



Détection & Cartographie des réseaux enterrés
Auscultation de sites & d'ouvrages d'art
Ingénierie Tranchées & Réseaux
Ingénierie géologique
Ingénierie d'assainissement



MAIRIE DE TOURRETTES-SUR-LOUP
Place Maximin Escalier
06140 TOURRETTES SUR LOUP



Dossier	Date	Modifications	Auteur	Vérificateur
3394/19-RD	11/04/2019	Rapport	EH	COV

TELLURIS MEDITERRANEE

Parc d'activité de l'Argile

Voie C – N° 103

06370 MOUANS SARTOUX

Tel : 04 92 92 56 78 Fax : 04 92 92 56 70

Internet: www.telluris-France.com

S.A.R.L. au capital de € 80 000 – SIRET 409 727 955 00059 – APE 7112B

Sommaire

1 - AVANT PROPOS	4
1.1. Généralités	4
1.2. Préparation du chantier	4
2 - MOYENS MIS EN OEUVRE	5
2.1. Méthodologie d'investigation : Le Radar Géologique	5
2.2. Cadre géologique et géographique	6
3 - OBSERVATIONS DU SOL	7
4 - RELEVÉ DES PROFILS RADAR	7
5 - RELEVÉ DES TOMBES	14
5.1. Observation A	14
5.2. Observation B	15
5.3. Observation C	15
5.4. Observation D	15
5.5. Observation E	16
5.6. Observation F	17
5.7. Observation G	18
5.8. Observation H	18
5.9. Observation I	19
5.10. Observation J	20
5.11. Observation K	21
6 - RELEVÉ DES ANOMALIES AUTRE QUE LES TOMBES	22
6.1. La Nef	22
6.2. L'affaissement dans le chœur	23
6.3. Les Chapelles	25
7 - PLAN INFORMATIQUE	26
8 - CONCLUSIONS	28
9 - CONDITIONS PARTICULIÈRES	28

FIGURES :

Figure 1 : Le GPR "Hi-mod" de I.D.S	5
Figure 2 : Le sommet des hyperboles marque la position d'une anomalie	6
Figure 3 : extrait Carte géologique (BRGM)	7
Figure 4 : réalisation de profils radar	8
Figure 5 : profil A2	9
Figure 6 : profil A4	10
Figure 7 : profil A6	10
Figure 8 : Profil A8	11
Figure 9 : Profil A10	12
Figure 10 : profil A12	13
Figure 11 : Profil A13	14
Figure 12: Pierre tombale A	15
Figure 13: Pierre tombale D	16
Figure 14: Pierre tombale E	17
Figure 15: Pierre tombale F	18
Figure 16: Pierre tombale H	19
Figure 17: Pierre tombale I	20
Figure 18: Pierre tombale J	21
Figure 19: Pierre tombale K	22
Figure 20 : Profil B2	23
Figure 21: Affaissement face à l'autel	24
Figure 22 : Profil G5	24
Figure 23 : Profil F15	25
Figure 24 : Profil E10	25
Figure 25 : Profils F2 et F5	26
Figure 26 ; Extrait du plan informatique	27

Contexte général



1 - AVANT PROPOS

1.1. Généralités

Le Bureau d'Etudes TELLURIS Méditerranée a été missionné fin mars 2019 pour le compte de la Mairie de Tourrettes sur Loup afin de réaliser une auscultation du sol de l'église saint Grégoire par radar géologique.

Nous sommes intervenus le 09/04/2019.

Le but de cette intervention est de :

- Déterminer les structures lithologiques du sol de l'église
- Localiser des anomalies (cavités, caveau, zones décomprimées ...)

Maitre d'ouvrage

MAIRIE DE TOURRETTE-SUR-LOUP
Place Maximin Escalier
06140 TOURRETTES SUR LOUP

Architecte du PATRIMOINE

Agnes Sourd

Nous sommes intervenus conformément aux instructions du maître d'ouvrage.

1.2. Préparation du chantier

Le personnel des services techniques de la ville sont intervenus pour enlever du sol tous les obstacles possibles (bancs, bougeoirs, ...) afin de pouvoir réaliser l'auscultation du sol par méthode radar.

2 - MOYENS MIS EN OEUVRE

2.1. Méthodologie d'investigation : Le Radar Géologique

Nous utilisons le GPR « Hi-mod » de I.D.S équipé de l'antenne 600 MHz et 200 MHz, L'analyse et traitement du signal sont réalisés avec le logiciel GRED.

Le Radar géologique ou GPR (Ground Penetrating Radar) est un procédé géophysique léger et non destructif permettant d'effectuer de manière précise et en continu des études géologiques de subsurface et des auscultations d'ouvrages.



Figure 1 : Le GPR "Hi-mod" de I.D.S

Principe de la méthode

Les méthodes de reconnaissance par méthode Radar est basé sur la propagation et la réflexion des ondes électromagnétiques dans le sol.

Le radar émet des ondes électromagnétiques de 600 Mhz et 200 Mhz dans le sol. Elles interagissent avec le milieu en créant des phénomènes de conduction et de polarisation qui dépendent de la permittivité complexe effective des matériaux rencontrés.

Des réflexions des ondes se produisent sur les objets ou matériau de propriété changeante de conduction du courant électrique.

Les données sont acquises par des profils perpendiculaires aux cibles à localiser.

Le profil Radar permet de positionner précisément les anomalies qui le recoupernt.

Le profil Radar permet de déterminer la profondeur de la cible.

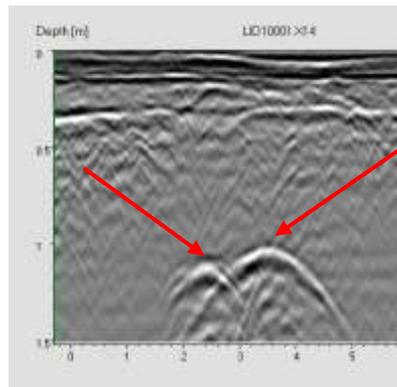


Figure 2 : Le sommet des hyperboles marque la position d'une anomalie

Les ondes électromagnétiques sont fortement influencées par le milieu dans lequel elles se propagent. Dans un milieu faiblement conducteur (comme les calcaires), l'atténuation des ondes est faible contrairement à un milieu conducteur (argile).

La profondeur d'investigation Radar varie donc en fonction de la nature du sol et son degré d'humidité.

Les profondeurs des réflecteurs sont généralement déduites à partir de la vitesse estimée dans le milieu.

La détection de cavités par méthode radar

La signature d'une cavité apparaît comme un contraste d'amplitude plus ou moins prononcé sur l'image radar. Il est lié au rapport entre les permittivités effectives de l'encaissant (calcaire) et de la cavité, et il est fonction de l'atténuation intrinsèque de l'encaissant.

Ce contraste est relativement élevé pour une cavité vide. Le signal associé à la présence d'une cavité présente souvent des hyperboles de diffraction issues des réflexions sur les bords de la cavité. Le contraste est encore plus élevé si la cavité était ennoyée.

Généralité sur l'interprétation des mesures.

Les mesures brutes apportent une première information qualitative qui permet de localiser directement les anomalies dans le sol.

Les sondages mécaniques permettent de caractériser quantitativement la structure du sol.

2.2. Cadre géologique et géographique

L'église Saint Grégoire présente une nef d'un vaisseau, prolongée à l'Est par un chœur de plan heptagonal et augmentée, au Nord et au Sud, de deux chapelles latérales.

La construction de l'église a connu plusieurs phases depuis le 11^{em} siècle avec des extensions au 13^{em} siècle, puis au 16^{em} siècle.

La nef est orientée Nord Sud.

