

Projet de recherche

Apport d'une nouvelle technologie d'imagerie Géoradar à l'évaluation de l'état des dalles des tabliers de ponts en béton armé R712.1

Rapport présenté à :

Marjolaine Pépin

Responsable de l'administration
Direction des structures
Ministère des Transports du Québec
(418) 643-6906, poste 4177
Courriel : Marjolaine.Pepin@mtq.gouv.qc.ca

Rapport rédigé par

M. Jamal Rhazi, ing., Ph.D.

Chercheur
Département de génie civil
Université de Sherbrooke
Sherbrooke (Québec) J1K 1R1
Téléphone : 819 821-8063
Télécopieur : 819 821-7974
Courriel : Jamal.Rhazi@USherbrooke.ca

Février 2013

SOMMAIRE

Ce rapport concerne des travaux de recherche visant à étudier l'apport des nouvelles technologies Géoradar haute résolution à l'évaluation de l'état des dalles des tabliers des ponts en béton armé. Il décrit les travaux effectués à cet effet et en donne les résultats. Il propose aussi des recommandations visant à améliorer les possibilités de ces nouvelles technologies prometteuses.

TABLES DES MATIÈRES

1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	1
2. OBJECTIFS	2
3. ÉQUIPEMENT GÉORADAR TESTÉ	2
4. TRAVAUX RÉALISÉS	3
5. RÉSULTATS DES TRAVAUX	5
6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	6

1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Les recherches menées au cours des dernières années par l'Université de Sherbrooke en collaboration avec le ministère des Transports du Québec ont montré la pertinence de la technologie du Géoradar en ce qui concerne l'évaluation de la corrosion des armatures et la détection des délaminages dans le béton.

Actuellement, les antennes Géoradar utilisées pour l'auscultation des dalles de ponts sont constituées d'un boîtier d'environ 10 cm * 10 cm comprenant un émetteur et un récepteur d'ondes électromagnétiques fonctionnant à la fréquence approximative de 2000 MHz. Ces émetteurs et receveurs sont des tiges métalliques dont la forme est similaire à celle d'un nœud papillon (figure 1). L'orientation de ces émetteurs-receveurs est habituellement perpendiculaire à la direction de leur déplacement sur les dalles (on dit que les antennes sont polarisées verticalement). Cette orientation permet la détection des armatures perpendiculaire à la direction de leur déplacement.

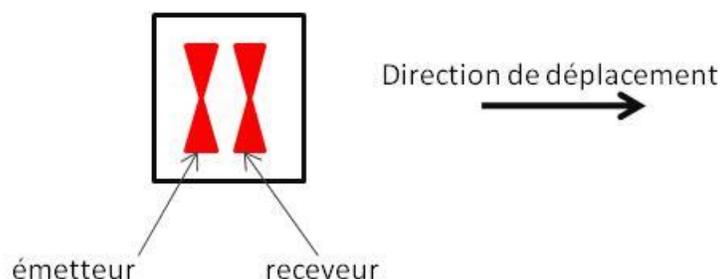


Figure 1 : antenne Géoradar élémentaire

Dans le cas des dalles de ponts, les relevés Géoradar sont effectués selon des lignes parallèles à la direction du pont. Afin de limiter la perturbation du trafic routier et minimiser la durée de la mobilisation des structures, la distance entre les lignes de mesure varie généralement entre 0,5 m à 1 m. Cette distance entre les lignes de mesure ne permet pas une couverture complète de la surface du tablier. Les résultats obtenus peuvent ne pas révéler la présence de dégradations dans les dalles si ces dégradations sont situées entre les lignes de mesure.

Afin de corriger cette problématique dont les conséquences peuvent parfois être très sérieuses, les fournisseurs d'équipements Géoradar s'orientent de plus en plus vers le développement

d'antennes Géoradar dont les boîtiers contiennent plusieurs émetteurs-récepteurs distants de quelques centimètres seulement. Ceci permet l'auscultation d'une largeur de chaussée allant de 1 à 2 m avec une densité de mesures très élevée et une couverture quasi-totale de la surface.

