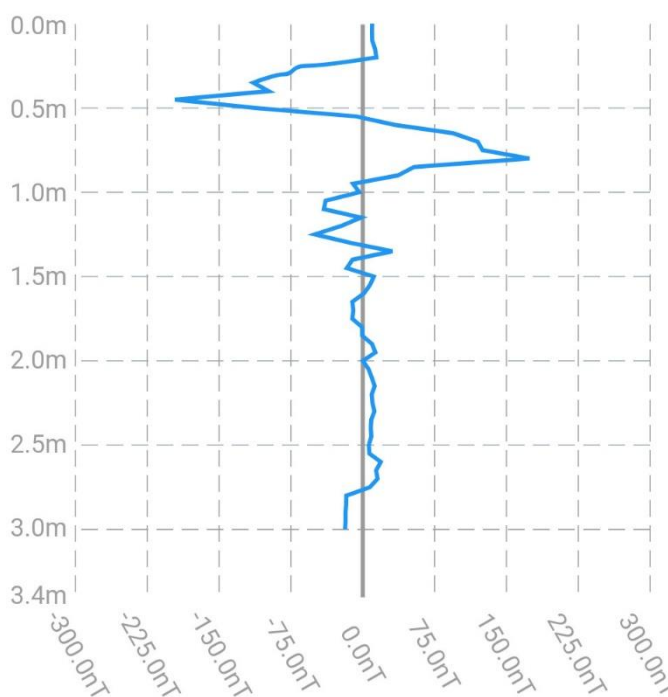
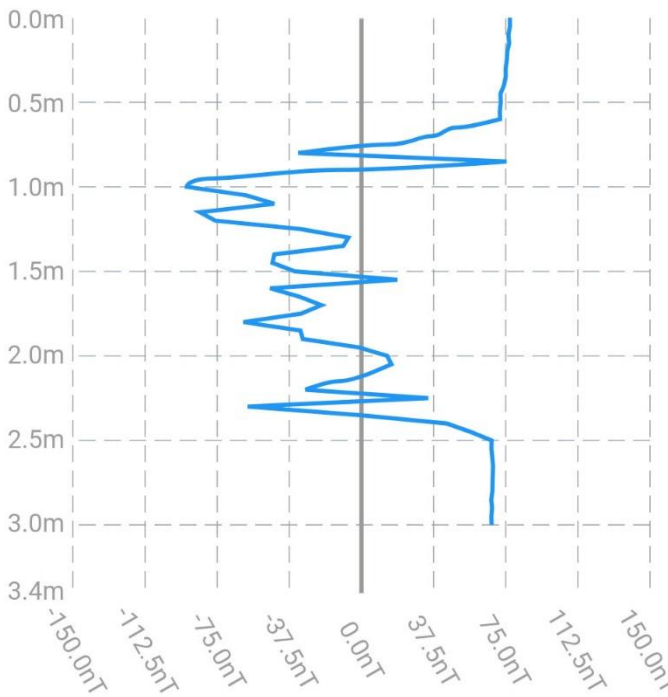
|      |                             |           |           |         |     |                                                  |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                           |
|------|-----------------------------|-----------|-----------|---------|-----|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| S3_3 | Banquette N°2<br><br>Zone D | 510664.33 | 145634.79 | 135.465 | 5   | Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée |   | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sondage complémentaire réalisé à 1 m au Nord de S3_1 pour vérifier l'extension spatiale de l'anomalie observée en S3_1</li><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 5 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul>         | Pas d'action particulière |
| S3_4 | Banquette N°2<br><br>Zone D | 510663.70 | 145634.64 | 135.484 | 8.8 | Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée |  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sondage complémentaire réalisé à 80 cm au Nord-Ouest de S3_1 pour vérifier l'extension spatiale de l'anomalie observée en S3_1</li><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 9 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul> | Pas d'action particulière |