Les chapelles sont de construction plus récentes (1645 pour la chapelle Sud et 1648 pour la chapelle Nord)

L'église est construite sur le calcaire jurassique référencé J6b sur la carte géologique du BRGM. Les bancs de calcaire massif et dolomie du Kimméridgien présente un pendage de 25° vers le Sud est selon la carte géologique.



Figure 3 : extrait Carte géologique (BRGM)

Résultats

3 - OBSERVATIONS DU SOL

Le sol de la nef est formé de dalles calcaires de dimensions variables.

Le dallage de pierre de la nef est d'origine, usé par le temps. On y trouve dix dalles funéraires, sans doute celles des seigneurs de Tourrettes et notables du lieu. Les blasons sculptés sont très effacés. La plus belle est sculptée des armoiries du seigneur de Villeneuve.

4 - RELEVÉ DES PROFILS RADAR

Nous avons effectué sur le sol de l'église un carroyage de profils radar sur toutes les zones libres.

Tous ces profils radar ont été enregistrés avec 2 fréquences d'émission différentes : 600 Mhz et 200 MHz.

L'antenne 600 MHz permet d'obtenir une bonne résolution au détriment de la profondeur d'investigation. Nous avons un réglage de 50ns, soit 2.2m de profondeur pour une vitesse moyenne de 10 cm/ns.

L'antenne 200 MHz permet d'augmenter la profondeur d'investigation au détriment de la résolution. Nous avons un réglage de 90ns, soit 4.7m de profondeur pour une vitesse moyenne de 10 cm/ns. La profondeur de pénétration limite est de 3.5m environ. Au delà, le signal radar est peu exploitable.

Tous les profils radar ont été exploités pour la cartographie des différentes anomalies.

Parmi les profils radar traités, certains ont été sélectionnés pour leur intérêt et sont décrits en exemple ci-après. Les emplacements de ces profils sont notés sur le plan (annexe)



Figure 4 : réalisation de profils radar

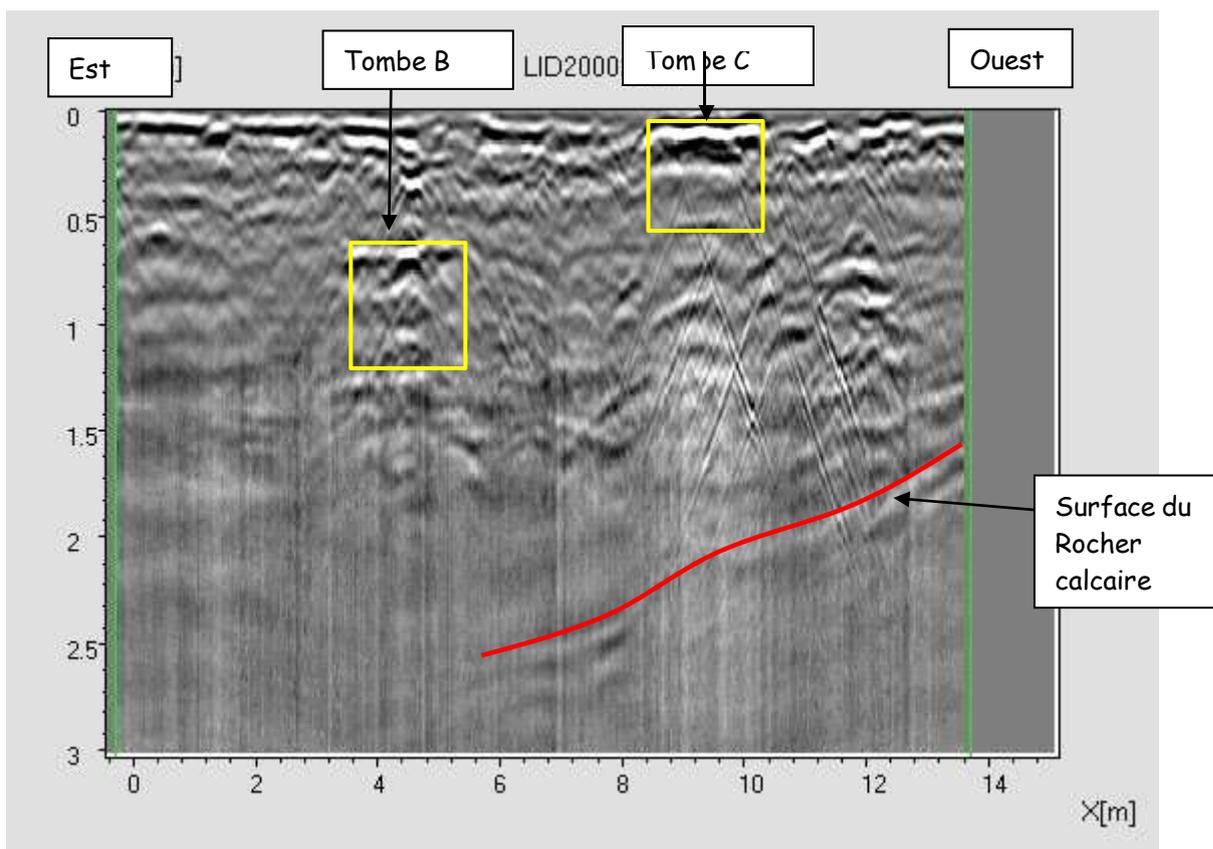


Figure 5 : profil A2

Le profil longitudinal A2 est placé coté Nord de la nef. On distingue les 2 tombes B et C marquées par leurs cavités. On observe également le banc calcaire en pente de l'Ouest vers l'Est à partir de 1.5m de profondeur.