Les résultats générés par cette nouvelle génération d'équipements Géoradar sont fournis sous la forme d'images en 2D et en 3D du milieu ausculté. Selon les manufacturiers de ces équipements, cela permet d'accroître de façon significative les performances de ces Géoradars en ce qui concerne la détection des dégradations dans les dalles en béton armé.

2. OBJECTIFS

Les techniques d'imagerie Géoradar haute résolution comme méthodes d'auscultation des ouvrages de béton sont très récentes et n'ont jamais été utilisées au Québec. À notre avis, cette technologie est très prometteuse et pourrait améliorer grandement la fiabilité des auscultations et la sécurité des ouvrages. Il est toutefois nécessaire de connaître ses possibilités et ses limites avant de l'utiliser à grande échelle pour l'évaluation de l'état des dalles des tabliers de ponts en béton armé.

L'objectif de ce projet est de valider les résultats obtenus par ces nouvelles technologies d'imagerie sur deux (2) ponts en les comparant avec des investigations de l'état réel des matériaux, ou bien avec d'autres méthodes d'auscultation, tel que le relevé de potentiel de corrosion. Le ministère des Transports du Québec devait mettre à notre disposition 2 structures ayant fait l'objet de relevés de potentiel, ainsi que les résultats de ces relevés.

Le présent rapport décrit les travaux réalisés dans le cadre de ce projet, les résultats de ces travaux et donne des recommandations pour les travaux futurs.

3. ÉQUIPEMENT GÉORADAR TESTÉ

Dans le cadre de ce projet, les relevés Géoradar ont été effectués avec un système Géoradar

HI-BrigHT manufacturé par la compagnie IDS (Italie). Le boîtier de l'antenne englobe 8 émetteurs-receveurs polarisés verticalement et espacés de 10 cm, et 8 émetteurs-receveurs polarisés horizontalement et espacés également de 10 cm (figure 2). Ceci permet de détecter les armatures transversales et les armatures longitudinales simultanément. La largeur auscultée en une seule passe est de 0,8 m.

