



**HAL**  
open science

## Caractérisation d'un établissement antique en basalte en grande Limagne – Évaluation de l'apport de la méthode d'induction électromagnétique (EMI)

François-Xavier Simon, Julien Guillemoteau, Bertrand Dousteysier, Marion Dacko, Guillaume Hulin

### ► To cite this version:

François-Xavier Simon, Julien Guillemoteau, Bertrand Dousteysier, Marion Dacko, Guillaume Hulin. Caractérisation d'un établissement antique en basalte en grande Limagne – Évaluation de l'apport de la méthode d'induction électromagnétique (EMI). 11e Colloque GEOFCAN (approche GEOphysique et structurale de l'organisation spatiale et du Fonctionnement des Couvertures pédologiques Anthropisées et Naturelles), Nov 2018, Anthony, France. 5 p. hal-02069240

**HAL Id: hal-02069240**

**<https://uca.hal.science/hal-02069240v1>**

Submitted on 11 Mar 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## CARACTERISATION D'UN ETABLISSEMENT ANTIQUE EN BASALTE EN GRANDE LIMAGNE – EVALUATION DE L'APPORT DE LA METHODE D'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE (EMI)

SIMON F.-X.<sup>1</sup>, GUILLEMOTEAU J.<sup>2</sup>, DOUSTEYSSIER B.<sup>3</sup>, DACKO M.<sup>3</sup>,  
HULIN G.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Inrap, Chrono-Environnement UMR 6249, 9 rue Lavoisier, 25000 Besançon, francois-xavier.simon@inrap.fr

<sup>2</sup> Institute of Earth and Environmental Science, Université de Potsdam, Allemagne, julien@geo.uni-potsdam.de

<sup>3</sup> Maison des Sciences de l'Homme (USR 3550), 4 rue Ledru, 63057 Clermont-Ferrand, bertrand.dousteysier@uca.fr, marion.dacko@uca.fr

<sup>4</sup> Inrap, Métis UMR 7619, 121 rue d'Alésia, 75014 Paris, guillaume.hulin@inrap.fr

### **RÉSUMÉ**

*La caractérisation de structures archéologiques en contexte volcanique et plus spécifiquement lorsqu'elles sont constituées de matériaux basaltiques présente des particularités qui limitent l'emploi de certaines méthodes couramment utilisées. A travers une étude de cas dans la région clermontoise, ce travail propose de mettre en évidence l'intérêt des méthodes électromagnétiques basse fréquence sur ce type de vestiges et dans ce type de contexte tout en dressant au préalable les limites des autres techniques d'investigation. Dans un second temps, seront exposés les enjeux mais également les limites et difficultés de la méthode EMI pour la caractérisation des vestiges archéologiques notamment par le biais de la susceptibilité magnétique.*

**Mots clés** : archéologie, basalte, EMI, susceptibilité magnétique, conductivité électrique.

### **ABSTRACT**

#### **CHARACTERIZATION OF ANTIQUE BASALT BUILDINGS IN GRANDE LIMAGNE WITH EMI METHOD**

*Characterization of archaeological features in basaltic media or features in basalt shows particularities limiting the use of several technics commonly used in archaeology. Nevertheless, other technics could take advantage of these specificities. Through a particular case study in the area of Clermont-Ferrand (France), this work try to highlight some advantages of EMI technics compared to other technics that fail in the detection and characterization of such features. Secondly, main stakes but also limits, and difficulties of EMI technics will be*

*discussed for the characterization of archaeological features especially through the measurement of magnetic susceptibility.*

**Key words:** *archaeology, basalt rock, EMI, electrical conductivity, magnetic susceptibility.*

## **.1 INTRODUCTION**

Le projet ArchEM, piloté par l'Inrap, s'intéresse au potentiel qu'offrent les méthodes électromagnétiques basse fréquence pour l'archéologie préventive. Ce projet s'articule autour de quatre volets, 1 : la caractérisation des horizons pédologiques dans le cadre des études sur la préhistoire ancienne, 2 : l'identification d'entités géomorphologiques qui ont pu guider l'installation des sociétés anciennes sur leur territoire, 3 : l'identification d'activités et de structures archéologiques sur surface décapée et 4 : la caractérisation de vestiges archéologiques dans les milieux volcaniques. La présente étude s'intéresse à ce dernier volet. Durant le mois de novembre 2017, une équipe de l'Inrap et de l'Université de Postdam ont cherché à caractériser plusieurs sites archéologiques composés en partie de basalte dans la région clermontoise, dont le site de Saint-Beauzire « Chez Legay » (Puy-de-Dôme). Les résultats présentés ici illustrent dans un premier temps pourquoi il est intéressant d'utiliser la méthode électromagnétique au regard des autres techniques de prospection (Guillemoteau *et al.* 2016, Simon *et al.* 2017) et, dans un deuxième temps, comment peut-on interpréter le signal et en quoi les résultats obtenus sont représentatifs de l'information.