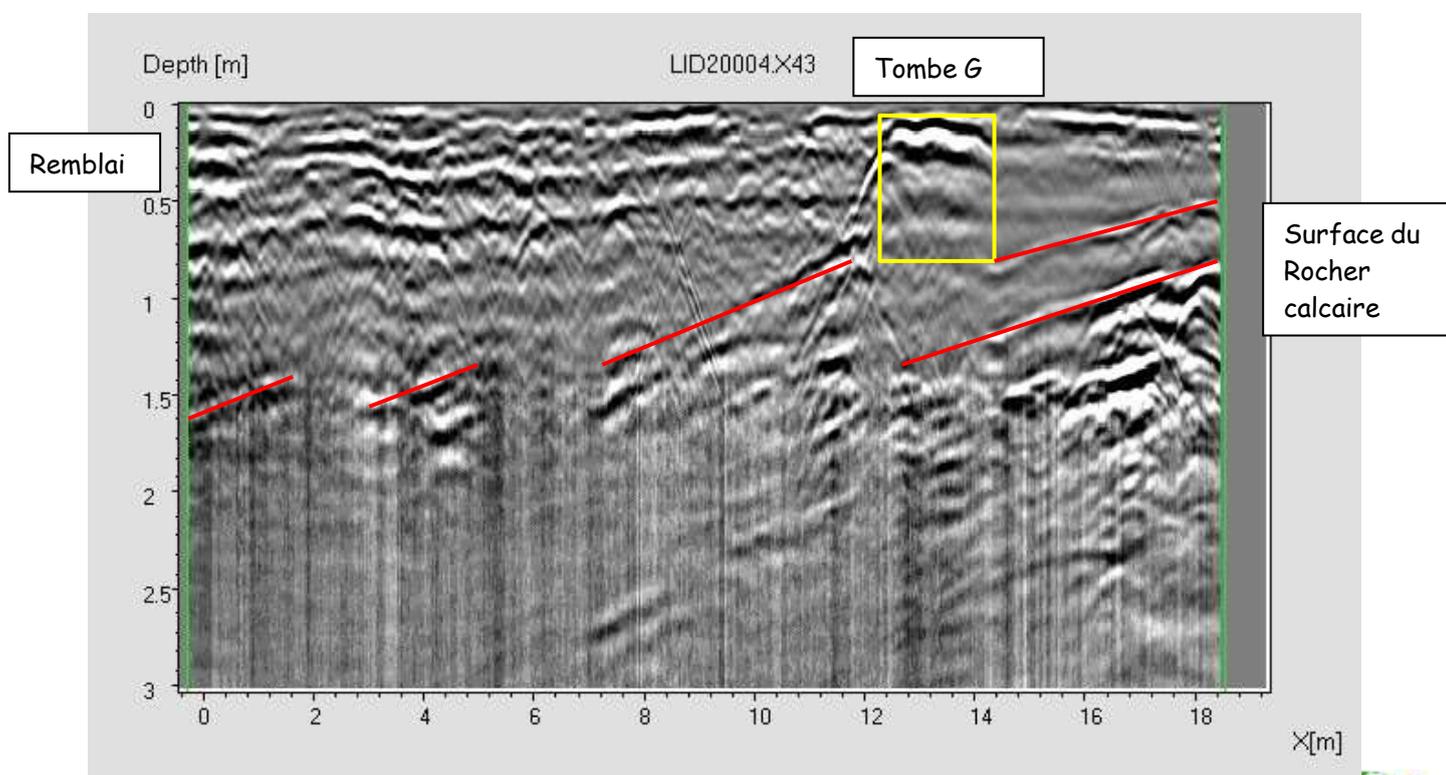


Figure 6 : profil A4

Le profil longitudinal A4 est placé coté Nord de la nef. On distingue la tombe G marquée par sa cavité. On observe également les bancs calcaires, en pente de l'Ouest vers l'Est, à partir de 1.5m de profondeur coté Ouest et 0.5m coté Est de la nef.

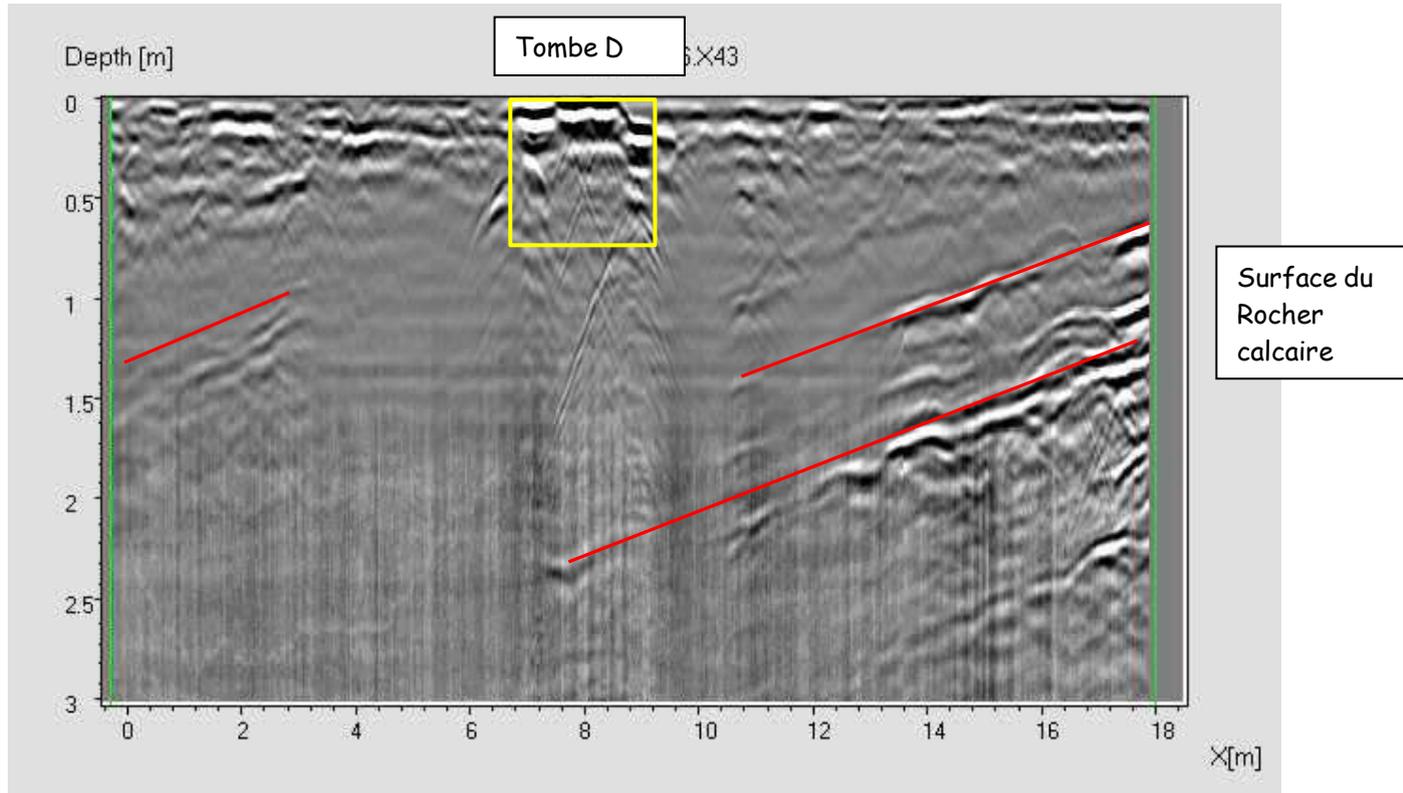
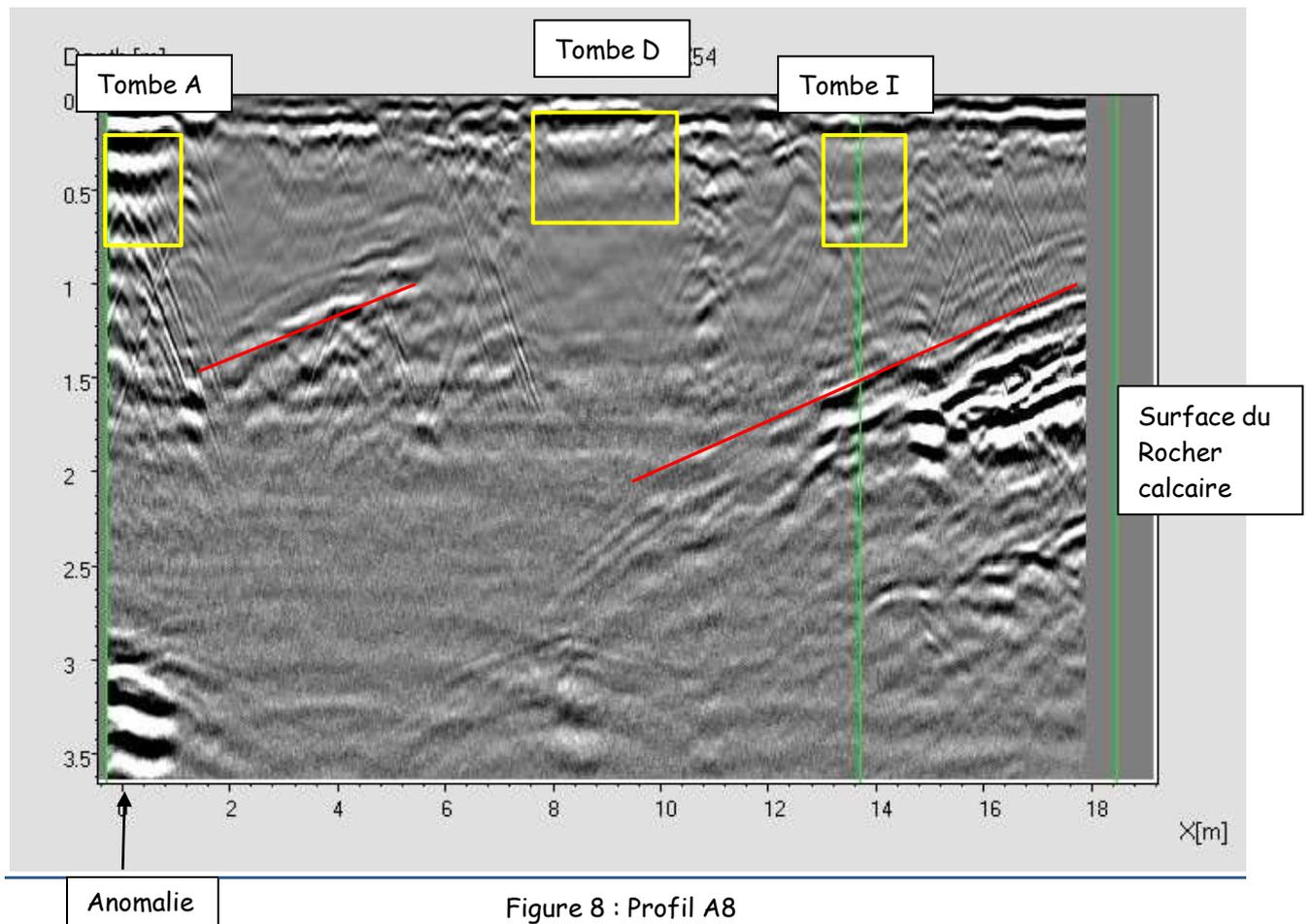


