



Journée technique CFMS/AGAP du 22 novembre 2019

« *Regards croisés sur les méthodes de reconnaissance géotechnique et géophysique* »

Méthodes géophysiques et amélioration des sols : valoriser les vestiges des infrastructures des friches industrielles

Stéphane Brûlé (Ménard)



Contenu



- Attentes et actualités
- Changement de paradigme dans l'appropriation du sous-sol : les villes « s'enterrent »
- La réhabilitation des friches industrielles
- Conclusions

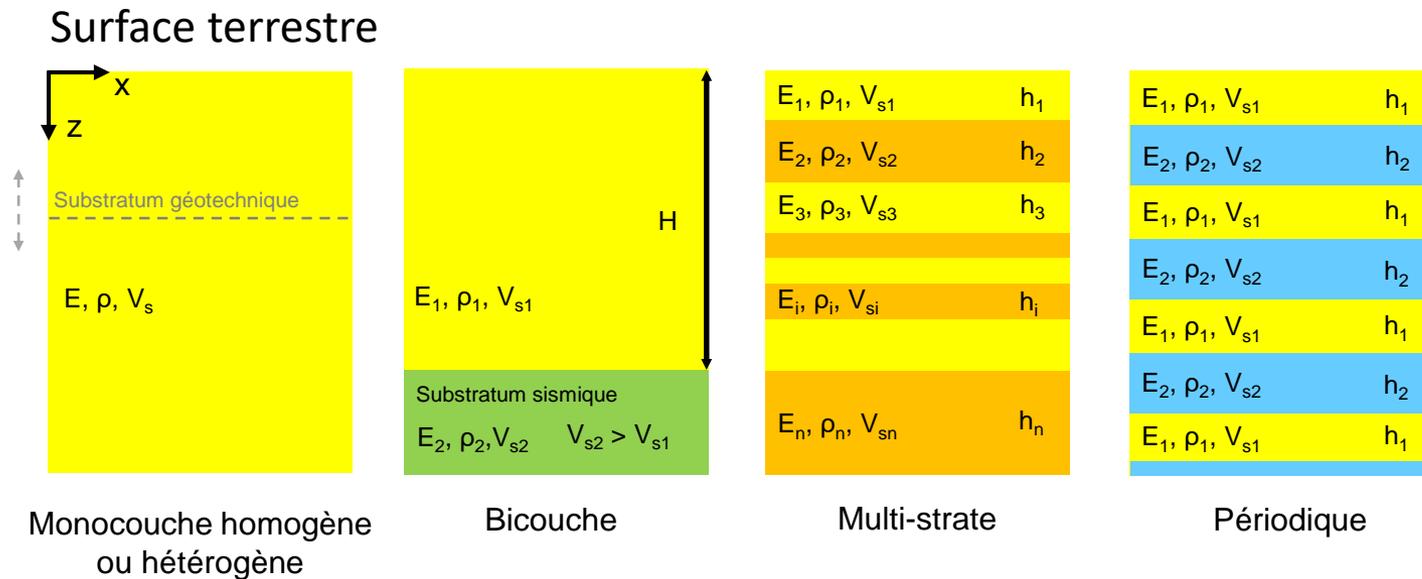
Attentes et actualités



- Obtenir des paramètres de sol en petites déformations
- Caractériser une réponse dynamique globale du sol
- Avoir une vision 2D ou 3D du sous-sol : la tomographie
- Identifier des objets « petits » ou « grands » dans un « très grand » volume de sol

Attentes et actualités

- Caractériser une réponse dynamique globale du sol

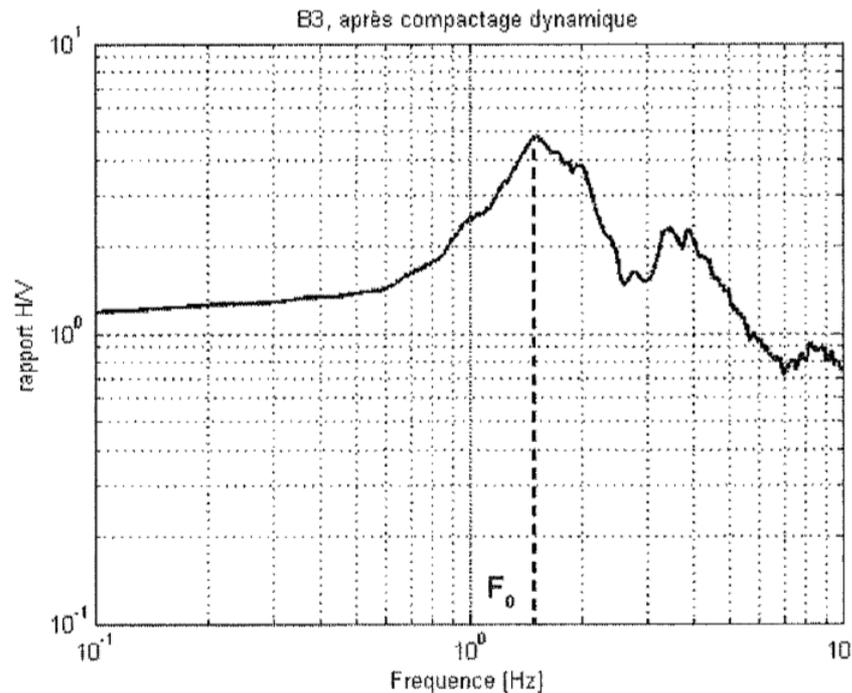


E : module d'Young - ρ : masse volumique - V_s : vitesse des ondes de cisaillement -
 H : épaisseur de la couche de sol

Source : Brûlé S., Cuira F. (2018). AFNOR [1].

Attentes et actualités

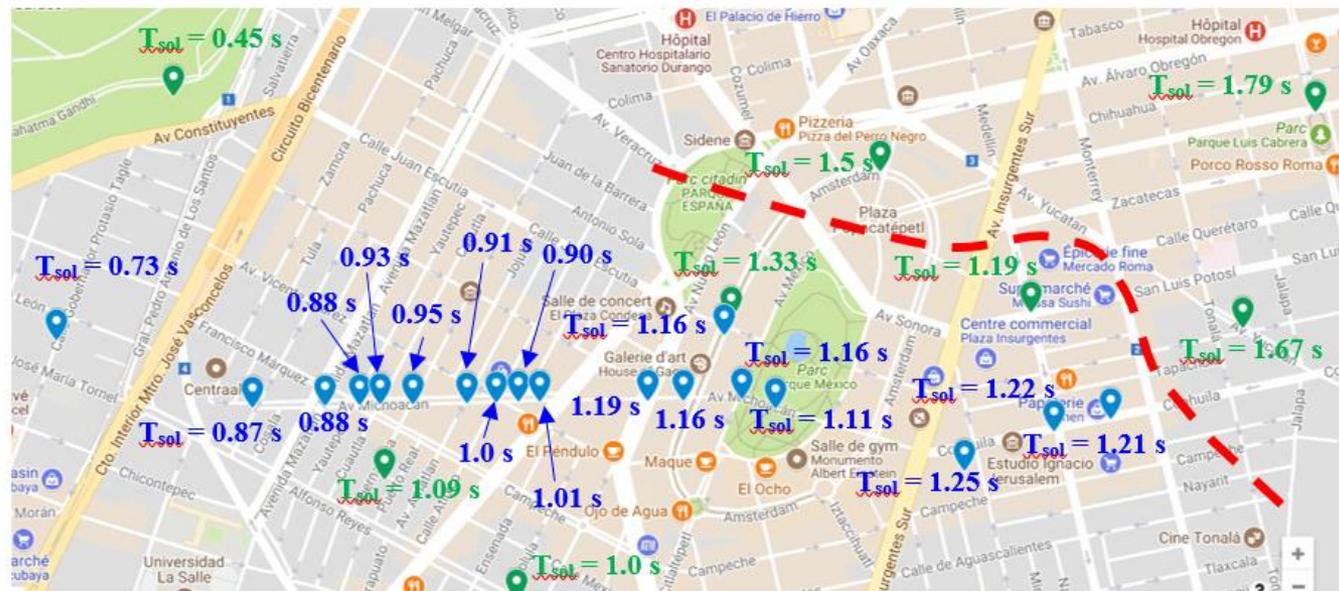
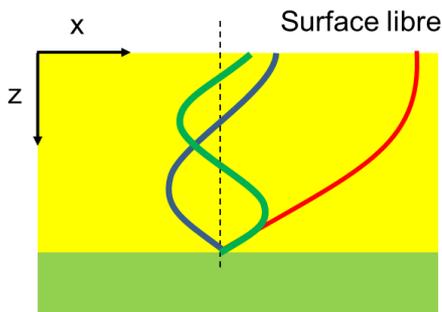
- Caractériser une réponse dynamique globale du sol



Source : Brûlé S., Javelaud E. (2013). H /V. Revue Française de Géotechnique. N°142 [2].

