

La prospection géophysique

**Une méthode non intrusive
d'identification des vestiges
archéologiques**





DÉFINITION

La prospection géophysique

La prospection géophysique désigne un ensemble de méthodes de mesure permettant de cartographier les propriétés physiques du sous-sol à partir de mesures réalisées en surface.

Initiée au début des années 1910 dans un but de prospection minière, la discipline s'est rapidement diversifiée vers les domaines de la prospection pétrolière, de la géologie, des études environnementales, du génie civil et de l'archéologie.

Éveha propose des prestations dans ce domaine, avec une expertise dans une large gamme de méthodes géophysiques permettant **une meilleure compréhension du contexte archéologique et géomorphologique d'un site.**

▲ Appareil utilisé lors d'une prospection (prospection magnétique) : ce type d'instrument nécessite un terrain dégagé et relativement régulier.

▼ Appareil utilisé lors d'une prospection (prospection géoradar) : ce type d'instrument nécessite un terrain dégagé.



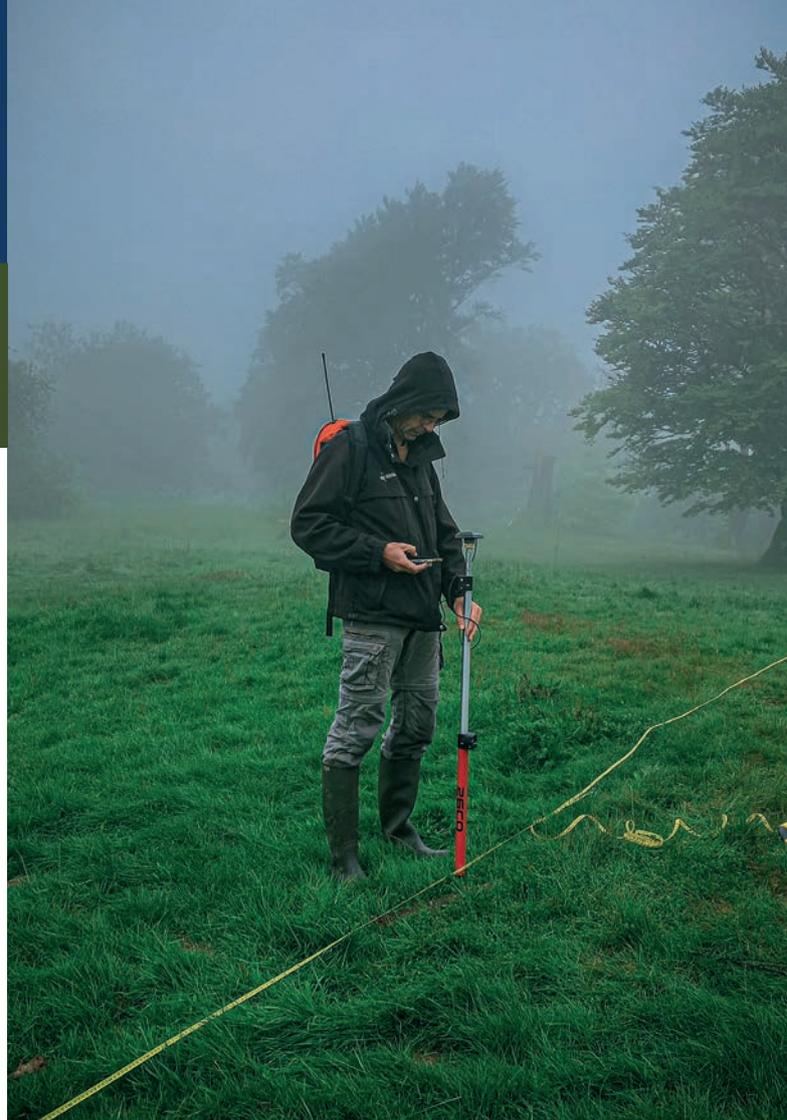
BUT

Pourquoi faire de la géophysique ?

Avec l'analyse non destructive et rapide du sous-sol, la géophysique est un outil de planification d'un chantier de fouille complexe en caractérisant les différentes zones de fouille. Les moyens à mettre en œuvre peuvent ainsi être optimisés.

Cette discipline permet également de sonder les sols avoisinant la zone de fouille pour mieux la contextualiser.

La géophysique peut contribuer à nourrir les études de sols, notamment l'étude géomorphologique du site.