Figure 7 : profil A6

Sur le profil longitudinal A6, on distingue la tombe D marquée par sa cavité. On observe également les bancs calcaires en pente de l'Ouest vers l'Est à partir de 1.0m coté Ouest et 0.6m coté Est de la nef.



Sur le profil longitudinal A8, on distingue les tombes A , D et I. La tombe A présente une belle cavité. Le profil frôle la tombe D. La tombe I ne présente pas de cavité mais l'interface du fond de la tombe reste visible.

On observe également les bancs calcaires en pente de l'Ouest vers l'Est à partir de 0.8m de profondeur.

Une anomalie à 3.0m de profondeur est visible. Il peut s'agir d'une cavité dans le calcaire.

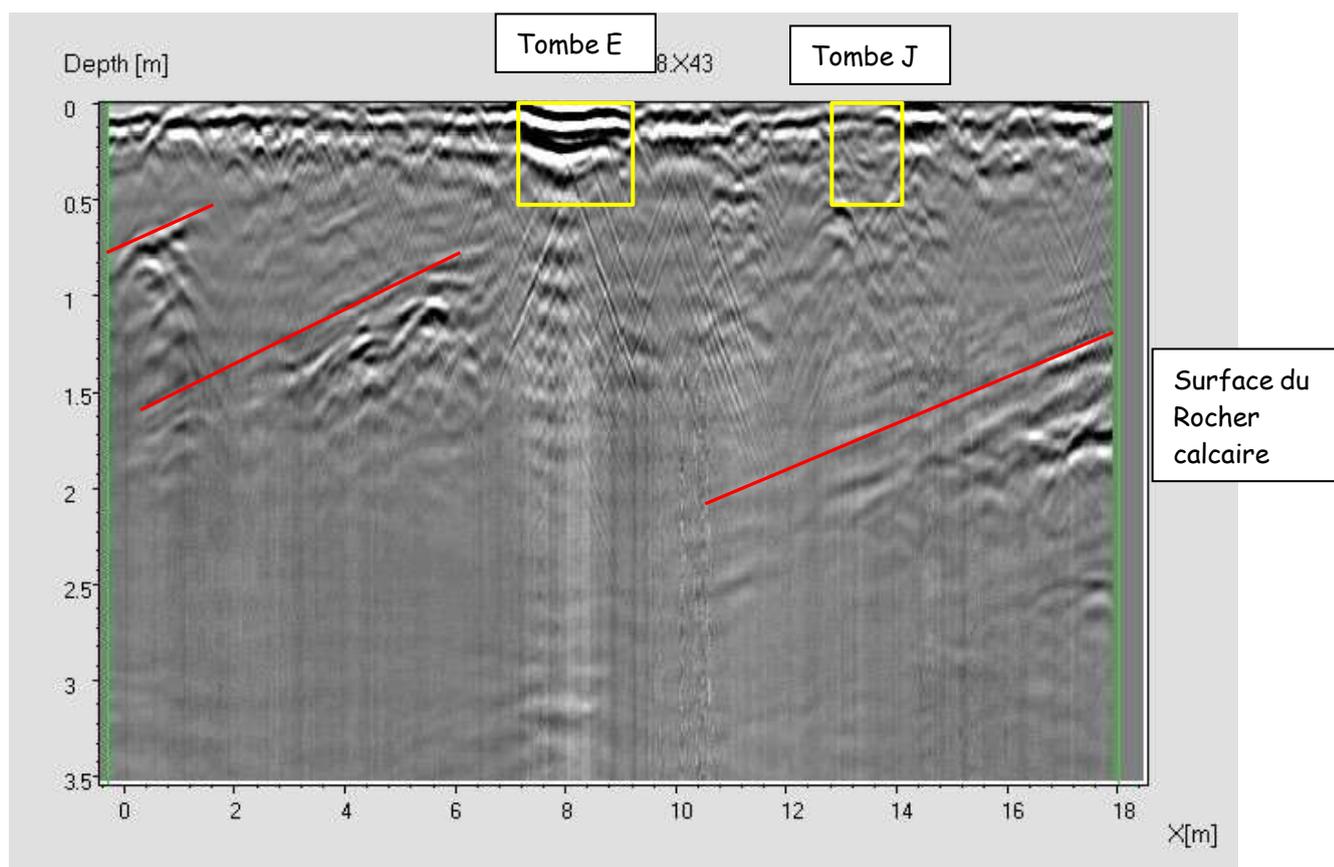


Figure 9 : Profil A10

Sur le profil longitudinal A10, on distingue les tombes E et J. La tombe J présente une cavité sous la dalle, cependant, la tombe J ne présente pas de cavité mais l'interface du fond de la tombe reste visible.

On observe également les bancs calcaires en pente de l'Ouest vers l'Est à partir de 0.8m de profondeur.