Attentes et actualités

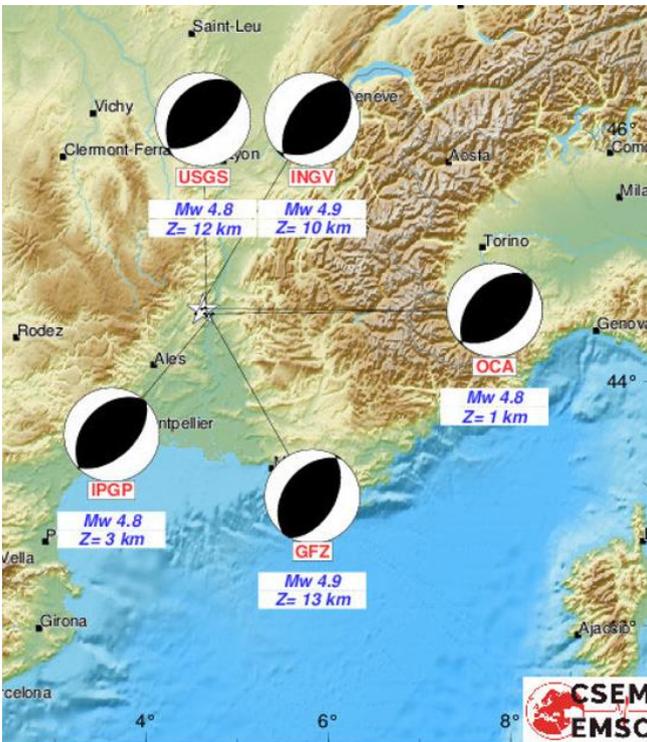
- Période fondamentale du sol T_{sol} – Mexico (Mission AFPS, 2017)



Source : AFPS (2018) [3].

Attentes et actualités

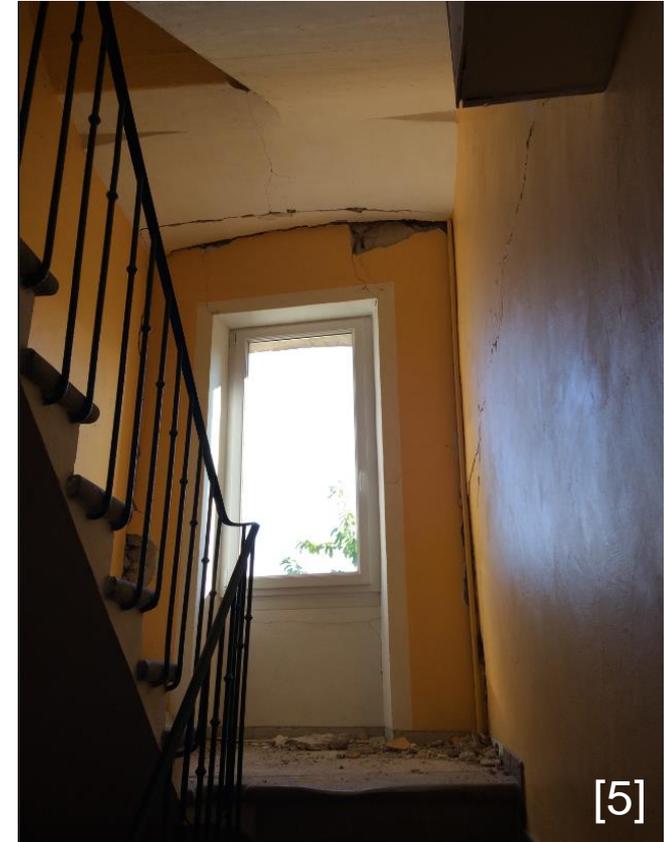
- Séisme du 11/11/2019 au Teil (26) – M_w 4.9



Source : IRSN (2019) [4] et S.Brûlé [5]

Rupture de surface au séisme du Teil observée par la mission post sismique RESIF - Crédit photos : JF RITZ (Géosciences Montpellier), S BAIZE (IRSN), C LARROQUE (GéoAzur), M Ferry (Géosciences Montpellier), LAUDIN (ISterre).

Attentes et actualités



Source : Mission AFPS – Diagnostic d'urgence sur bâtiments endommagés (11/2019) – Photos S.Brûlé [5]
Dispositif Urgence AFPS – Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises DGSCGC [6]

Changement de paradigme



Lyon : aménagement des rives de Saône – Terrasses de la Presqu'île



Source : <https://www.grandlyon.com/projets/terrasses-presquile.html> [5]

Aménagement rive droite, parking souterrain multi-niveau

Changement de paradigme



Fond de carte : Google Maps

Changement de paradigme



Rives de Saône - Terrasses de la Presqu'île [7]



Fosse à bateaux située le long du mur de quai



Changement de paradigme



Restitution 3D du pont du Change © Fabrice Pothier - Assoc. « Lyon en 1700 » <http://lyon-en-1700.blogspot.fr/>



Source : Service Archéologique de la Ville de Lyon [8]
Journées du Patrimoine 2019

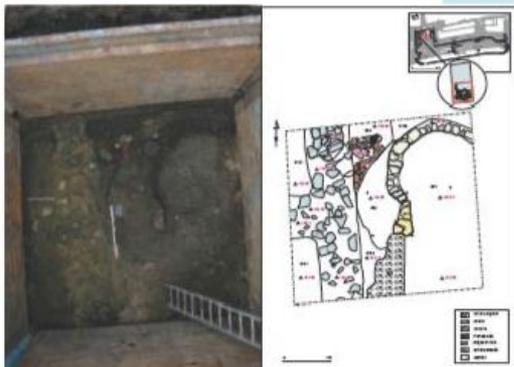
Le Pont du Change, consacré en **1070** par le Pape Innocent III, est le premier pont pérenne de Lyon. Reliant le quartier épiscopal à la Presqu'île, il reste jusqu'en **1643** le seul moyen de communication entre les deux quartiers principaux de la ville. L'histoire et l'architecture de cet élément majeur, **aujourd'hui disparu** du paysage lyonnais, nous sont connues grâce aux archives



Rails du tramway du XIX^e siècle découverts sous la chaussée.

XIX^e siècle

Au XIX^e siècle, le tramway empruntait le quai Saint-Antoine. Les archéologues en ont mis au jour les rails, recouverts par la chaussée au XX^e siècle.