|      |                             |           |           |         |   |                                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                       |
|------|-----------------------------|-----------|-----------|---------|---|--------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| S3_5 | Banquette N°2<br><br>Zone D | 510664.33 | 145634.79 | 135.465 | 6 | Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sondage complémentaire réalisé au droit de S3_3 pour vérifier l'extension spatiale de l'anomalie observée en S3_1. Agrandissement du sondage S3_3 pour limiter les éboulements et descendre davantage</li> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 6 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Pas d'action particulière                                                             |
| S3_6 | Banquette N°2<br><br>Zone D | 510663.34 | 145633.56 | 135.446 | 6 | Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sondage complémentaire réalisé à 70 cm au Sud-Ouest de S3_1 pour vérifier l'extension spatiale de l'anomalie observée en S3_1</li> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 6 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré mais le sol doit bien (zone un peu décomprimée)</li> <li>➤ Anomalie magnétique d'intensité modeste (-450/450 nT) entre ~2,5 m et 3,5 m → présence d'une source ferreuse au sein du substratum crayeux à cette profondeur, mais pas d'anomalie plus profonde détectée. Cette anomalie est corroborée par l'hyperbole isolée détectée au radar lors de la PHASE 2 (cf anomalie N°2 sur la banquette 2, Figure 3 de ce rapport et Figure 23 du premier rapport<sup>7</sup>)</li> </ul> | Vérification en pieds de pelle par un pyrotechnicien lors des travaux de terrassement |

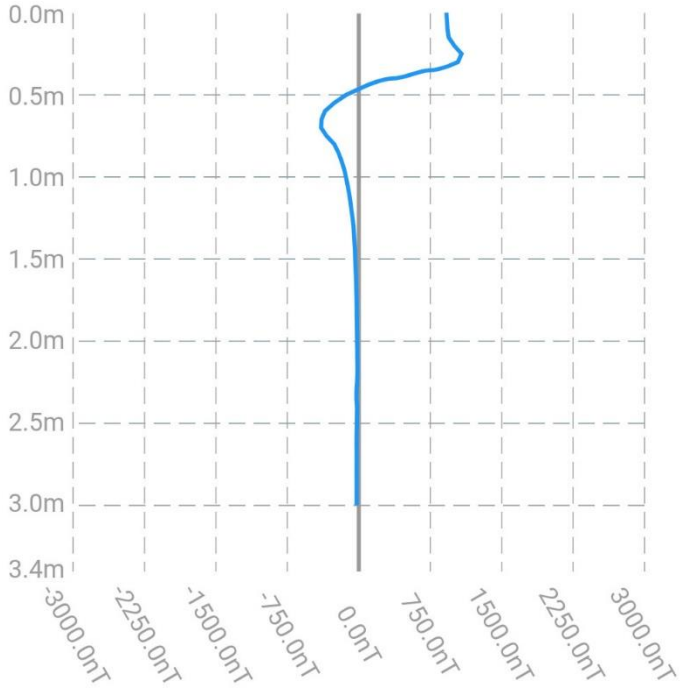
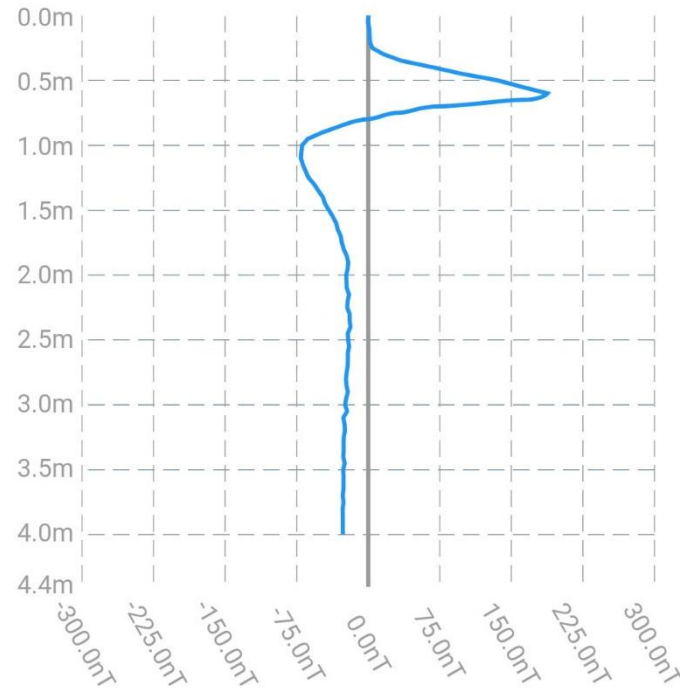
<sup>7</sup> Document « CR\_DSOE\_DREAL\_Détection cavités\_Investigations géophysiques\_TELLUS\_N020250513\_R0.docx ».