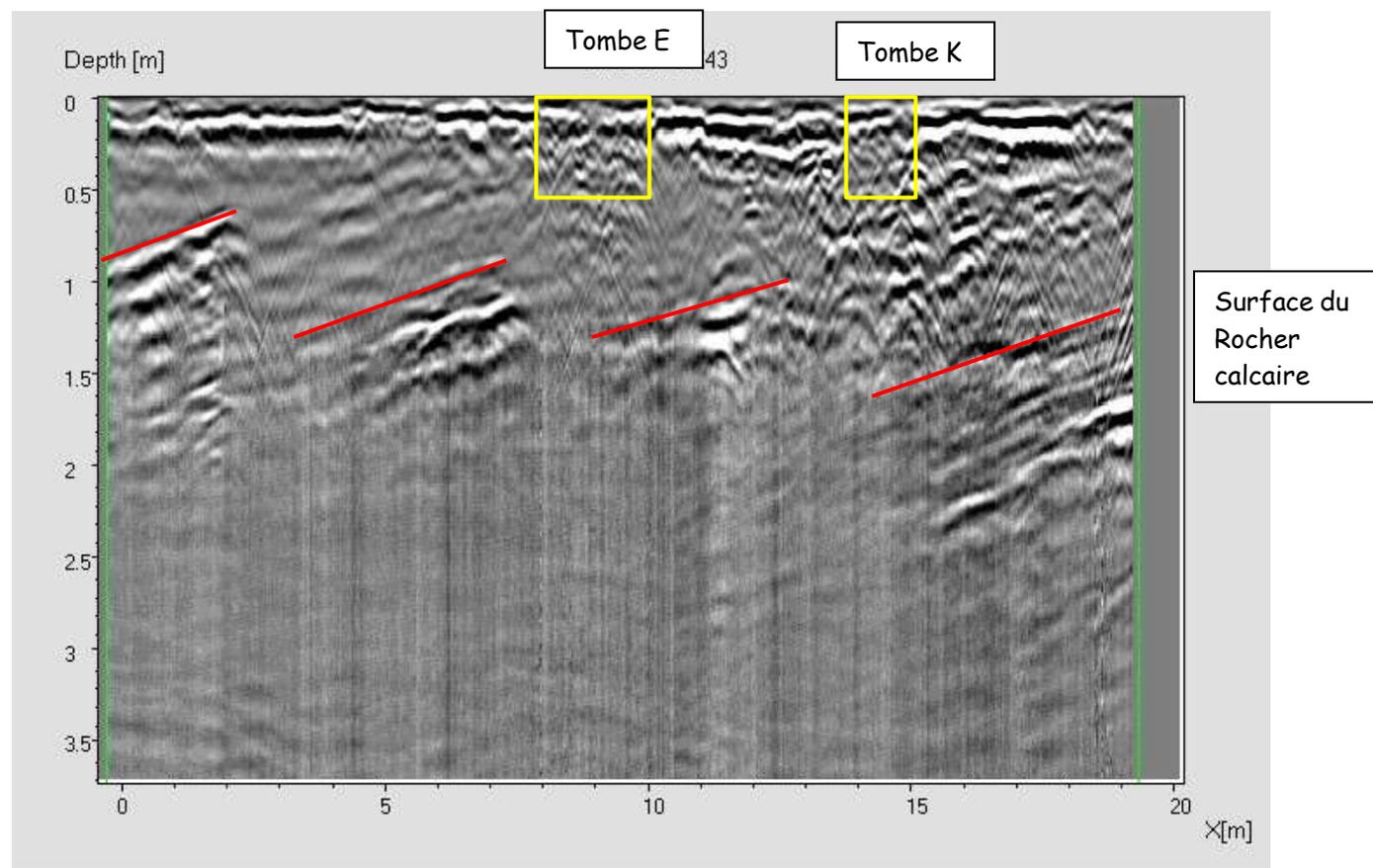


Figure 10 : profil A12

Sur le profil longitudinal A12, on distingue les tombes E et K. Les tombes E et K présentent une cavité sous la dalle.

On observe également les bancs calcaires en pente de l'Ouest vers l'Est à partir de 0.5m de profondeur.

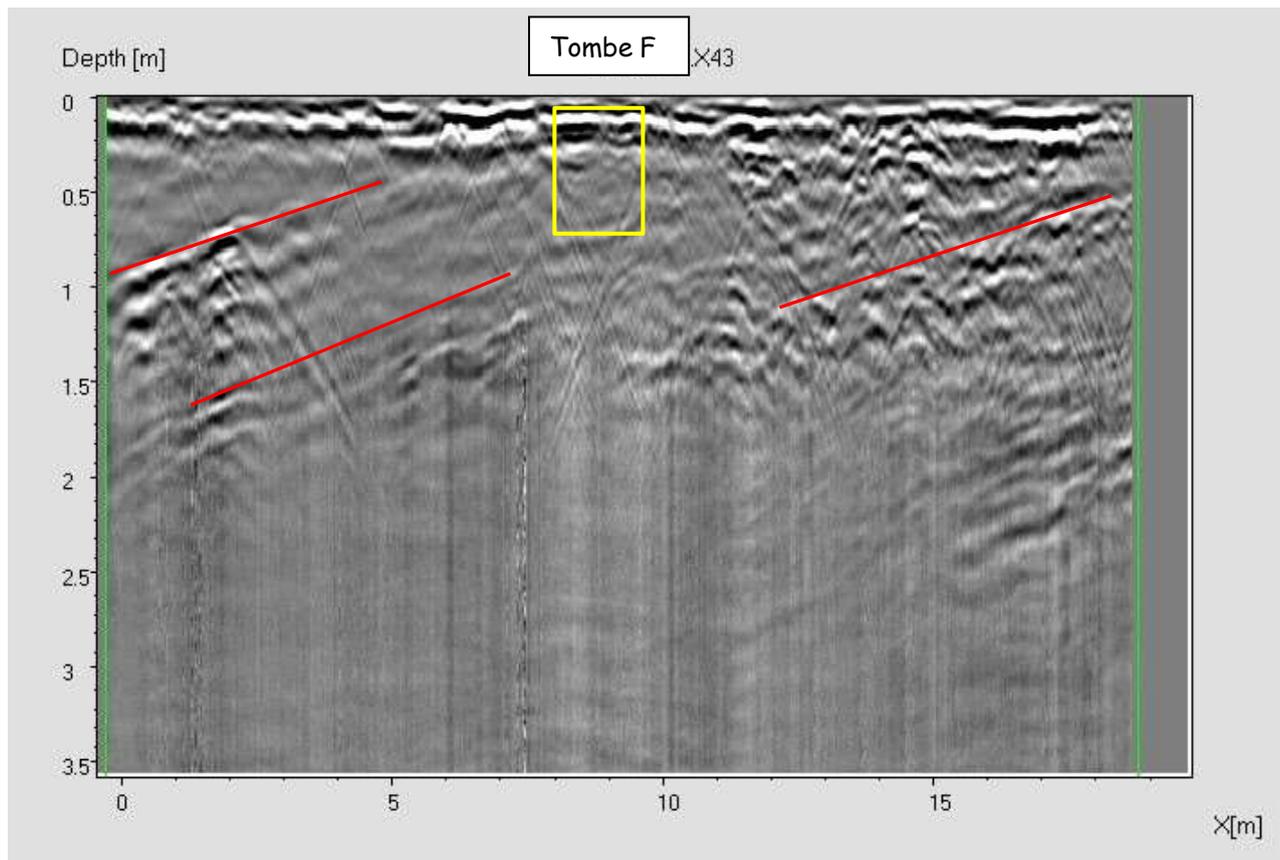


Figure 11 : Profil A13

Sur le profil longitudinal A13, on distingue la tombe F. Celle-ci ne présente pas de cavité marquée sous la dalle. On distingue les bords de la tombe.

On observe également les bancs calcaires en pente de l'Ouest vers l'Est à partir de 0.5m de profondeur.

5 - RELEVÉ DES TOMBES

Les profils radar ont permis de localiser plusieurs tombes.

Les 11 observations notées de A à K ont été reportées sur un plan au 1/50.

5.1. Observation A

On observe sur l'image radar une tombe sous l'ensemble de 3 pierres dont l'une porte les traces d'un ancien anneau. La tombe mesure 1.70m de longueur sur 0.66m de largeur.



Figure 12: Pierre tombale A

5.2. Observation B

On observe sur l'image radar une anomalie qui correspond à une tombe en raison de sa dimension 1.8m x 0.66m. Nous n'avons aucune gravure sur les dalles. L'écho radar se forme vers 0.5m de profondeur. Il s'agit sans doute d'une ancienne tombe avant la mise en place du dallage au 16^{em} siècle.

5.3. Observation C

On observe sur l'image radar une anomalie qui correspond à une tombe en raison de sa dimension 1.5m x 0.60m. Nous n'avons aucune gravure sur les dalles.

5.4. Observation D

Il s'agit de la tombe de Villeneuve qui comporte trois dalles dont l'une avec les armoiries. Les deux autres présentent la trace des anneaux. La tombe mesure 1.94m de longueur sur 1.15m de largeur.



Figure 13: Pierre tombale D

5.5. Observation E

Il s'agit d'une tombe importante qui comporte une dalle gravée avec un blason dans le coin inférieur droit.

La tombe mesure sur l'image radar 2.55m de longueur sur 1.14m de largeur et comporte une cavité et des pierres à sa périphérie.