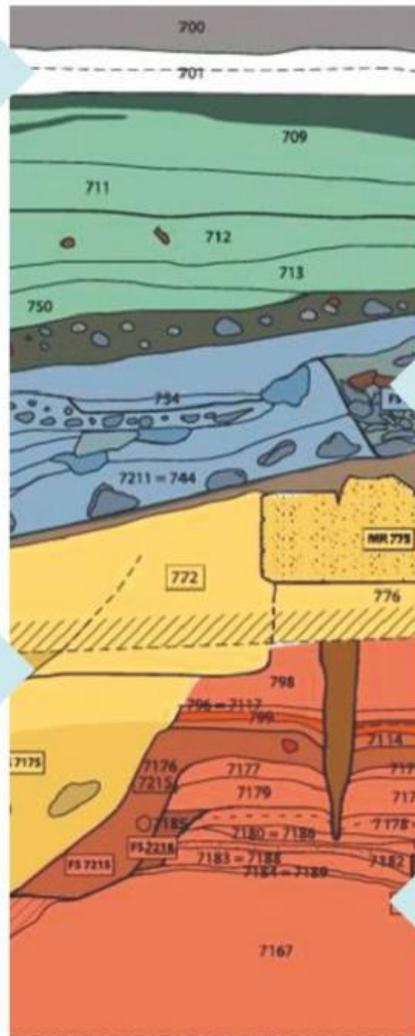


Puits du XII^e siècle dégagé place d'Albon ; à gauche, mur et dallage antiques.

Moyen Âge

Un puits datant du XII^e siècle a été mis au jour place d'Albon. Le relevé « pierre à pierre » met en évidence les différents

chaussée actuelle



Coupe stratigraphique du quai Saint-Antoine, de l'Antiquité à nos jours.



Dessin et restitution de céramiques. XVI^e-XVII^e siècles.

XVI^e-XVII^e siècle

Les nombreux tessons de céramique retrouvés témoignent de l'occupation humaine du site. L'étude permet d'identifier les formes et de leur attribuer une datation selon les typologies établies.

Source : Service Archéologique de la Ville de Lyon [8]



Mur antique (I^{er} siècle).

Renforcement et amélioration de sol



Sol initial : e_0, r_0, E_0



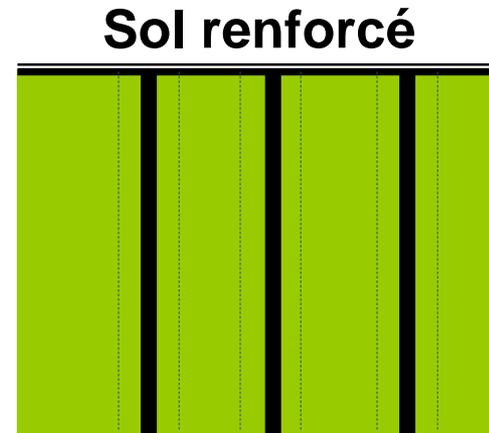
Sol : e_0', r_0', E_0'



Amélioration par densification

*Sol : e_0, r_0, E_0
Voire e_0'', r_0'', E_0'' dans un périmètre autour de l'inclusion*

Inclusion : r_l, E_l



Renforcement par incorporation d'inclusions

Friches industrielles



Source : MENARD [9]



Givors (69)



Friches industrielles

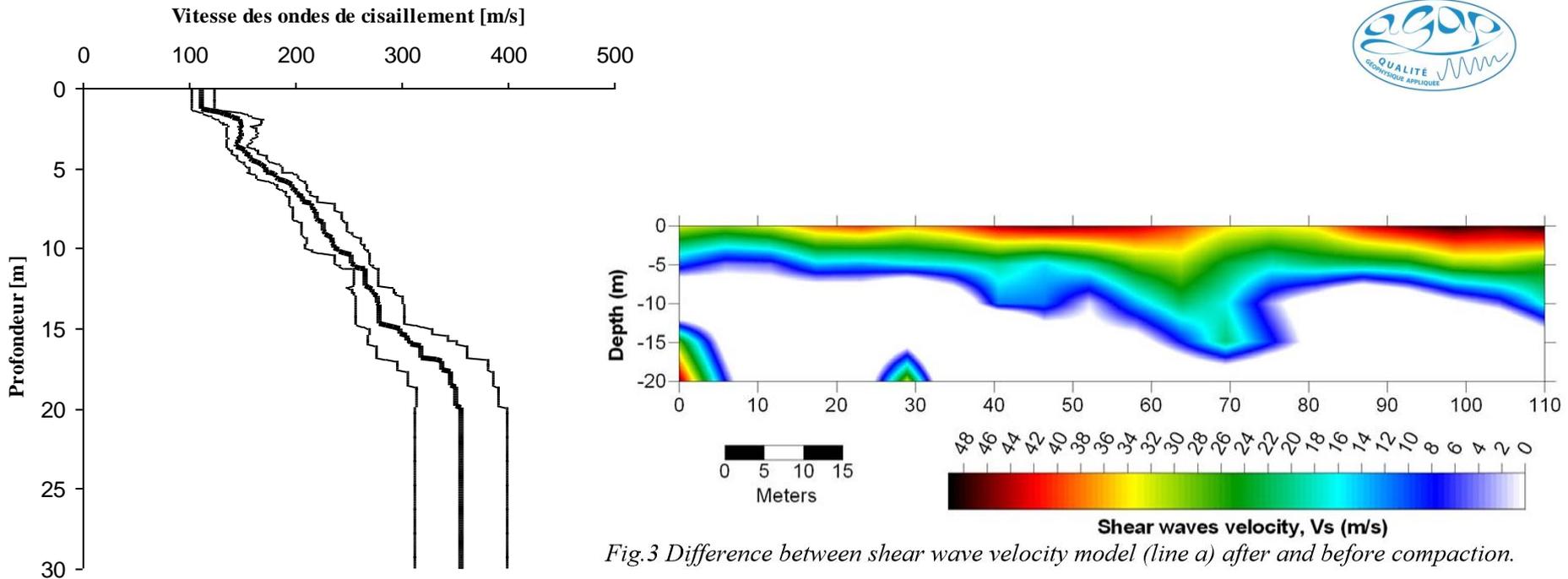


Fig.3 Difference between shear wave velocity model (line a) after and before compaction.

MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) et inversion des courbes de dispersion des ondes de Rayleigh.