|      |                                |           |           |         |   |                                                  |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                           |
|------|--------------------------------|-----------|-----------|---------|---|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| S3_7 | Banquette<br>N°2<br><br>Zone D | 510663.97 | 145633.58 | 135.484 | 6 | Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée |   | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sondage complémentaire réalisé à 30 cm au Sud de S3_1 pour vérifier l'extension spatiale de l'anomalie observée en S3_1</li><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 6 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul> | Pas d'action particulière |
| S4   | Banquette<br>N°2<br><br>Zone D | 510659.47 | 145635.21 | 135.437 | 8 | Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée |  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 8 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul>                                                                                                                                   | Pas d'action particulière |

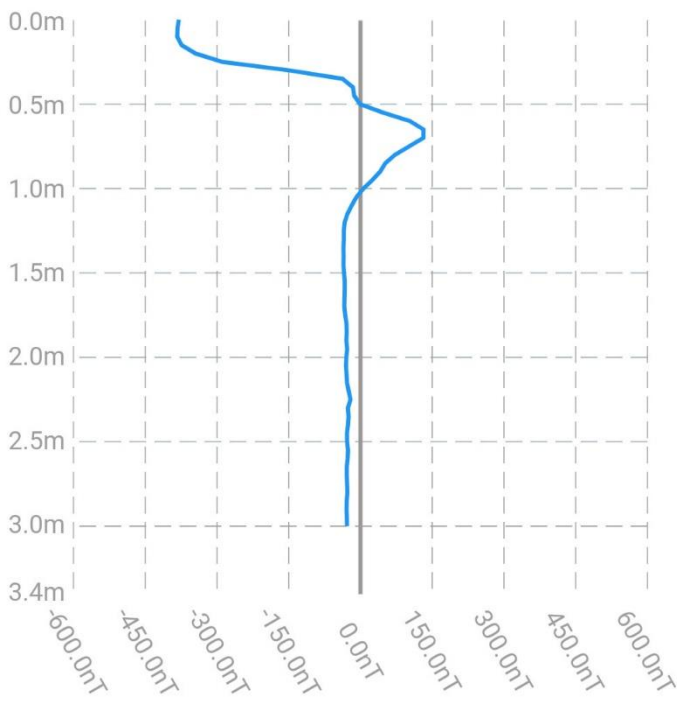
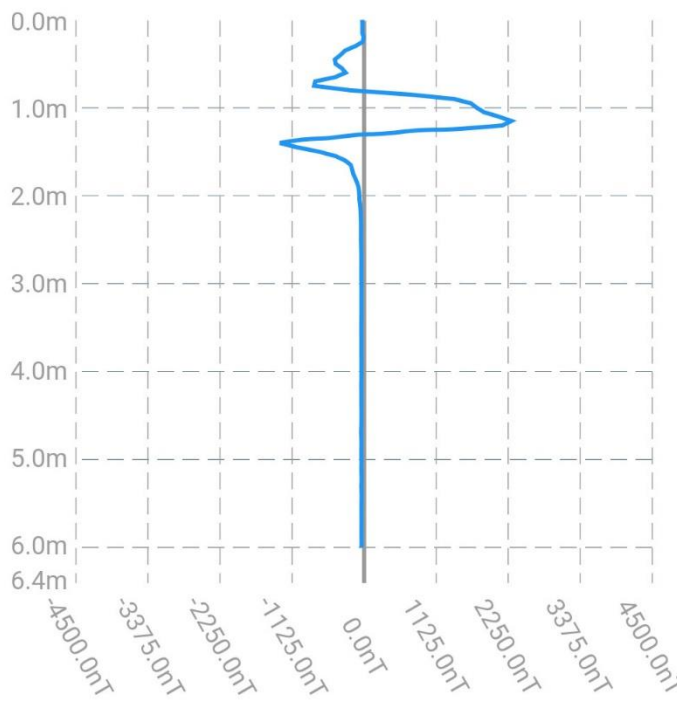
|    |                             |           |           |         |     |                                                                                                                                                                                                                                                           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                           |
|----|-----------------------------|-----------|-----------|---------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| S5 | Banquette N°2<br><br>Zone C | 510622.58 | 145656.51 | 135.978 | 6   | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Forage à l'eau</li><li>➤ Les sédiments ressortent jaunâtres et non blancs contrairement aux sondages de la banquette N°1 → présence de sables ?</li><li>➤ Zone décomprimée dans les sédiments jaunâtres</li></ul> |  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 6 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré mais zone décomprimée dans les sédiments jaunâtres</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul>   | Pas d'action particulière |
| S6 | Banquette N°2<br><br>Zone C | 510621.15 | 145657.95 | 136.103 | 4.5 | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Forage à l'eau</li><li>➤ Les sédiments ressortent jaunâtres et non blancs contrairement aux sondages de la banquette N°1 → présence de sables ?</li><li>➤ Zone décomprimée dans les sédiments jaunâtres</li></ul> |  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 4,5 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré mais zone décomprimée dans les sédiments jaunâtres</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul> | Pas d'action particulière |