Figure 14: Pierre tombale E

5.6. Observation F

Il s'agit d'une pierre gravée avec un blason de Tourrettes sur Loup comportant des fleurs de violettes et un anneau de levage.

Sur l'image radar, la cavité n'est pas visible. Nous observons les bords de la tombe.

La tombe mesure 1.72m de longueur sur 0.55m de largeur.



Figure 15: Pierre tombale F

5.7. Observation G

On observe sur l'image radar une cavité qui correspond à une tombe en raison de sa dimension 1.7m x 0.60m. Nous n'avons aucune trace sur les dalles.
Cette tombe jouxte une pierre gravée (observation H) qui pourrait être placée en bordure extérieure de la tombe.

5.8. Observation H

Il s'agit d'une pierre gravée avec un blason comportant un cœur et une inscription.
Sur l'image radar, nous n'avons pas de cavité sous cette pierre.
La pierre gravée mesure 0.66m de longueur sur 0.63m de largeur.
Cette pierre correspond sans doute à la tombe noté G qui jouxte celle-ci.



Figure 16: Pierre tombale H

5.9. Observation I

Il s'agit d'une pierre gravée avec un blason comportant deux chevrons.

Sur l'image radar, nous n'observons pas de cavité sous cette pierre.

Cependant, on observe une interface vers 0.5m de profondeur correspondant au fond de la tombe.

La tombe mesure 1.63m de longueur sur 0.60m de largeur.



Figure 17: Pierre tombale I

5.10. Observation J

Il s'agit d'une pierre gravée sur laquelle est notée REPOS
Sur l'image radar, la cavité n'est pas visible. Nous observons les bords de la tombe.
La pierre gravée mesure 1.45m de longueur sur 0.58m de largeur.



Figure 18: Pierre tombale J

5.11. Observation K

Il s'agit d'une pierre gravée sur laquelle est notée la date de 1622
Sur l'image radar, la cavité n'est pas visible. Nous observons les bords de la tombe.
La pierre gravée mesure 1.45m de longueur sur 0.62m de largeur.



Figure 19: Pierre tombale K

6 - RELEVÉ DES ANOMALIES AUTRE QUE DES TOMBES

6.1. Entrée de la nef

Dans l'entrée de la nef, sur le profil B2, on distingue une interface courbe vers 2.5m de profondeur sous les bancs calcaires. Il pourrait s'agir d'une cavité karstique.

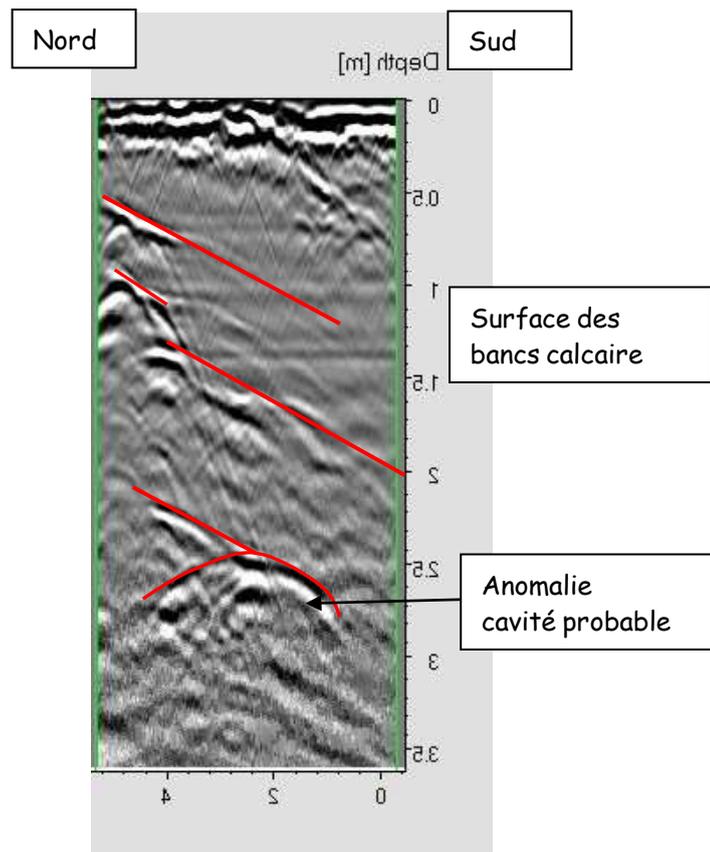


Figure 20 : Profil B2

6.2. L'affaissement dans le chœur

Au niveau du chœur, le sol présente un affaissement face à l'autel. Des relevés topographiques ont permis de mesurer un affaissement de 4cm du carrelage. Ces relevés ont permis de localiser la bordure de cet affaissement.

Les profils radar font apparaître une anomalie au droit de cet affaissement avec une absence de rebond du signal sur le matériau.

Il s'agit donc d'un matériau homogène comme par exemple d'une poche de sable ou d'argile.

On distingue une interface très faible vers 1.5m sous l'affaissement.

On observe également que l'étendue de cette anomalie de plus de 3.0m de diamètre est beaucoup plus importante que l'affaissement visible. L'extension vers le Sud est masquée par la présence d'une estrade au sol.

Les profils G12 et G11 réalisés sur l'autel ne montre pas cette anomalie.

Le profil G9 réalisé derrière l'autel ne montre pas d'anomalie.

Le profil F15 montre nettement la coupure de l'interface correspondant au banc calcaire par l'anomalie.

Un sondage de reconnaissance type pénétromètre serait nécessaire pour déterminer la nature de cette anomalie.