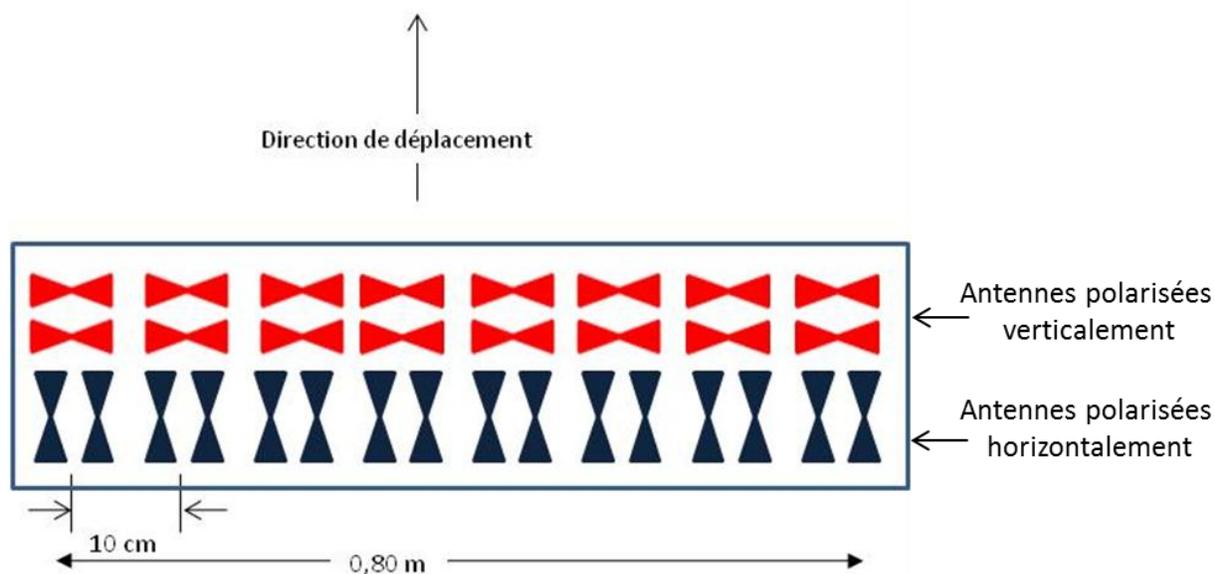


Figure 2 : Disposition des émetteurs-receveurs dans l'antenne

4. TRAVAUX RÉALISÉS

Des relevés Géoradar ont été effectués le 15 septembre 2011 sur une dalle de tablier de pont situé en Estrie (le pont Orr, figure 3). Le choix de cette structure avait été justifié par le fait que nous disposions déjà de données de relevés de potentiel de corrosion collectées sur la dalle. Malheureusement, les données



Figure 3 : Relevés sur la dalle du tablier du pont Orr

collectées sur cette dalle se sont avérées être inexploitables, et il n'a pas été possible de refaire ces essais sur cette dalle.

Le MTQ n'a pas pu nous fournir d'autres dalles sur lesquelles on pouvait faire les tests. Les résultats présentés dans ce rapport concernent donc des essais effectués sur une dalle de stationnement grâce à une collaboration avec la Ville de Sherbrooke, et sur une dalle de pont grâce à une collaboration avec la Ville de Montréal.

4.1 Dalle de stationnement

La dalle de stationnement ayant fait l'objet des tests fait partie d'un stationnement multi-étages situé au centre-ville de Sherbrooke. C'est une dalle en béton armé avec un revêtement bitumineux. La dalle du stationnement n'a jamais fait l'objet de relevés de potentiel de corrosion.

La surface testée est de forme rectangulaire de dimensions 15 m par 7 m. Une inspection visuelle de la dalle à l'intrados de cette surface a révélée des traces de corrosion et d'humidité.



Figure 4 : Relevés Géoradar sur la dalle du stationnement (Sherbrooke)

4.2 Dalle de tablier de pont

La dalle du tablier de pont testée est celle de la structure H. Bourrassa située au-dessus de l'autoroute 40, à Montréal. C'est une dalle en béton armé avec revêtement bitumineux. Elle a une longueur de 35,3 m et une largeur de 8 m. Des relevés de potentiel de corrosion avaient été effectués sur cette dalle en 2008, et les résultats de ces relevés nous avaient été communiqués par la Ville de Montréal afin de les comparer aux relevés Géoradar.



Figure 5 : Relevés Géoradar sur la structure H. Bourrassa (Montréal)

5. RÉSULTATS DES TRAVAUX

L'objectif du projet est de déterminer l'apport des techniques d'imagerie Géoradar haute résolution à l'évaluation de la probabilité de corrosion des armatures dans les dalles en béton armé. Les résultats des travaux de la Chaire du CRSNG sur l'auscultation des ouvrages (2001-2011) indiquent que cette probabilité peut être déterminée à partir de l'atténuation des signaux Géoradar.

5.1 Cas de la dalle de stationnement

La figure 6 ci-dessous donne un relevé Géoradar collecté sur la dalle du stationnement. L'axe X représente le chaînage (en m), et l'axe Y représente la profondeur. Ce relevé donne différentes informations sur la dalle: épaisseur de son revêtement et sa variation, espacement entre les armatures et leurs recouvrements. Il indique aussi les endroits où la réflexion sur la fin de la dalle est faible (atténuée). Ces endroits sont soit situés à la jonction entre la dalle est les poutres à l'intrados, soit aux endroits où il y a un excès d'humidité et de chlorures dans le béton. Ce sont ces derniers endroits qui correspondent aux endroits où la probabilité de corrosion est forte.