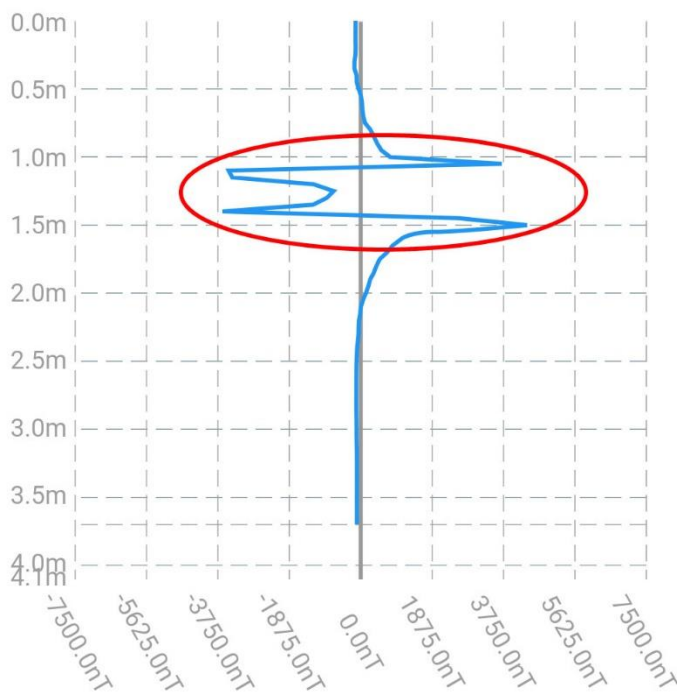
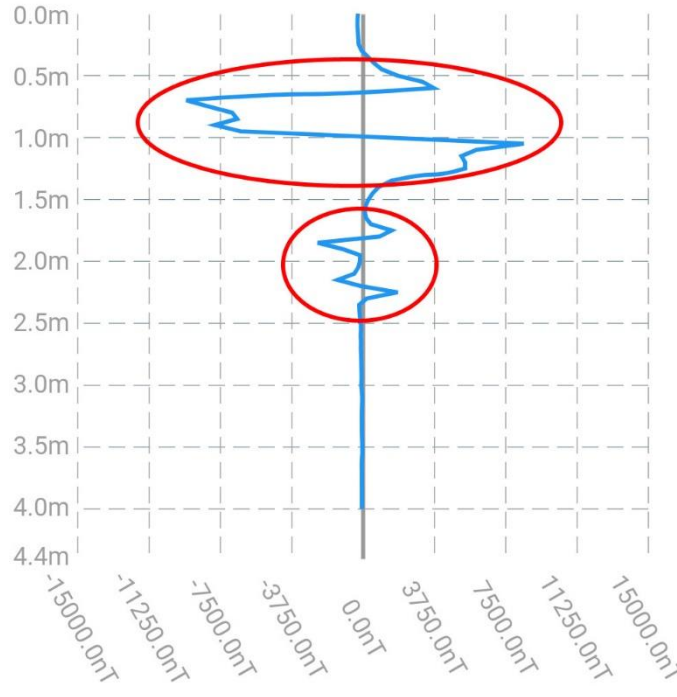
|    |                                |           |           |         |   |                                                                                                                                                       |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                  |                           |
|----|--------------------------------|-----------|-----------|---------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| S7 | Banquette<br>N°1<br><br>Zone F | 510653.78 | 145624.32 | 131.116 | 3 | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée</li><li>➤ Remblai sur craie</li><li>➤ Forage à sec</li></ul> |   | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 3 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul> | Pas d'action particulière |
| S8 | Banquette<br>N°1<br><br>Zone F | 510651.06 | 145625.41 | 131.108 | 3 | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée</li><li>➤ Craie indurée peu profonde</li></ul>               |  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 3 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul> | Pas d'action particulière |