## **.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **2.1. Site d'étude**

Le site de Saint-Beauzire est localisé à 11 km au nord-est de Clermont-Ferrand dans le Grand Marais de Limagne. Détecté au cours de prospections pédestres et aériennes, il est constitué de plusieurs bâtiments rectangulaires construits en basalte et plus ou moins visibles sur les clichés aériens. La datation de cet établissement repose sur le mobilier ramassé en surface et renvoie aux quatre premiers siècles de notre ère. La profondeur et la puissance stratigraphique des vestiges ne sont pas connues dans la mesure où le site n'a fait l'objet d'aucune fouille archéologique. Seule la présence de blocs de basalte taillés repérés en surface du terrain atteste l'emploi de basalte comme matériau de construction.

### **2.2. Instrumentation mise en œuvre**

Dans un premier temps, une prospection magnétique a été réalisée sur l'ensemble de la parcelle afin de déterminer les secteurs les plus intéressants à cartographier avec les autres méthodes de prospection. Celle-ci a été réalisée avec un système MXPDA de Sensys. Celui-ci permet de mesurer la différence verticale de la

composante en z du champ magnétique terrestre. Les données ont été géoréférencées à l'aide d'un GPS différentiel avec une précision centimétrique. Sur la base de ces premiers résultats, une prospection électromagnétique a été conduite sur les bâtiments reconnus en prospection aérienne et au cours de la prospection magnétique. Deux appareils ont été mis en œuvre. Une première cartographie a été réalisée avec le GEM2 (Geophex), un appareil EMI multi-fréquentiel. Il possède une configuration de bobines atypique (une bobine d'émission et deux bobines de réception dont la plus proche joue le rôle de *bucking coil*). L'acquisition a été réalisée à trois fréquences distinctes (5, 17 et 60 kHz) en mode continu. Ce système permet l'obtention d'une carte de conductivité électrique apparente mais également de susceptibilité magnétique apparente. Le positionnement a été effectué avec un GPS différentiel afin de s'assurer d'un calage précis des points de mesure. Le système est porté à la main. En parallèle, le DualEM 21S (DualEM) a été mis en œuvre sur le même secteur. Ce système est composé d'une bobine d'émission et de quatre bobines de réception à 1 et 2 m de distance en mode HCP et 1,1 et 2,1 m en mode PERP. Il permet donc de mesurer simultanément les conductivités et susceptibilités apparentes relatives à quatre volumes/profondeurs différentes. Le système est positionné sur un chariot aimantique et non conducteur, ce qui permet une bonne stabilité de l'appareil. Le positionnement a été effectué avec une station totale robotisée.

Un test radar a également été effectué, mais celui-ci a été gêné par des conditions d'acquisition difficiles liées à l'état de surface (sol hersé). Enfin, un panneau électrique a été réalisé afin de renseigner les valeurs de résistivité du terrain et vérifier la sensibilité de la méthode électrique.

### **.3 RESULTATS**

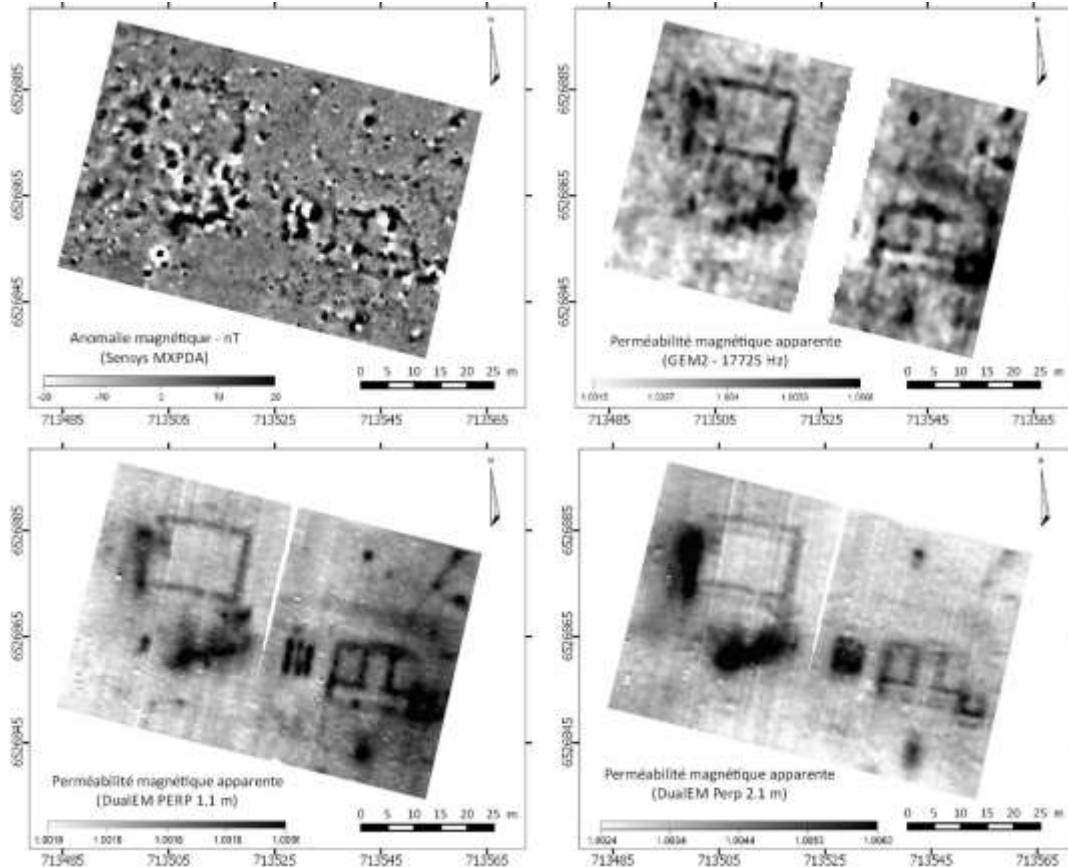
#### **3.1. Difficultés d'interprétation des méthodes standards**