Les champs d'application de la géophysique :

- en archéologie ;
- en étude de sols ;
- en dépollution / pyrotechnie ;
- en détection de réseaux ;
- en auscultation d'ouvrage...



Lever les contraintes en amont

La réalisation de prospections géophysiques pose plusieurs contraintes techniques et organisationnelles.

La plupart de ces contraintes sont liées à l'accessibilité des terrains aux instruments de prospection, aux conditions météorologiques (sol trop sec ou saturé en eau) et à l'existence de « pollution » sur le site pouvant interférer avec les mesures (lignes haute tension, réseau enterrés, clôtures métalliques, déchets enterrés...).

Ceci implique de :

- s'assurer en amont d'un **état de surface compatible** avec les prospections (passage d'un gyrobroyeur, dégagement des obstacles) ;
- **définir des méthodes de prospection adaptées** à la nature des vestiges et du sous-sol ;
- **définir un calendrier d'intervention** pouvant être modulé en fonction des conditions climatiques.

Objectifs

La prospection géophysique répond à plusieurs objectifs et enjeux de la recherche archéologique :

- **Identifier** la présence de vestiges sur un terrain non diagnostiqué
- **Caractériser l'extension spatiale** d'un site ou d'un bâtiment
- **Vérifier la continuité des structures** hors emprise de fouille
- Discerner en cours de fouille **les zones d'activités liées à la chauffe ou la métallurgie du fer** (prospection sur surface décapée)
- Aider à mieux caractériser en cours de fouille **les structures peu visibles à l'œil** (prospection sur surface décapée)
- Aider à la **caractérisation géomorphologique** d'un site (continuité des unités stratigraphiques)

En définitive, la prospection géophysique permet d'apporter de nombreuses informations sur la nature des vestiges enfouis sous terre. Elle contribue pleinement à une meilleure connaissance du potentiel des sites archéologiques.

En ce sens, la prospection géophysique fournit des informations précieuses pour élaborer un projet d'aménagement et pour définir une stratégie de fouille. (zones à éviter, implantation à privilégier pour les sondages ou pour les fouilles archéologiques...).

Les résultats sont présentés sous la forme de cartes ou coupes du sous-sol assorties de commentaires. Les nombreux documents produits sont élaborés en collaboration avec les différents acteurs de l'étude afin d'apporter les informations les plus pertinentes possibles.

RÉFÉRENCES

Ils nous font confiance :





MÉTHODES

Pour réaliser les prospections géophysiques, nous pouvons mettre en application cinq méthodes d'acquisition des données.

Le choix se fait en fonction de la nature du terrain et/ou de la surface à prospecter. Il est parfois utile de tester différentes méthodes sur le terrain afin de déterminer celle qui donnera les meilleurs résultats.

Déroulement des opérations

La durée d'une opération est souvent conditionnée par la taille de la surface à diagnostiquer. Le plus souvent, les phases d'intervention sur le terrain sont courtes, d'une journée à environ deux semaines au maximum. Le temps de traitement et de rédaction du rapport équivaut généralement à celui passé sur le terrain. Dans la mesure du possible, le rapport est rendu dans les deux mois qui suivent l'achèvement de la phase de terrain.



◀ Extrait de la carte magnétique de Doura Europos (Syrie)(crédit Chr. Benech).

PROSPECTION MAGNÉTIQUE

La prospection magnétique est une méthode de prospection géophysique particulièrement adaptée à la détection des fosses, des zones de chauffe (zone d'artisanat, fours), des éléments métalliques, des briques cuites...

Principe : La prospection magnétique est fondée sur la mesure des variations spatiales du champ magnétique terrestre (Aspinall et al. 2008). Les différences de propriétés magnétiques des matériaux naturels (roches, sédiments, etc.) ou anthropiques (brique, céramique, etc.) présents dans le sous-sol produisent des variations locales (anomalies) du champ magnétique qui peuvent être observées lorsqu'une prospection magnétique cartographie le champ magnétique. La mesure réalisée sur le terrain est généralement celle du gradient de la composante verticale du champ magnétique terrestre. Les variations enregistrées peuvent être d'origine anthropique (présence de murs, de fossés, de zones de chauffe) ou bien d'origine naturelle (variations géologiques ou pédologiques).