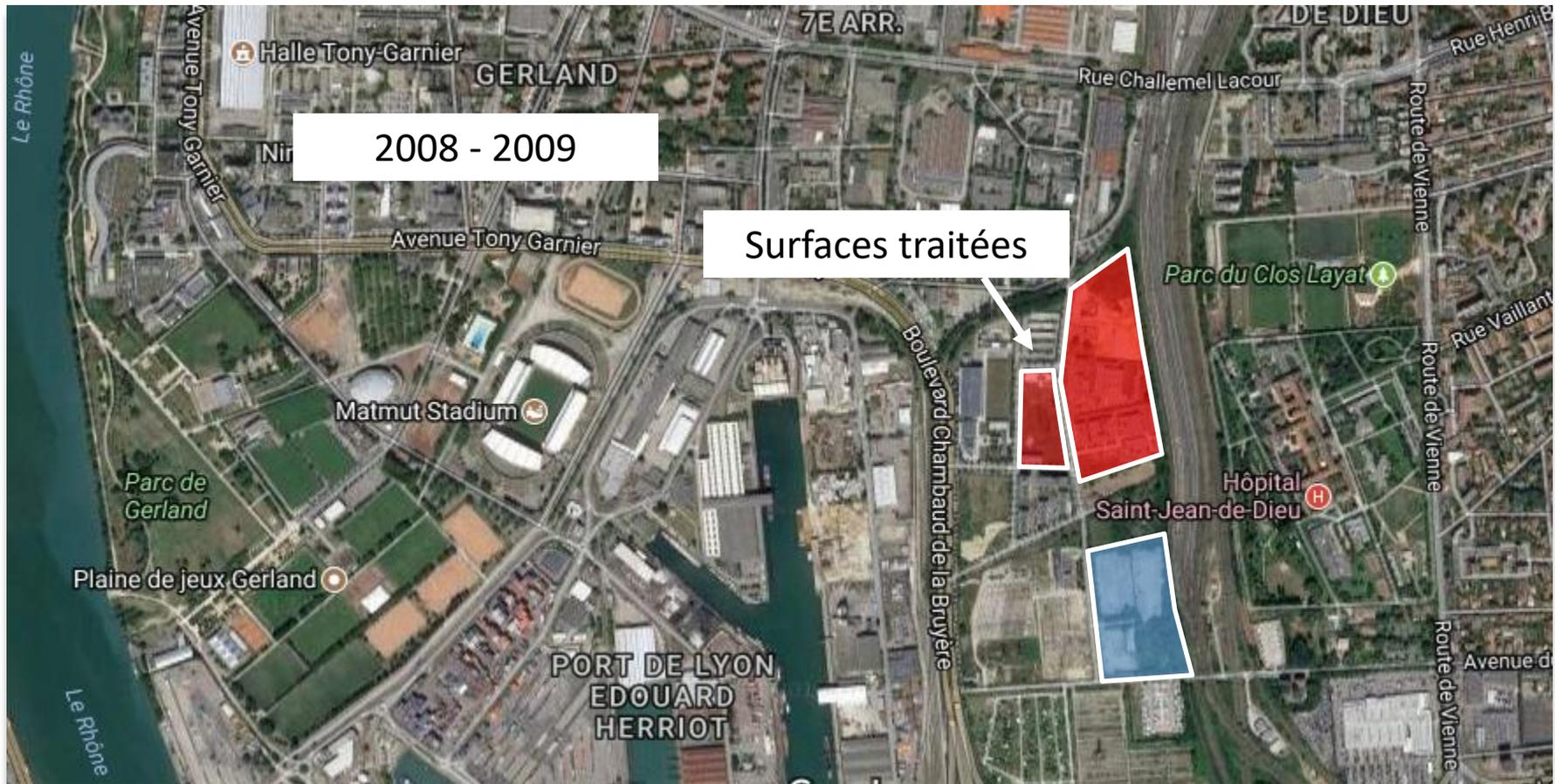
À gauche : exemple type d'un profil de vitesse des ondes de cisaillement en fonction de la profondeur, avec l'écart type sur la vitesse (moyenne sur 10 profils) [10]. À droite : différence de vitesse des ondes de cisaillement le long d'un profil, avant et après travaux de compactage dynamique [11].



Givors (69)



Friches industrielles



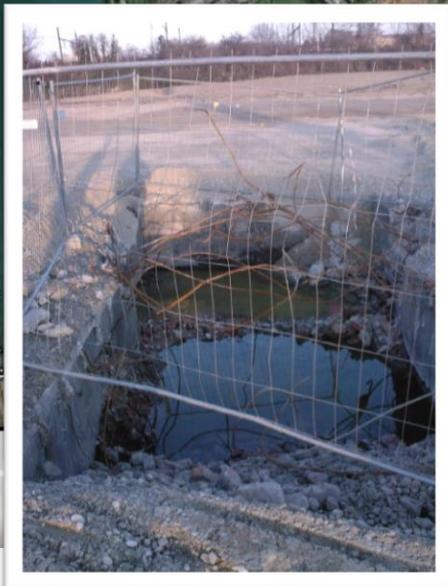
Lyon Sud (7^{ème} et 8^{ème} Arrdt.) - Fond de carte : Google Maps

JT CFMS/AGAP du 22/11/2019 – Reconnaissances géotechniques et géophysiques

Friches industrielles



Lyon Sud (7^{ème} Arrt.) - Ménard



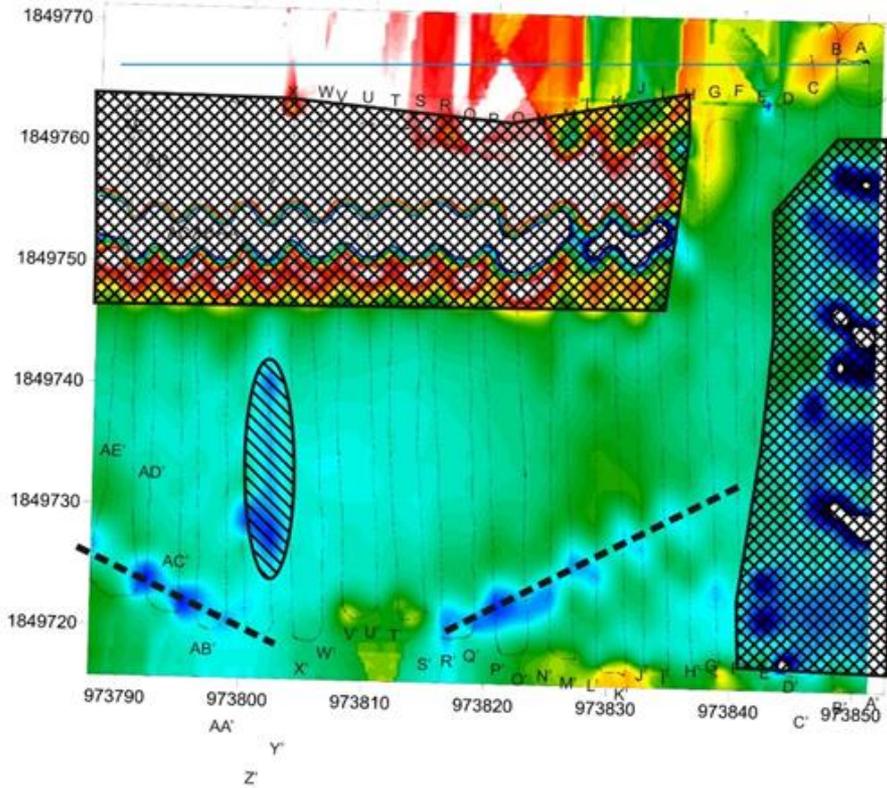
Lyon Sud (7^{ème} Arrt.) - Ménard

Friches industrielles

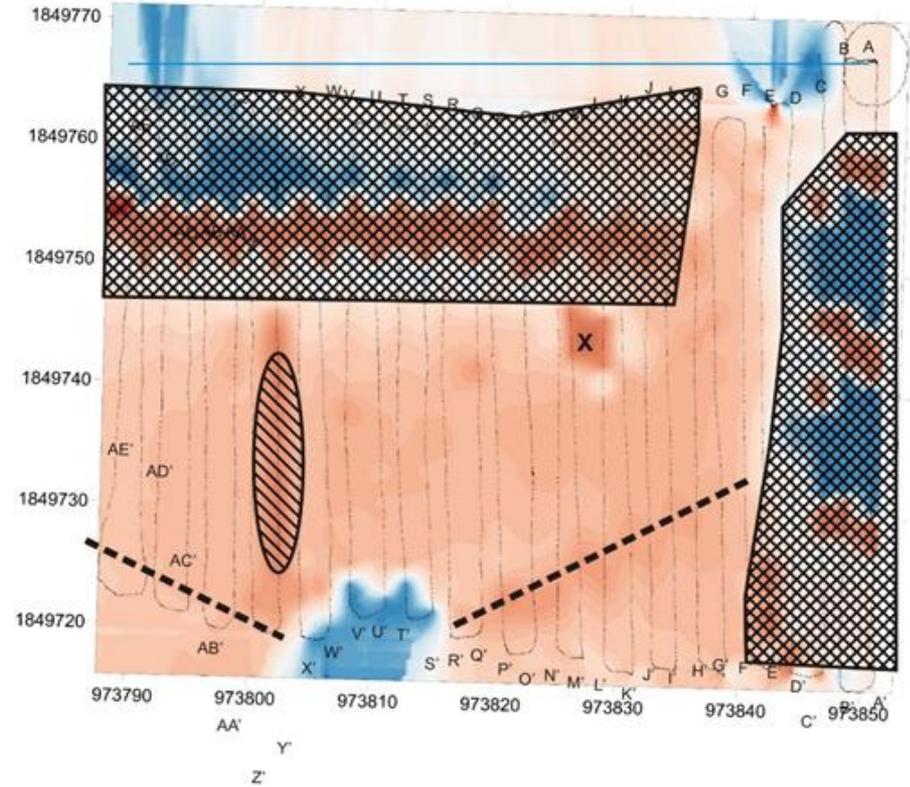


Lyon Sud (7^{ème} Arrt.) - Ménard

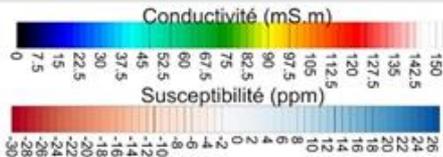
Conductivité (mS.m)