Affaissement

Figure 21: Affaissement face à l'autel

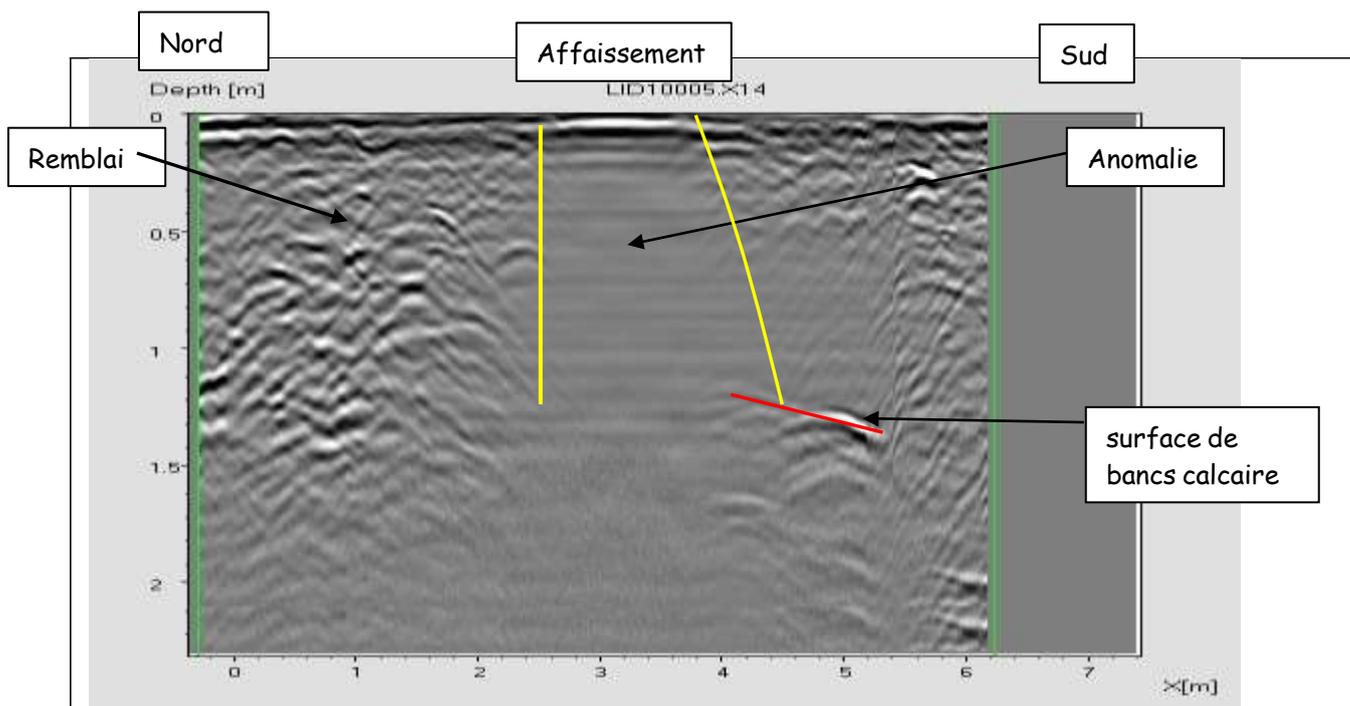
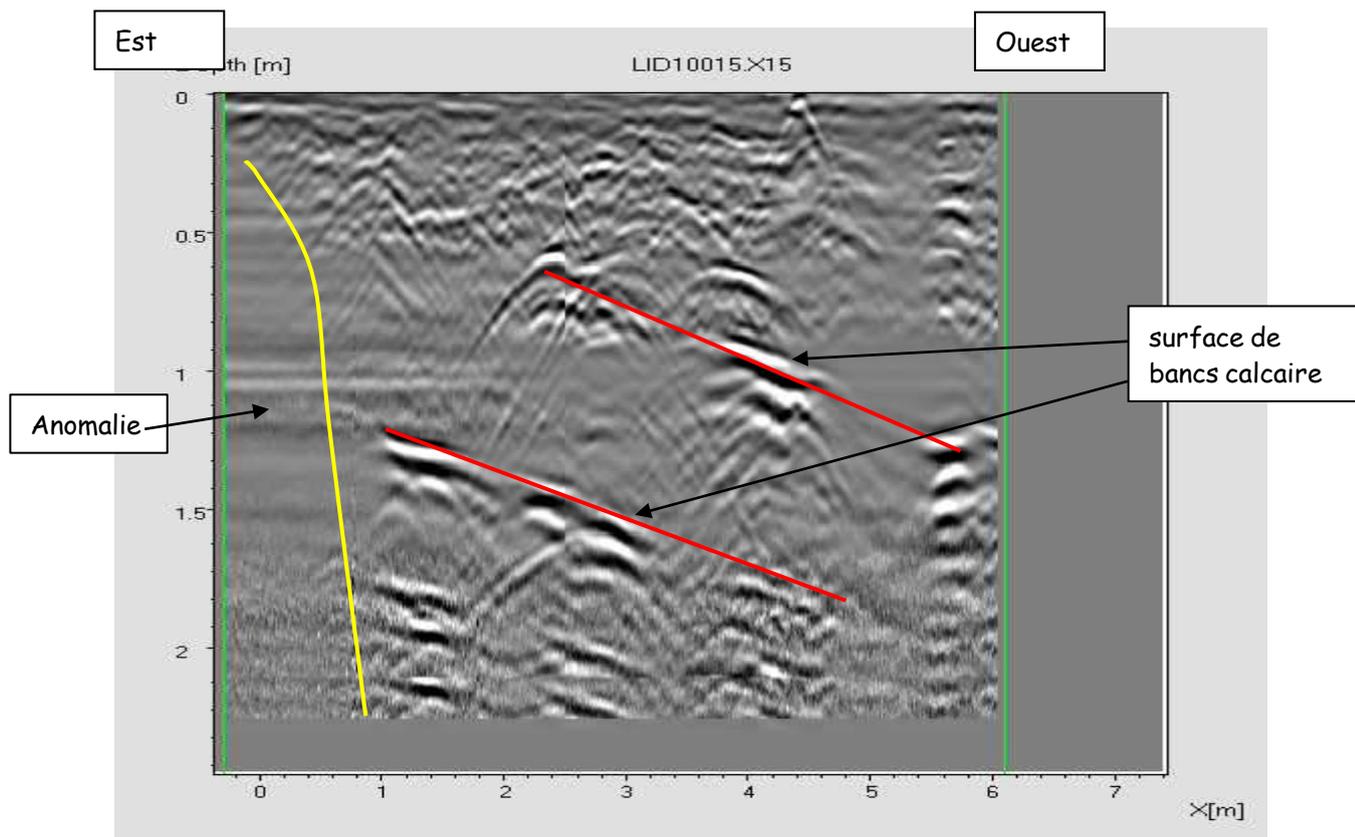
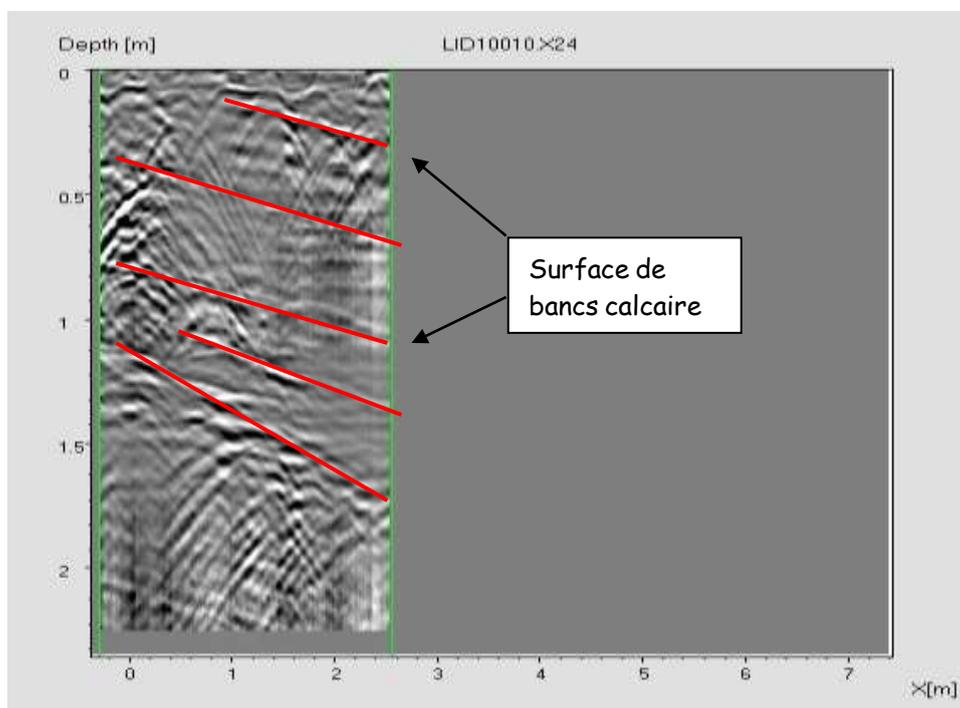


Figure 22 : Profil G5



6.3. Les Chapelles

Dans la chapelle de la Vierge marie située au Sud, nous n'avons relevé aucune anomalie dans le sol. La surface du rocher est proche (10cm sur le profil E10).



Dans la chapelle de Saint Antoine, les profils radar ne font pas apparaître les bancs calcaires. Nous avons un remblai avec la présence d'une anomalie similaire à celle de l'autel. Nous avons une absence du retour du signal radar. Aucun affaissement au sol est observé. Cette anomalie a une forme allongée Nord-Sud de 1.8m de long sur 0.5m de large.