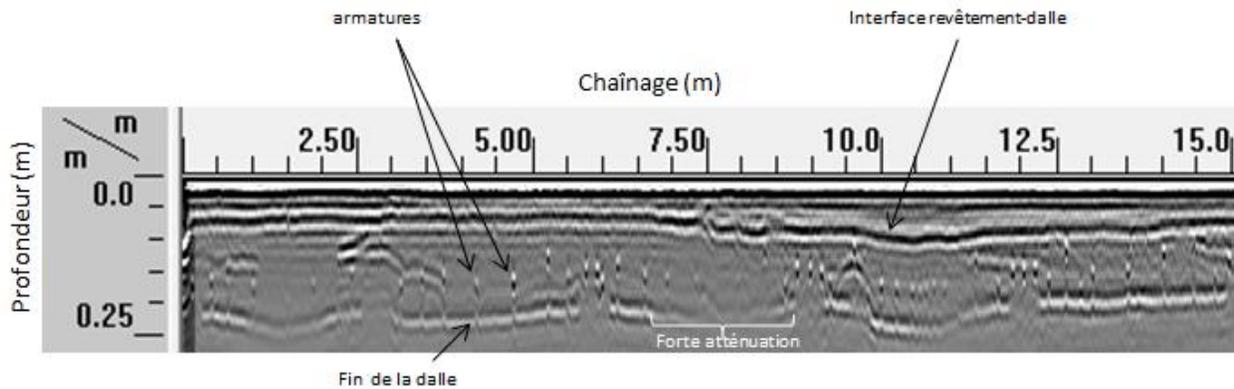


Figure 6 : Exemple de relevé Géoradar collecté sur la dalle du stationnement

La figure 7 est une représentation 3d des résultats Géoradar. Elle montre la variation de l'intensité de réflexion des signaux Géoradar à la fin de la dalle.

La figure met en évidence la présence des poutres à l'intrados de la dalle, ainsi que la variation de la probabilité de corrosion des armatures au sein de la dalle. Les zones claires correspondent aux zones où le béton est sain, et les zones sombres (numérotées de 1 à 6) correspondent aux zones où la probabilité de corrosion des armatures est forte.

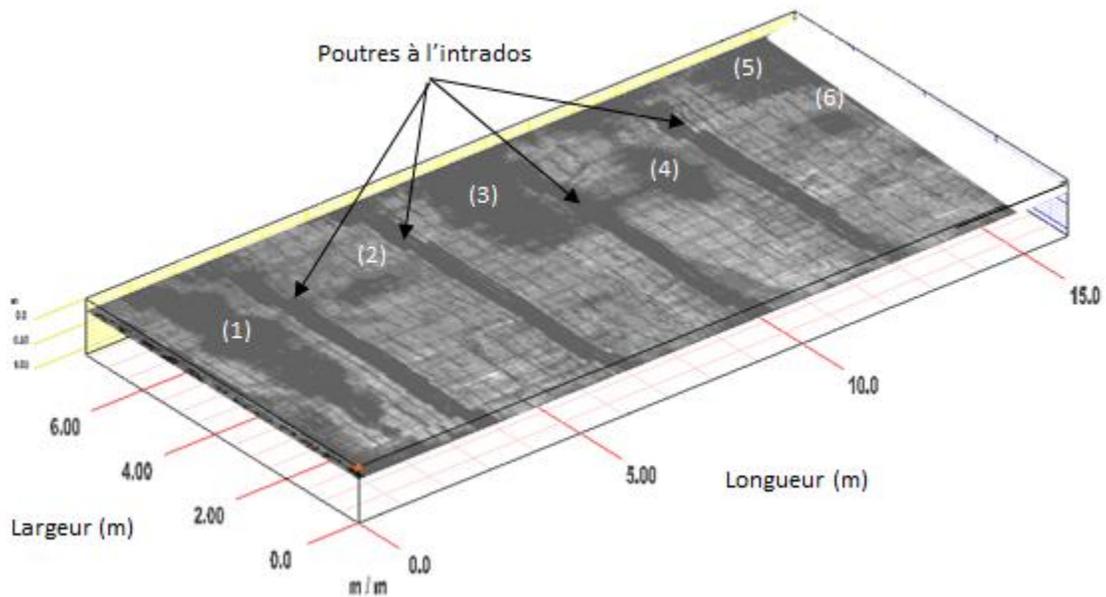


Figure 7 : Résultats Géoradar en 3d

5.2 Cas de la dalle du pont

La figure 8 donne le résultat des relevés Géoradar collectés sur la dalle du tablier du pont H. Bourrassa. Les zones claires représentent les zones où la probabilité de corrosion est faible, et les zones sombres représentent les zones où la probabilité de corrosion est forte.