Susceptibilité (ppm)



LÉGENDE :



- X Anomalie ponctuelle
- - - Probable réseau
- ▨ Anomalie de type dalle (béton..)
- ▧ à priori, artefact de mesure

Echelle : 1/400
Système: Lambert IIe

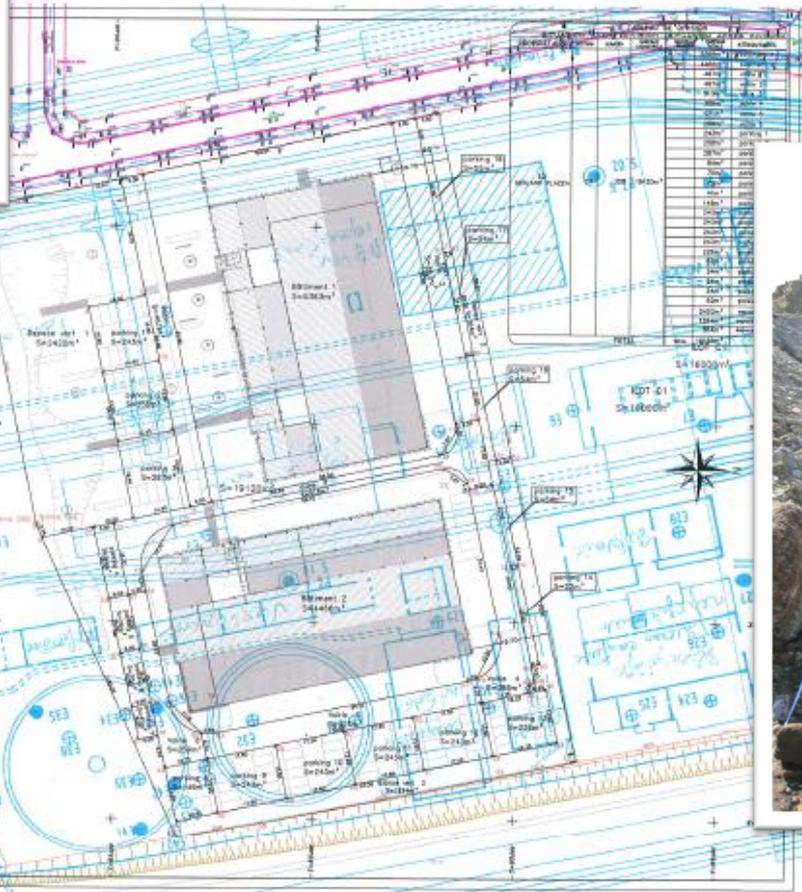
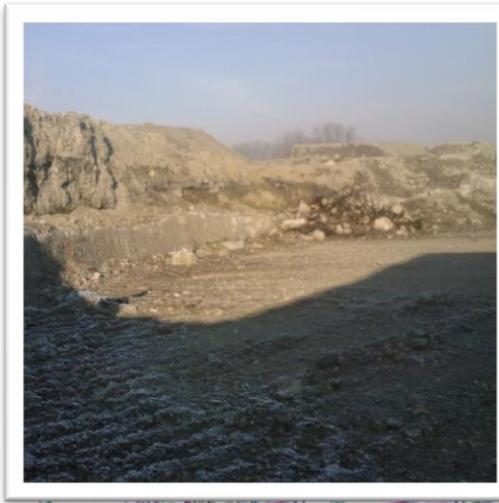
RESULTATS EM31



Méthode électromagnétiques (EM) – Cartographie des zones avec ouvrages enterrés
Documents Sixense Geophysics (avec autorisation).

Friches industrielles





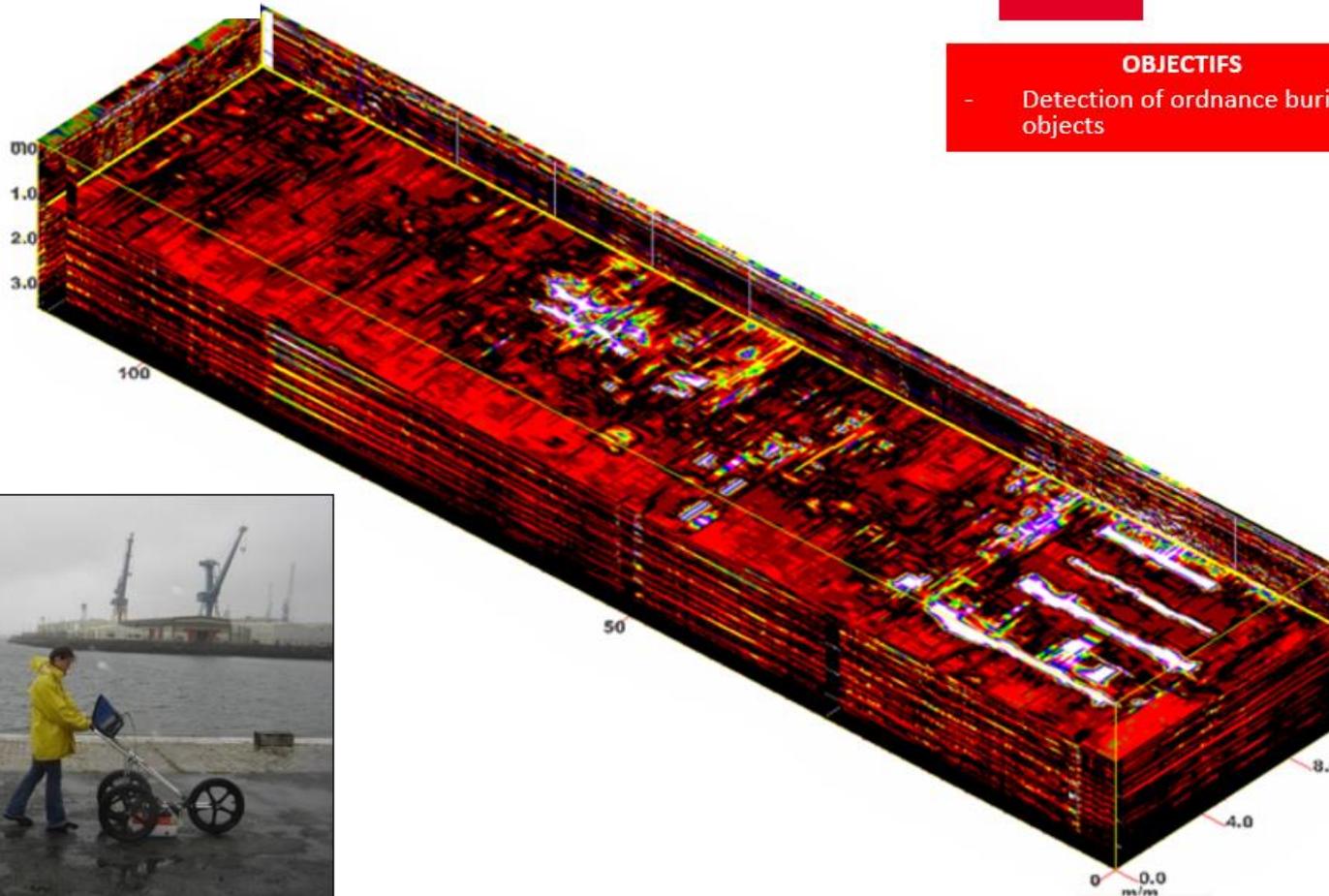
Source : MENARD

Friches industrielles

3D GPR

OBJECTIFS

- Detection of ordnance buried objects



Documents Sixense Geophysics (avec autorisation).