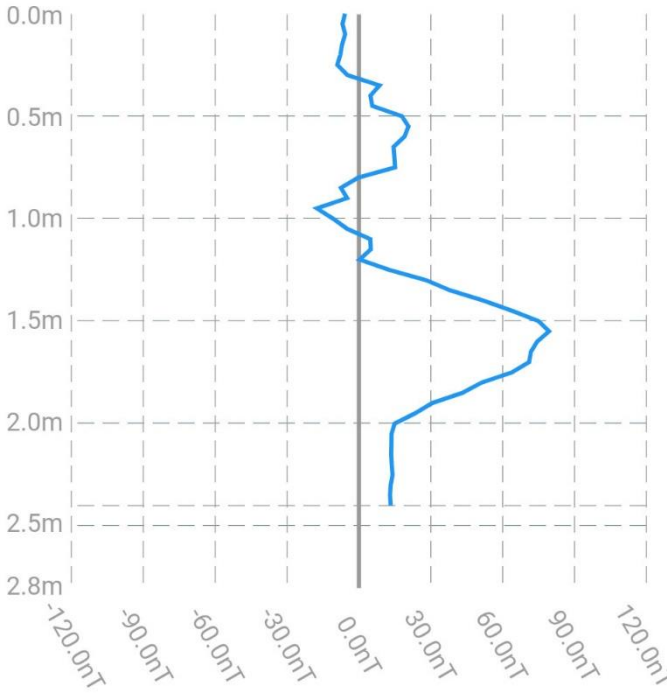
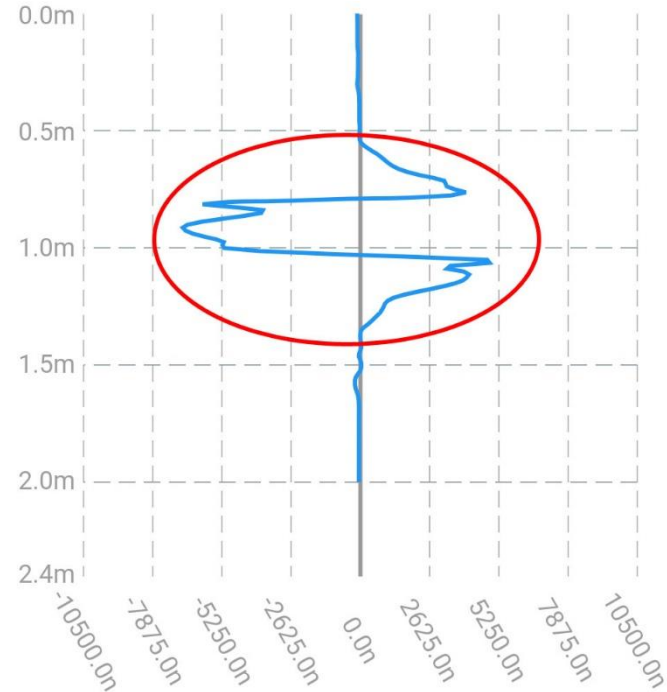
|     |                                |           |           |         |   |                                                                                                                                                                                                                                    |  |                                                                                                                                                                                                                                     |                           |
|-----|--------------------------------|-----------|-----------|---------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| S9  | Banquette<br>N°1<br><br>Zone F | 510648.64 | 145626.53 | 131.092 | 4 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée</li> <li>➤ Craie indurée peu profonde, forage à l'eau</li> <li>➤ L'eau est bien drainée dans le sol → zone un peu décomprimée</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 4 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li> </ul> | Pas d'action particulière |
| S10 | Banquette<br>N°1<br><br>Zone F | 510644.23 | 145628.48 | 131.132 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Craie indurée peu profonde, forage à l'eau</li> <li>➤ L'eau est bien drainée dans le sol → zone un peu décomprimée</li> </ul>                                                             |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 3 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li> </ul> | Pas d'action particulière |