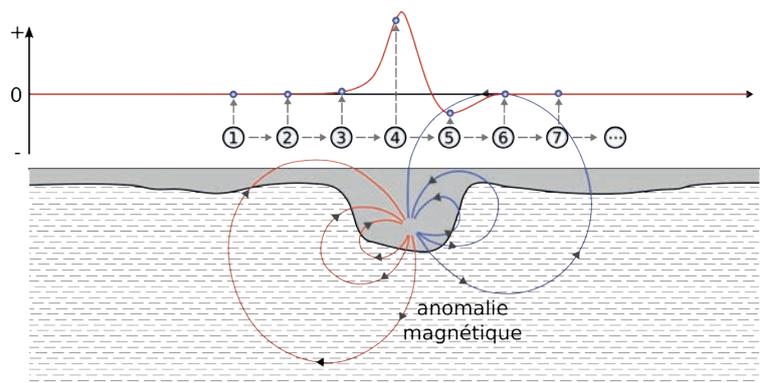
Limites : Méthode perturbée par tous les champs magnétiques environnants produits par des éléments tels que les lignes haute tension, les piquets métalliques, les clôtures et conduites métalliques, etc. Elle ne permet pas la distinction d'objets trop proches (adjacents ou superposés).

Référence : Aspinall, A., Gaffney, C.F., Schmidt, A., 2008. Magnetometry for Archaeologists, Geophysical Methods for Archaeology. AltaMira Press, Lanham, Maryland.

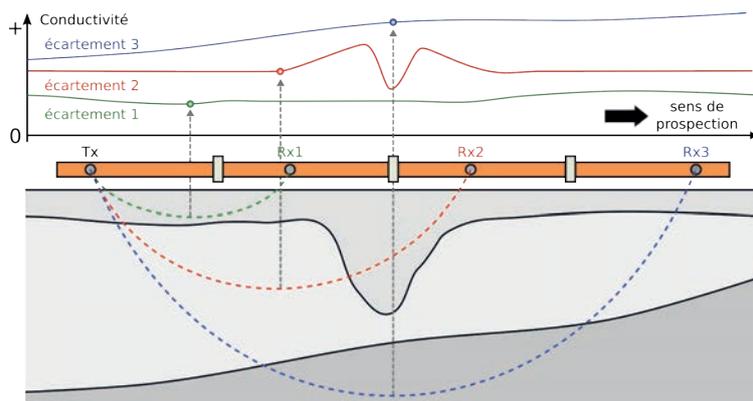
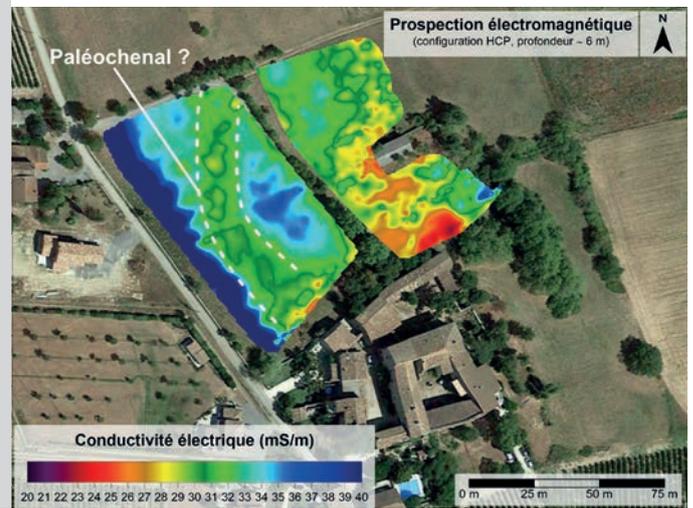
Rendement : ~1 ha/jour
Prof. d'investigation : ~ 2 m
Rendus : Cartes du champ magnétique local.

Conditions nécessaires :
 Pour le bon déroulement des prospections, les parcelles doivent être dégagées des obstacles et de la végétation pouvant entraver les prospections.

▼ Appareil de prospection magnétique multi-sonde.



PROSPECTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE



La prospection électromagnétique est une méthode de prospection géophysique qui permet de réaliser la mesure simultanée de la conductivité électrique et de la susceptibilité magnétique. Elle est adaptée à la détection des structures « en dur » (maçonneries, murs, empiérement), « en creux » (fosses, fossés), des zones de chauffe (zone d'artisanat, fours) ou bien encore des éléments métalliques.