Réhabilitation des friches

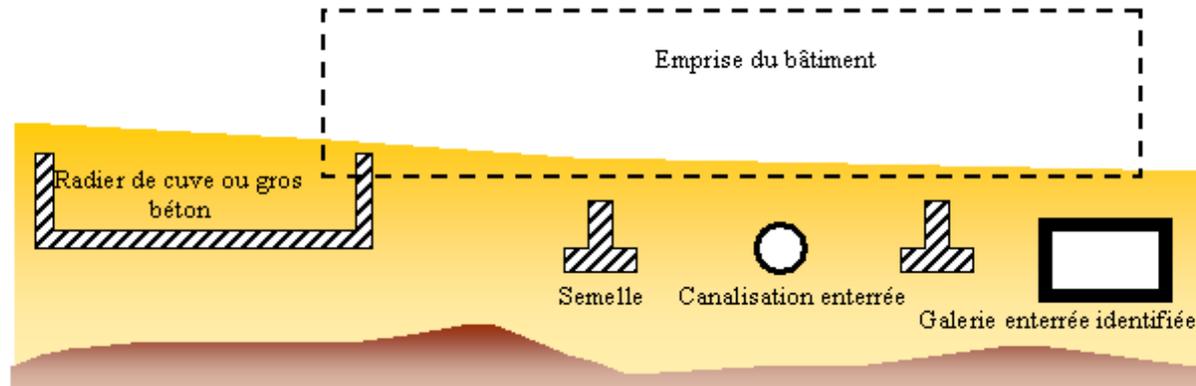
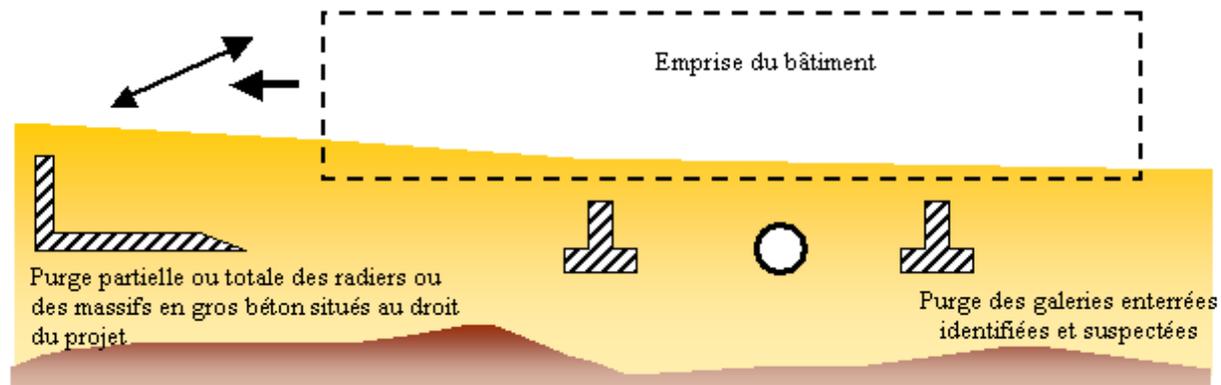
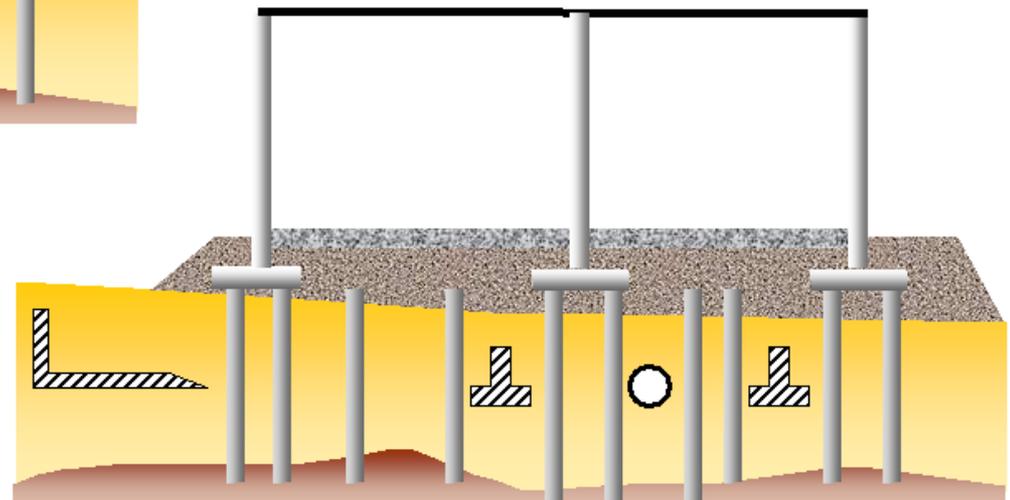
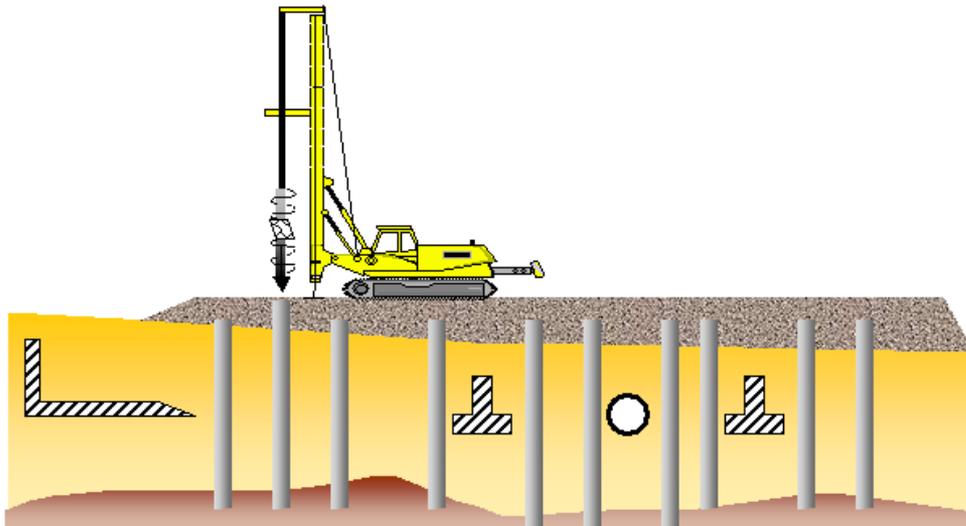


Figure 1 : Terrain en l'état avec présence de vestiges



Adaptation des ouvrages de surface à la présence de vestiges enterrés [9].

Réhabilitation des friches



Adaptation des ouvrages de surface à la présence de vestiges enterrés [9].