La figure 9 donne les résultats des relevés de potentiel effectués par la Ville de Montréal. Différentes couleurs sont associées à différents états de corrosion des armatures :

- Couleur verte : zones où la probabilité de corrosion est faible
- Couleur jaune : zones où la probabilité de corrosion est de 50%
- Couleur rouge : zones où la probabilité de corrosion est supérieure à 90 %
- Couleur noir : zones où la probabilité de corrosion est supérieure à 90%, et où le béton est potentiellement délaminé.

La comparaison de la figure 8 à la figure 9 indique que les résultats Géoradar concordent bien avec ceux du potentiel de corrosion.

Il est important de préciser que la résolution de l'image Géoradar est beaucoup plus élevée que celle des relevés de potentiel de corrosion (300 fois plus élevée). En effet, La densité de mesures Géoradar est de 100 mesures par mètre dans le sens longitudinal, et 12 mesures par mètre dans le sens transversal (soit 1200 mesures/m²). Par ailleurs, les mesures de potentiel avaient été effectuées avec un pas de mesure de 1 m dans le sens longitudinal, et de 1 m dans le sens transversal. Ceci correspond à une densité de mesures de 4 mesures/m².

La grande résolution de l'image Géoradar par rapport à l'image de potentiel de corrosion apporte une définition beaucoup plus fine de l'étendue des zones où la probabilité de corrosion est forte. C'est notamment le cas des zones qui apparaissent dans l'image Géoradar sous forme de barres transversales. Ces zones de forte probabilité de corrosion sont situées au droit de multiples fissures transversales constatées dans le revêtement bitumineux.

La figure 8 est relative aux relevés Géoradar collectés avec les antennes polarisées verticalement. Il nous a semblé important de comparer ces résultats aux résultats obtenus à partir des relevés collectés avec les antennes polarisées horizontalement.

La comparaison entre l'apport des deux types de polarisation des antennes en ce qui concerne l'évaluation de la probabilité de corrosion des armatures est donnée la page 8. On constate que les deux images Géoradar sont quasiment identiques.

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux présentés dans ce rapport montrent l'apport de l'imagerie Géoradar haute résolution à l'évaluation de l'état des dalles des tabliers de ponts. Ces travaux indiquent que :

- Les images Géoradar construites à partir des relevés collectés avec des systèmes multi-antennes concordent avec les résultats de potentiel de corrosion
- Les images Géoradar collectés avec des systèmes multi-antennes offrent une résolution 300 fois plus élevées que les images de potentiel de corrosion construites à partir des relevés collectés avec un espacement entre les mesures de 1 m (procédure habituelle).