Principe : La prospection électromagnétique est fondée sur l'émission d'un champ électromagnétique alternatif dans le sol dont les variations sont ensuite traduites en termes de conductivité électrique et de susceptibilité magnétique du sol. Selon leur nature et leur structure (composition, types de roches, teneur en eau, porosité, etc.), les matériaux naturels ou anthropiques n'ont pas la même conductivité électrique ni la même susceptibilité magnétique. Ces différences de propriétés produisent des variations locales (anomalies) qui peuvent être observées lors d'une cartographie et reflètent les changements de nature du sous-sol. La profondeur d'investigation de la méthode est proportionnelle à l'écartement entre les bobines de l'appareil et peut être adaptée, selon l'instrument, à une étude archéologique ou à une étude géomorphologique.

Limites : La profondeur d'investigation est limitée pour la susceptibilité magnétique (<1 m). Le sol doit être suffisamment conducteur électriquement pour obtenir des mesures de qualité suffisante.

Rendement : ~ 1 ha/jour ou ~ 4 ha/jour
Prof. d'investigation : ~ 1,5 m ou ~ 6 m
Rendus : Cartes de conductivité électrique et de susceptibilité magnétique.

Conditions nécessaires : Pour le bon déroulement des prospections, les parcelles doivent être dégagées des obstacles et de la végétation pouvant entraver les prospections.



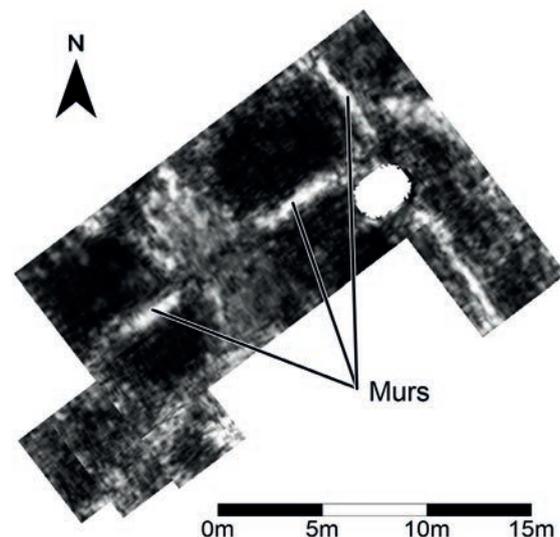
PROSPECTION GÉORADAR (OU GPR)



Méthode permettant de produire des « coupes » horizontales du sol à différentes profondeurs. Son utilisation est possible en milieu urbain car elle est peu sensible aux perturbations électriques et électromagnétiques. Cette méthode permet la détection des structures « en dur » (maçonneries, murs, empierrement), « en creux » (fosses, fossés), et des vides.

Principe : La prospection géoradar est fondée sur l'émission d'une onde électromagnétique dans le sol pour en révéler les changements de nature (Conyers 2013). L'onde électromagnétique émise se propage en profondeur ou se réfléchit vers la surface selon les changements des propriétés électriques du sol. En effectuant de nombreux profils de mesure côte à côte et suffisamment proches, il est possible de créer des cartes de ces changements en fonction de la profondeur.

Ces changements peuvent être d'origine naturelle (changement de type de roche ou de sédiment) ou anthropique (présence de murs, cavités ou remblais par exemple). La profondeur d'investigation de cette méthode dépend de la nature du sol et de la fréquence nominale des antennes utilisées. La gamme de fréquences utilisées communément en contexte archéologique s'étale de 200 MHz à 600 MHz, ce qui correspond en pratique à une profondeur d'investigation de l'ordre de 2 à 3 m maximum.