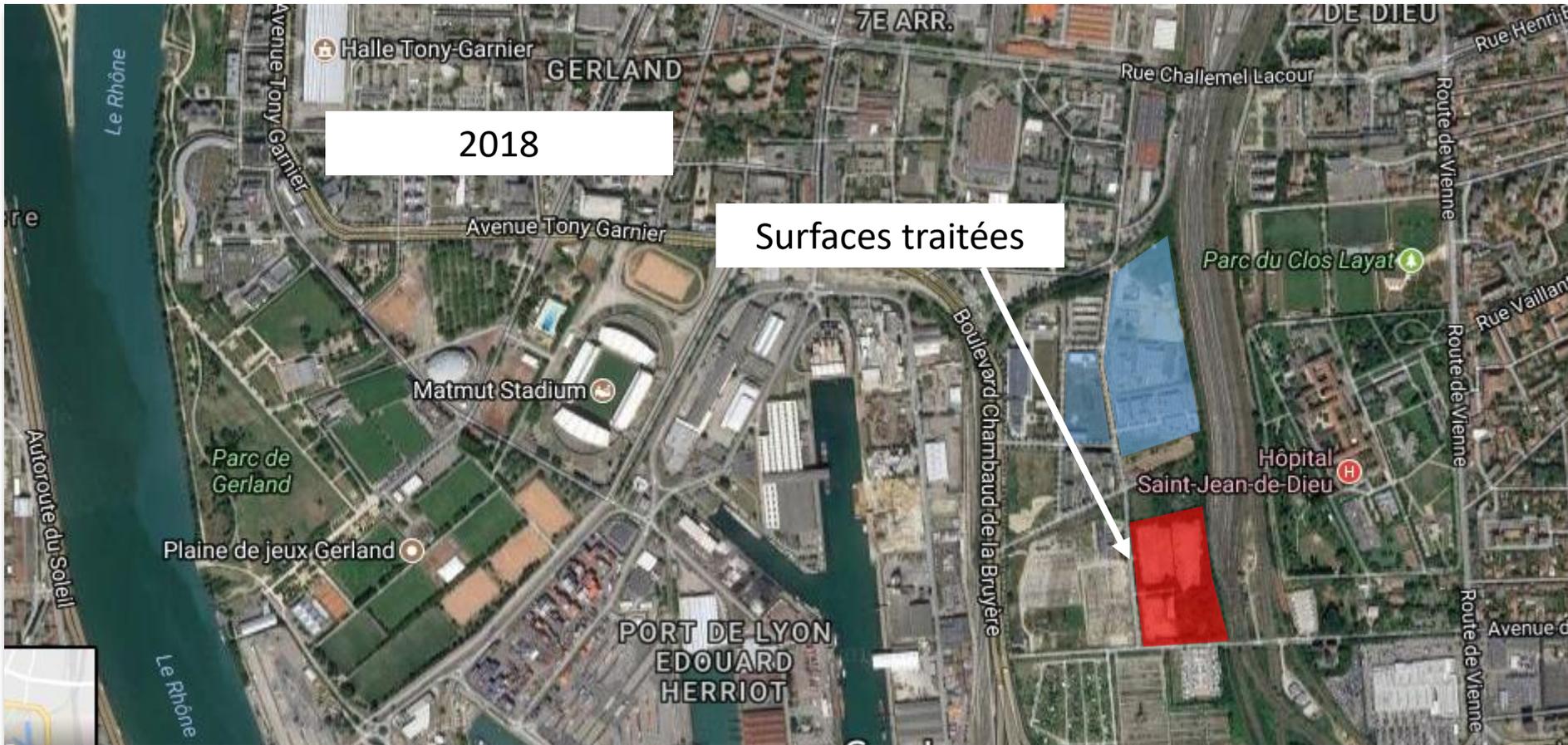


Source : MENARD



Source : MENARD

Réhabilitation des friches



Lyon Sud (7^{ème} et 8^{ème} Arrdt.) - Fond de carte : Google Maps

JT CFMS/AGAP du 22/11/2019 – Reconnaissances géotechniques et géophysiques



CITINEA - Centrale Biomasse – Lyon - Surville (2018)

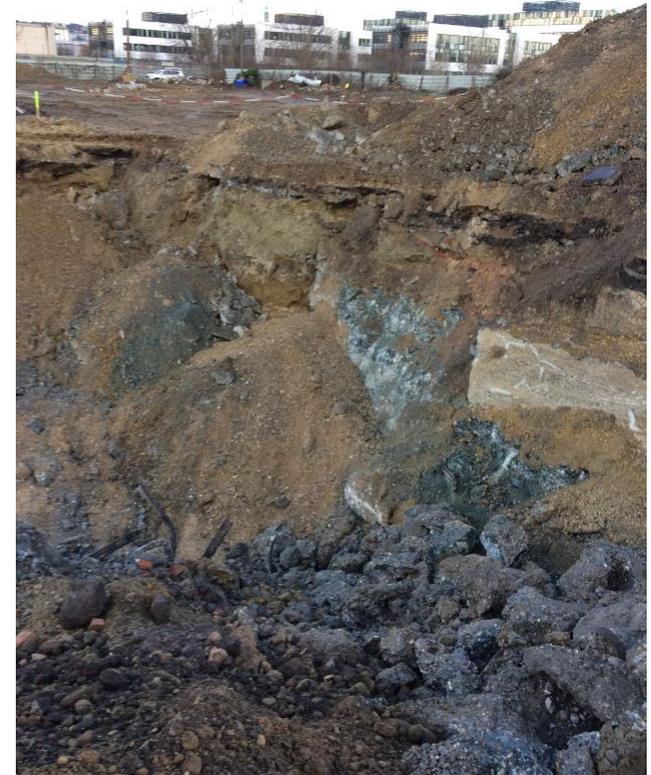


Lyon Sud (8^{ème} Arrdt.) - Ménard

JT CFMS/AGAP du 22/11/2019 – Reconnaissances géotechniques et géophysiques



Réhabilitation des friches

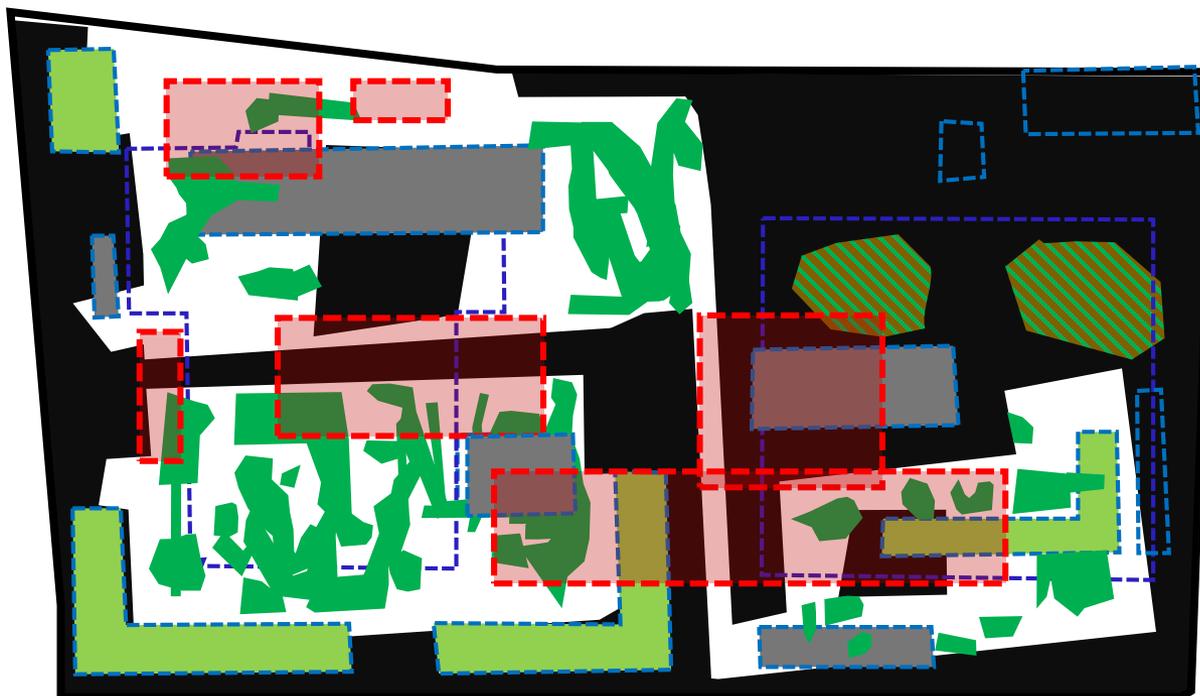


Lyon Sud (8^{ème} Arrdt.) - Ménard

JT CFMS/AGAP du 22/11/2019 – Reconnaissances géotechniques et géophysiques



Plan de synthèse des données de sous-sol



 Bâtiments de l'ancienne centrale thermique (fin 70 -1991)