|     |                                          |           |           |         |   |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |
|-----|------------------------------------------|-----------|-----------|---------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| S11 | Banquette N°1<br><br>Proximité Zone F    | 510639.60 | 145630.54 | 131.163 | 3 | Forage à l'eau → le terrain boit moins bien l'eau (zone plus indurée, moins perméable)                                                                                                                                                                                   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 3 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                    | Pas d'action particulière |
| S12 | Banquette N°1<br><br>Hors zone d'intérêt | 510626.56 | 145637.44 | 131.183 | 4 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Forage à l'eau jusqu'à 5 m mais le sondage se rebouche vite</li> <li>➤ Le terrain boit bien l'eau</li> <li>➤ Proximité front de taille</li> <li>➤ Petit vide de 20 cm, fractures probables → zone un peu décomprimée</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 3 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré. Mais détection de petits vides qui sont corroborés par une anomalie détectée au radar lors de la PHASE 2 (cf anomalie N°1 sur la banquette 1, Figure 3 de ce rapport et Figure 24 du premier rapport<sup>8</sup>)</li> <li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li> </ul> | Pas d'action particulière |

<sup>8</sup> Document « CR\_DSOE\_DREAL\_Détection cavités\_Investigations géophysiques\_TELLUS\_N020250513\_R0.docx ».

|     |                                          |           |           |         |   |                                                                                                                                 |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                  |                           |
|-----|------------------------------------------|-----------|-----------|---------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| S13 | Banquette N°1<br><br>Zone E              | 510618.22 | 145642.08 | 131.512 | 3 | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Forage à l'eau jusqu'à 3 m</li><li>➤ L'eau stagne à environ 2 m de profondeur</li></ul> |   | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 3 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul> | Pas d'action particulière |
| S14 | Banquette N°2<br><br>Hors zone d'intérêt | 510641.74 | 145640.99 | 135.26  | 6 |                                                                                                                                 |  | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 6 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li><li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li></ul> | Pas d'action particulière |

|     |                                       |           |           |         |     |                                                                                                                                                                             |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                       |
|-----|---------------------------------------|-----------|-----------|---------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| S15 | Banquette N°1<br><br>Proximité Zone F | 510660.61 | 145621.36 | 131.229 | 3.7 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée, et de la zone de décharge</li> <li>➤ Remblai de 1 m sur craie</li> </ul>         |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 3,7 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Anomalie magnétique intense (-3500/3500 nT) entre ~1 m et 1,5 m → présence d'une source ferreuse à la base du remblai. Forte probabilité que cette source soit liée à la zone de décharge</li> </ul>                                                                  | Vérification en pieds de pelle par un pyrotechnicien lors des travaux de terrassement |
| S16 | Banquette N°1<br><br>Proximité Zone F | 510664.86 | 145619.57 | 131.326 | 4   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée, et de la zone de décharge</li> <li>➤ Remblai de 1,6 à 1,7 m sur craie</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 4 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Anomalie magnétique intense (-8000/8000 nT) entre ~0,5 m et 1,2 m et une seconde d'intensité plus faible entre ~1,7 et 2,4 m → présence de 2 sources ferreuses au sein du remblai et à sa base. Probabilité que cette source soit liée à la zone de décharge</li> </ul> | Vérification en pieds de pelle par un pyrotechnicien lors des travaux de terrassement |

|     |                                         |           |           |         |     |                                                                                                                                                                        |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                       |
|-----|-----------------------------------------|-----------|-----------|---------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| S17 | Banquette N°1<br><br>Bordure Est Zone F | 510658.11 | 145622.52 | 131.124 | 2.4 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée, et de la zone de décharge</li> <li>➤ Remblai de ~90 cm sur craie</li> </ul> |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 2 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Pas d'anomalie magnétique significative → pas de risque d'UXO avéré</li> </ul>                                                                                                                         | Pas d'action particulière                                                             |
| S18 | Banquette N°1<br><br>Proximité Zone F   | 510658.96 | 145617.20 | 130.757 | 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dans l'emprise de la zone déminée puis remblayée, et de la zone de décharge</li> <li>➤ Remblai de ~60 cm sur craie</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pas de détection de vide franc jusqu'à 2 m de profondeur → pas de risque de cavité franche avéré</li> <li>➤ Anomalie magnétique intense (-5300/5200 nT) entre ~0,6 m et 1,2 m → présence d'une source ferreuse à la base du remblai. Forte probabilité que cette source soit liée à la zone de décharge</li> </ul> | Vérification en pieds de pelle par un pyrotechnicien lors des travaux de terrassement |