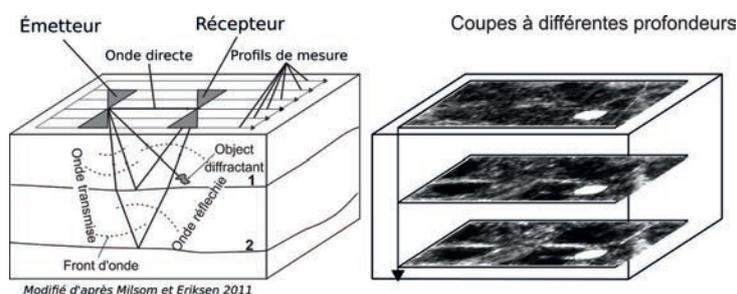


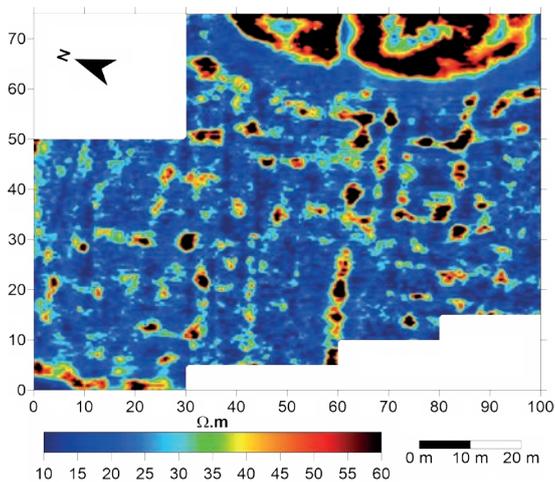
Limites : Profondeur d'investigation très limitée dans les milieux fortement atténuants (milieux argileux, salés ou saturés en eau) ou fortement diffractant (remblais de tout venant).

Référence : Conyers, L. B., 2013. Ground Penetrating Radar for Archaeology, Geophysical Methods for Archaeology. AltaMira Press, Lanham, Maryland.

Rendement : ~1 ha/jour
Prof. d'investigation : ~ 2 m
Rendus : Cartes de réflectivité radar.

Conditions nécessaires : Pour le bon déroulement des prospections, les parcelles doivent être dégagées des obstacles et de la végétation pouvant entraver les prospections.





PROSPECTION ÉLECTRIQUE

La prospection électrique est une méthode de prospection géophysique particulièrement adaptée à la détection des structures « en dur » (maçonneries, murs, empierrement) et « en creux » (fosses, fossés).

Principe : La prospection électrique est fondée sur la mesure des variations spatiales de la résistivité électrique du sol (Schmidt 2013). Selon leur nature et leur structure (composition, types de roches, teneur en eau, porosité, etc.), les matériaux naturels ou anthropiques n'ont pas la même résistivité électrique, notamment à cause de leur teneur en eau différente. Ces différences de propriétés électriques produisent des variations locales (anomalies) qui peuvent être observées lors d'une cartographie de résistivité électrique. Les variations enregistrées peuvent être d'origine anthropique (présence de murs ou de fossés) ou bien d'origine naturelle (variations géologiques ou pédologiques).

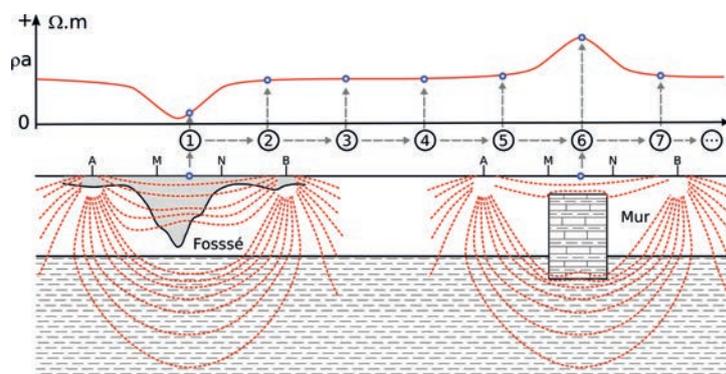
Limites : Nécessite un sol suffisamment meuble et humide pour y planter des électrodes, assurer une bonne transmission du courant et avoir des contrastes suffisants entre les structures.

Référence : Schmidt, A., 2013. Earth Resistance for Archaeologists, Geophysical Methods for Archaeology. AltaMira Press, Lanham, Maryland.



Rendement : ~0,25 ha/jour
Prof. d'investigation : ~ 0,5 ; 1 et 1,5 m
Rendus : Cartes de résistivité électrique à différentes profondeurs d'investigations.

Conditions nécessaires : Pour le bon déroulement des prospections, les parcelles doivent être dégagées des obstacles et de la végétation pouvant entraver les prospections. Le sol doit permettre l'enfoncement des électrodes.



TOMOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE (ERT)

Rendement : ~ 150 m/jour
Prof. d'investigation : ~ 15 m
Rendus : Modèle 2D de résistivité électrique.