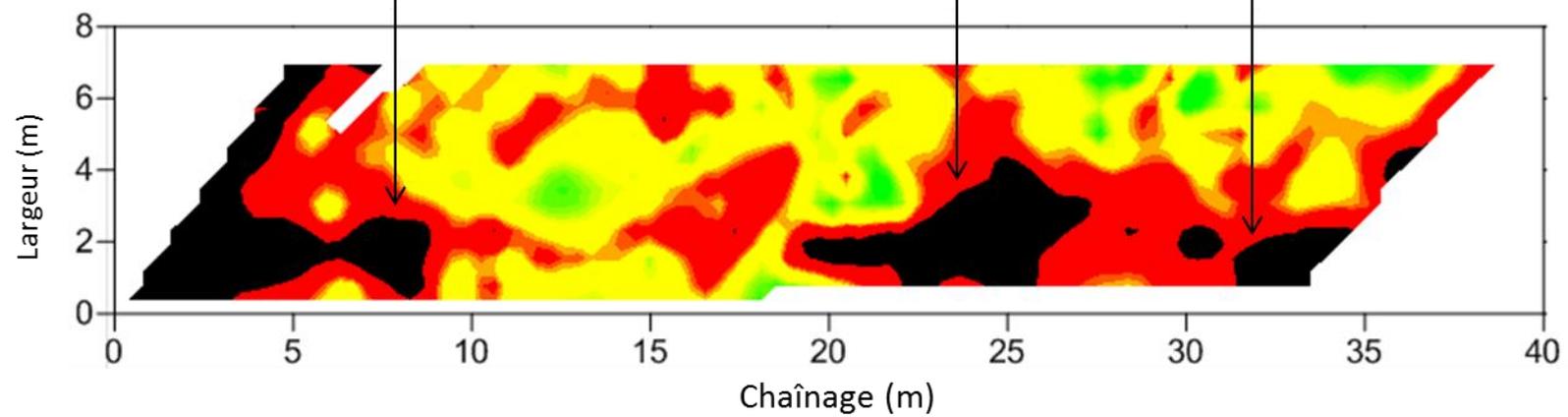
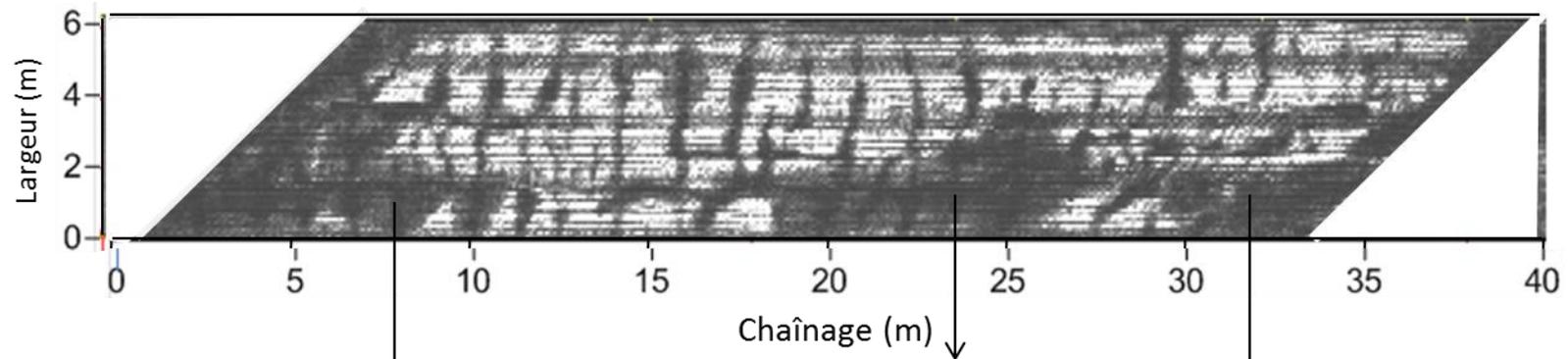
L'imagerie Géoradar haute résolution fournit donc une information très précise sur l'étendue des zones au sein d'une dalle de tablier de pont où la probabilité de corrosion est forte. Compte tenu de ces avantages, cette technologie est appelée à être très utilisée au cours des prochaines années si les deux limitations suivantes sont levées.

Au stade actuel, l'analyse des images Géoradar haute résolution ne permet pas de différencier les zones où la probabilité de corrosion est de 50% (zones de couleur jaune sur les images de potentiel) des zones de faible probabilité de corrosion (zones de couleur verte) et des zones de forte probabilité de corrosion (zones de couleur rouge).

Par ailleurs, les approches traditionnelles de traitement des données Géoradar en vue de déterminer l'état de délamination du béton ne peuvent pas s'appliquer telles quelles aux images Géoradar.

Comme suite à ce projet de recherche, il est proposé de conduire des travaux visant à mettre en œuvre des solutions pour s'affranchir des limitations mentionnées ci-dessus. Des pistes de solutions ont été identifiées et elles peuvent être rapidement évaluées moyennant un appui financier du MTQ.