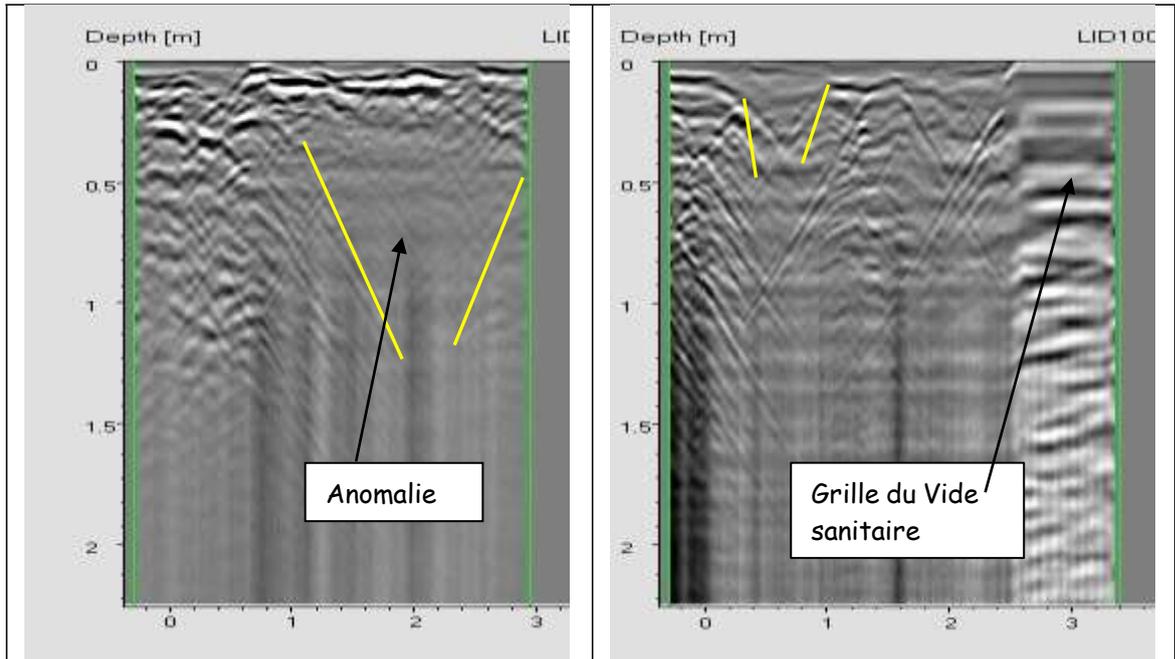


Figure 25 : Profils F2 et F5

7 - PLAN INFORMATIQUE

Nous avons reporté nos observations sur le plan informatique au format DWG de l'église fourni par la mairie (annexe).

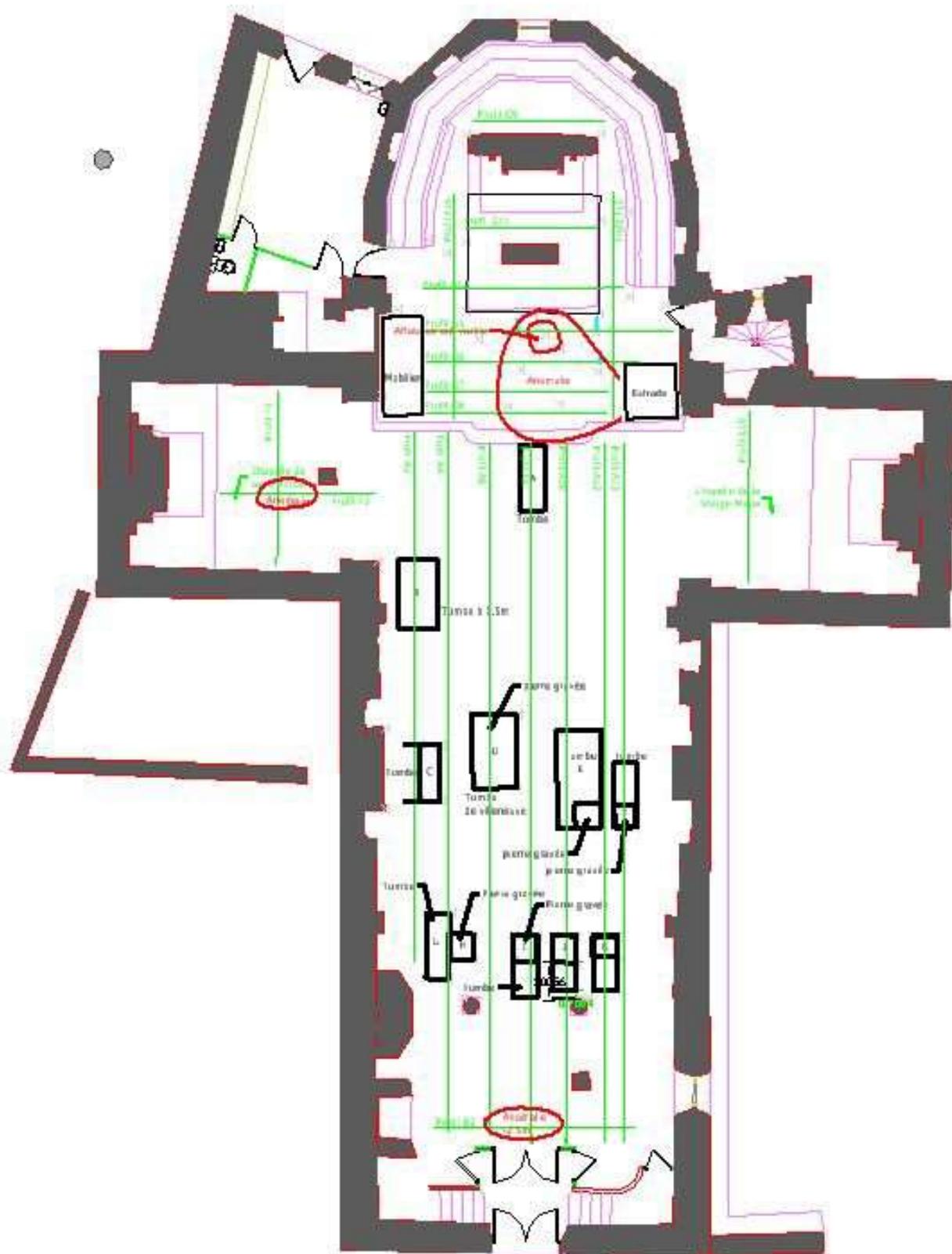


Figure 26 ; Extrait du plan informatique

8 - CONCLUSIONS

La reconnaissance du sous-sol de la nef de l'église Saint Grégoire par méthode géophysique a permis de mettre en évidence :

- 9 anomalies assimilées à des tombes en raison de leur forme rectangulaire. Certaines possèdent des pierres tombales avec des armoiries. Elles peuvent être vides ou comblées.
- 1 anomalies de type cavités à l'entrée de la nef à une profondeur de 2.5 m.

La reconnaissance du sous-sol du cœur de l'église a permis de mettre en évidence une anomalie profonde de plus de 3 m de diamètre dont la partie sommitale semble s'affaisser. Il serait nécessaire de réaliser un sondage pénétrométrique afin de définir le type d'anomalie (remplissage d'une ancienne cavité artificielle ou naturel, cavité karstique dans les calcaires.).

La reconnaissance du sous-sol dans la chapelle Saint Antoine a permis de mettre en évidence une anomalie de forme allongée Nord-Sud de 1.8m de long sur 0.5m de large.

9 - CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ainsi que toutes ses annexes, constituent un ensemble indissociable.

La Société TELLURIS serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des concessionnaires, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire des relevés topographiques sur le projet et des hypothèses sur l'identification des observations radar, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société TELLURIS ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances géophysiques par ondes électromagnétiques dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol (profondeur d'investigation variable, vitesse du signal électromagnétique) dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des travaux et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols doit être signalé à TELLURIS qui pourra reconsidérer tout ou une partie du rapport.

La Société TELLURIS ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur les dites modifications.

Eric HERMAND
Chargé de missions

Mouans Sartoux, le 11/04/2019