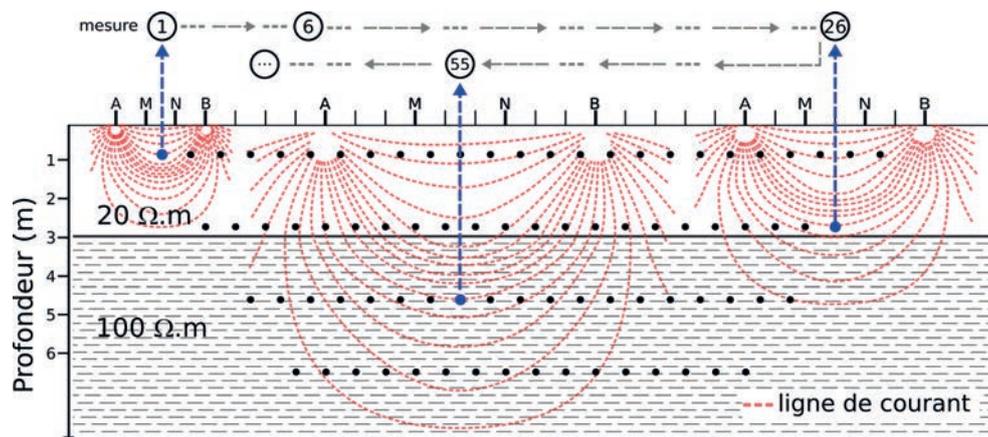
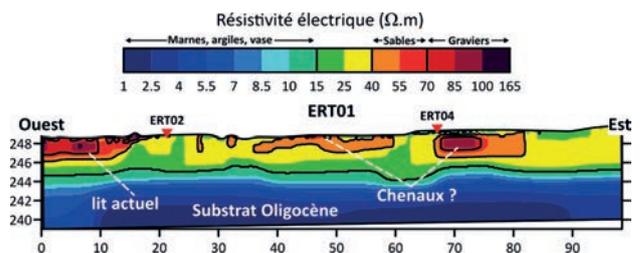
Conditions nécessaires : Pour le bon déroulement des prospections, les parcelles doivent être dégagées des obstacles et de la végétation. Le sol doit permettre l'enfoncement des électrodes.

La Tomographie de Résistivité Électrique (ERT) permet de restituer les variations de nature du sous-sol sur de grandes profondeurs. Elle est particulièrement pertinente pour les études géomorphologiques ou pour la détection de grosses structures.

Principe : La tomographie de résistivité électrique est fondée sur la mesure des variations verticales de la résistivité électrique du sol (Schmidt 2013). La profondeur de pénétration du courant injecté dans le sol est proportionnelle à l'écartement entre les électrodes utilisées. Un profil d'électrodes régulièrement espacées est implanté au sol, et, au fur et à mesure de l'acquisition, des électrodes de plus en plus espacées sont utilisées. Le courant injecté circule ainsi de plus en plus profondément dans le sous-sol. Les variations en profondeur de résistivités électriques reflètent les changements de nature du sous-sol (composition, types de roches, teneur en eau, porosité, etc.).

Limites : Nécessite un sol suffisamment meuble et humide pour y planter des électrodes, pour assurer une bonne transmission du courant et pour avoir des contrastes suffisants entre les structures.

Référence : Schmidt, A., 2013. Earth Resistance for Archaeologists, Geophysical Methods for Archaeology. AltaMira Press, Lanham, Maryland.



Les livrables



Un rapport est rendu à la fin de chaque prospection.