Remerciements : Nos remerciements s'adressent à : (1) la direction des structures du ministère des Transports du Québec pour le support financier, (2) à la ville de Montréal et de Sherbrooke et (3) à la compagnie IDSNA



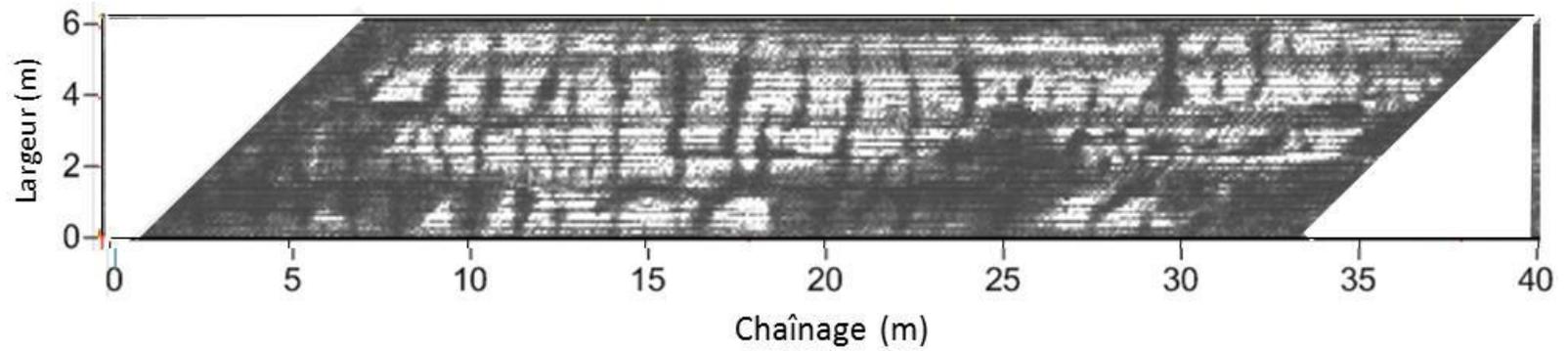


Figure 10: Image Géoradar – antennes polarisées verticalement

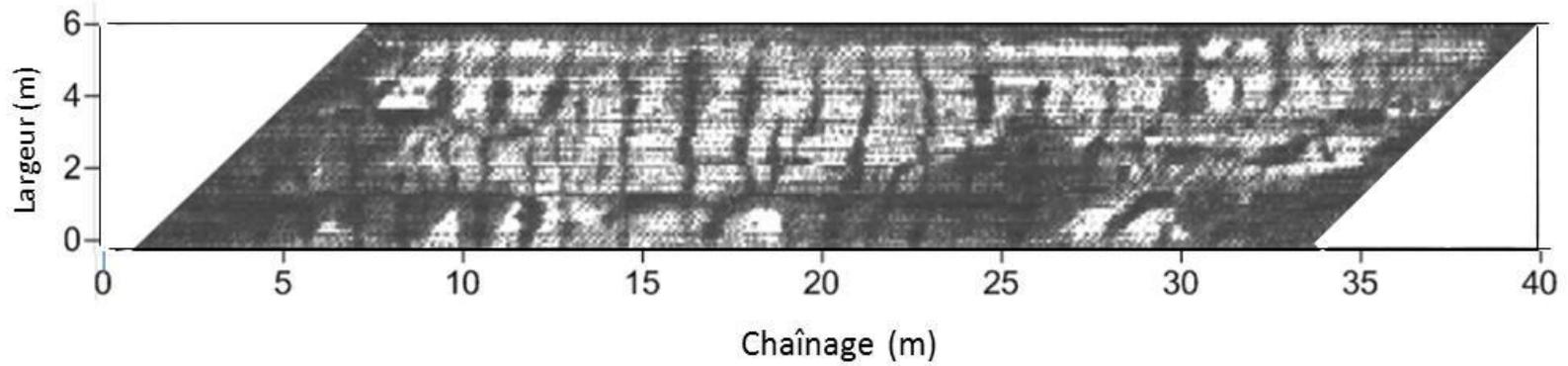


Figure 11: Image Géoradar – antennes polarisées horizontalement