 Bâtiments détruits au début des années 90

 Tracés des futurs bâtiments du projet

 Zones non explorées au géoradar

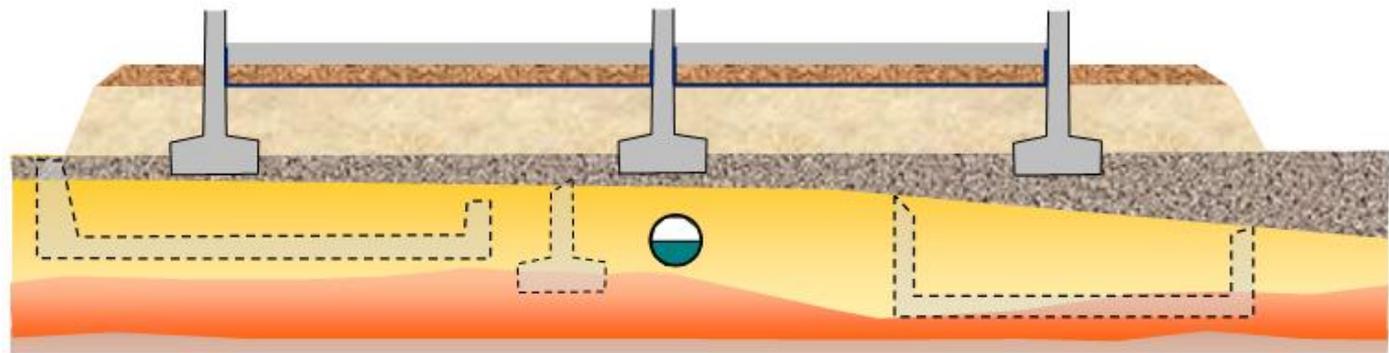
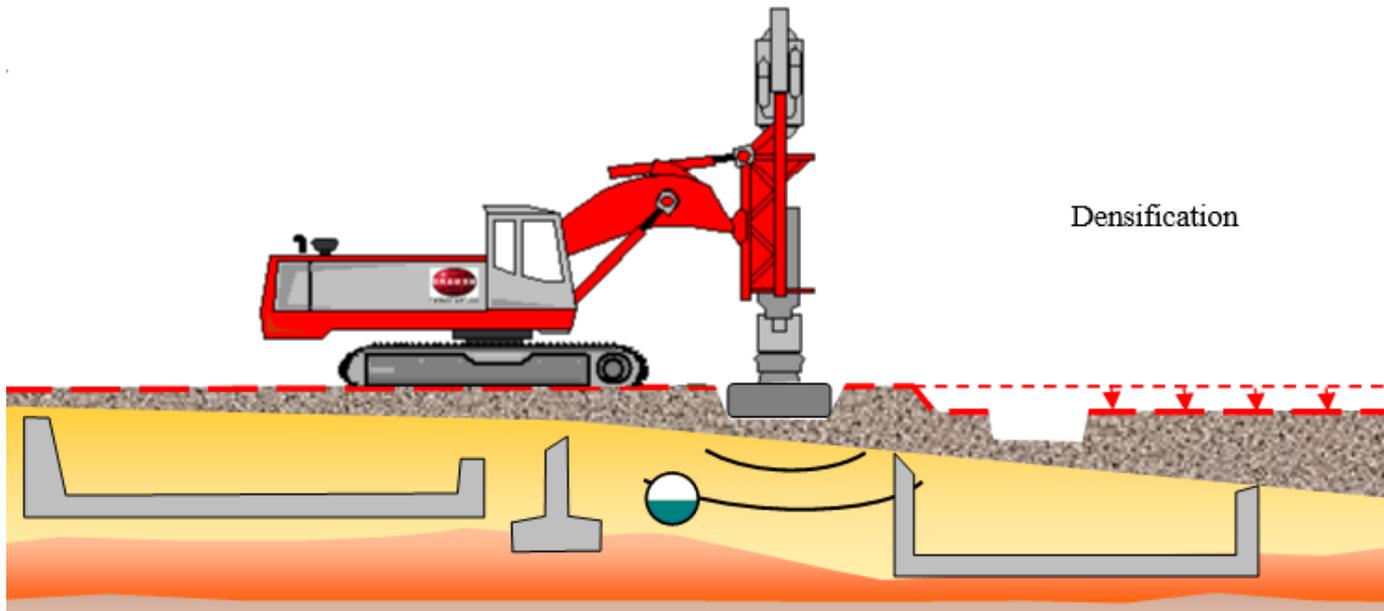
 Vestiges entre 1m et 1.5 m de profondeur

 Anomalies au géoradar entre 0 et 1 m de profondeur

 Eléments supposés à moins de 1 m par sondage à la pelle

 Eléments potentiellement présents mais non détectés ou à profondeur inconnue

Réhabilitation des friches



Conclusions



- Nécessité d'une meilleure vision « 3D » du sous-sol pour l'estimation des « gisements » et « vestiges » pour les réhabilitations des friches
- Adaptation des solutions de fondations selon les contraintes environnementales « héritées » / Empreinte carbone
- Outils de reconnaissance géotechnique et géophysique pour l'aide à la décision des projets d'aménagement

Références



- [1] Brûlé S., Cuira F. (2018). Practice of soil-structure interaction under seismic loading. AFNOR Edition.
- [2] Brûlé S., Javelaud E. (2014). H/V method in geotechnical engineering. Application to a two layers model. Rev. Fr. Geotech., 142.
- [3] AFPS (2018). Rapport post-sismique sur le séisme du Mexique du 19 septembre 2017.
- [4] IRSN (2019). Note d'information sur le séisme du Teil du 11 novembre 2019.
- [5] AFPS – DGSCGC (2019). Diagnostic d'urgence sur bâtiments endommagés.
- [6] AFPS (2017). Crochet E. et Verrhiest-Leblanc G. Dispositif DGSCGC-AFPS Diagnostic de bâtiments en situation d'urgence post-sismique.
- [7] <https://www.grandlyon.com/projets/terrasses-presquile.html>
- [8] http://www.archeologie.lyon.fr/archo/sections/fr/sites_archeologiques/69002_lyon/quai_saint-antoine8278
- [9] Brûlé S et al. (2010) – JNGG - Réhabilitation des Friches Industrielles par les techniques Ménard d'amélioration de sol .
- [10] Brûlé S., Javelaud E., Bitri A. (2010). Seismic response analysis of a site after soil improvement by heavy dynamic compaction. Conférence franco-maghrébine en ingénierie géotechnique 9 – 11 décembre 2010.
- [11] Bitri A., Brûlé S., Javelaud E., Samyn K. (2011). Assesment of soils compaction using multichannel analysis of surface wave. GEOFCAN.



SAVE THE
Date

PROCHAINES JNGG :
DU 30 JUIN AU 2 JUILLET 2020
À LA CITÉ INTERNATIONALE DE LYON

Visites techniques en option le 3 juillet 2020



Merci pour votre attention



Quai de Saône à Lyon
Détail d'une figurine en bronze (IIIe siècle apr. J.-C).

Source : SAVL [8]