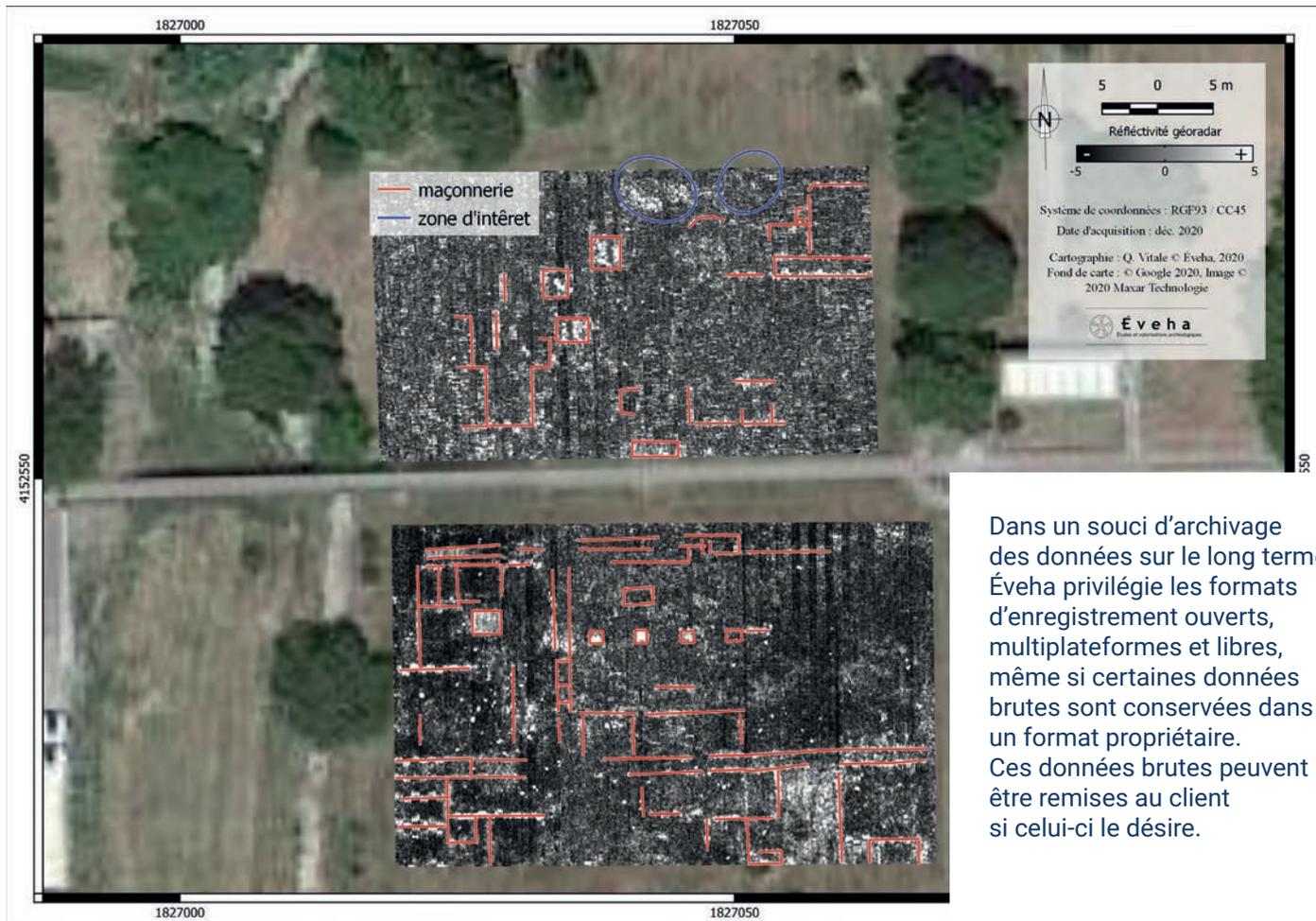
Il aborde les caractéristiques de l'acquisition réalisée et l'interprétation des données.

Ainsi, **la méthode de prospection est tout d'abord présentée et le choix opéré expliqué.** Des cartes présentant les zones prospectées ainsi que les principaux résultats illustrent le document. Ces cartes sont présentées sous différentes formes :

- un document « brut » – en réalité issu d'un premier traitement des résultats – sur lequel figurent **les principales anomalies identifiées** lors de la prospection ;
- des **documents interprétés** sur lesquels les tracés les plus significatifs sont soulignés.

Des commentaires précisent la nature supposée des vestiges (murs, fossés, fosses, tombes, anomalies géologiques...). Dans certains cas, il est également possible de donner des informations concernant **la profondeur d'enfouissement des vestiges.** Après discussion avec les autres parties impliquées dans le projet, des premières **hypothèses d'interprétation** peuvent également être proposées.

▼ Carte de prospection interprétée (pôle archéologique du département de l'Ardèche et musée d'Alba).



Dans un souci d'archivage des données sur le long terme, Éveha privilégie les formats d'enregistrement ouverts, multiplateformes et libres, même si certaines données brutes sont conservées dans un format propriétaire. Ces données brutes peuvent être remises au client si celui-ci le désire.



Nos rattachements
en laboratoire
de recherche



Rejoignez
nous !



Contact

Éveha
31 rue Soyouz - Ester Technopole
87068 Limoges Cedex
Tel: 05 55 10 98 72
geophysique@eveha.fr