La carte d'anomalie magnétique montre très clairement les difficultés qui peuvent être rencontrées sur des structures fortement magnétiques. La technique est bien adaptée à la détection des vestiges puisque l'aimantation de la roche est très forte (notamment l'aimantation rémanente). Néanmoins, la forme de l'anomalie n'est que peu représentative de la géométrie de l'objet recherché. L'identification des structures archéologiques est donc difficile sur ces terrains. La méthode radar est ici inopérante, du fait du sol relativement conducteur. Si l'utilisation de la méthode radar reste une option pertinente dans de nombreux secteurs (notamment sur le piémont ou les plateaux basaltiques), sa mise en œuvre reste très dépendante du contexte local. La méthode électrique a, quant à elle, permis de révéler les structures résistantes. Toutefois cette méthode nécessite des temps d'acquisition assez longs.

#### **3.2. Apports des méthodes électromagnétiques basse fréquence**

La conductivité électrique nous renseigne ici sur les variations sédimentaires globales. Aucun vestige n'est clairement visible sur les cartes de conductivité

quel que soit l'appareil mis en œuvre, la fréquence de mesure utilisée ou la configuration/écartement des bobines. Cela peut s'expliquer par le manque de sensibilité des appareils EM à des variations localisées de résistivité et à un terrain relativement conducteur.



**Fig. 1 : Carte des anomalies magnétiques et de la perméabilité magnétique apparente (GEM2 et DUALEM PERP 1.1 et PERP 2.1)**

La carte de susceptibilité magnétique fournit des informations nettement plus intéressantes d'un point de vue archéologique. On peut y repérer les vestiges détectés par la prospection aérienne avec un niveau de détail fin et dépendant des configurations utilisées. On peut également observer des différences significatives entre les configurations qui s'expliquent par des sensibilités variables selon les différentes géométries (Klose *et al.* 2018). Nous discuterons également les valeurs enregistrées en ppm et leur transformation en susceptibilité magnétique ainsi que des problèmes rencontrés (transformation du signal, étalonnage des appareils, existence théorique de valeurs négatives en susceptibilité apparente).

#### **.4 CONCLUSION**

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude montrent très clairement l'intérêt des méthodes électromagnétiques basse fréquence pour la caractérisation de vestiges en basalte, notamment par le traitement du signal en phase. Il est dès

lors possible de discriminer les vestiges archéologiques là où les autres méthodes, notamment la méthode magnétique, peinent à livrer des informations pertinentes. Ces avantages s'accompagnent néanmoins de difficultés. L'appareil utilisé, caractérisé par sa géométrie, son écartement inter-bobine et sa fréquence sera plus ou moins adapté à la détection des structures recherchées en fonction de leur profondeur d'enfouissement. Il en résulte que les trois configurations de bobines utilisées conduisent à des résultats sensiblement différents. Nous avons également pu observer qu'un maillage fin (50 cm maximum) est nécessaire à une bonne caractérisation des vestiges, ce qui est en accord avec les caractéristiques géométriques des fonctions de sensibilité établies pour les configurations utilisées (voir Klose *et al.* 2018). Enfin les appareils EMI, qui peuvent présenter des instabilités mécaniques, restent difficiles à calibrer et ce malgré les procédures proposées récemment (Thiesson *et al.* 2014). Cette observation est d'autant plus vraie pour les mesures en phase, car ces appareils sont avant tout conçus pour la mesure de la conductivité électrique. Malgré ces difficultés la méthode électromagnétique se doit d'être employée plus souvent en contexte volcanique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GUILLEMOTEAU J., SIMON F.-X., LUCK E., TRONICKE J., 2016** – 1D sequential inversion of portable multi-configuration electromagnetic induction data. *Near Surface Geophysics*, 14, 411-420.
- KLOSE T., GUILLEMOTEAU J., SIMON F.X., TRONICKE J., 2018** – Toward subsurface magnetic permeability imaging with electromagnetic induction sensors: sensitivity computation and reconstruction of measured data, *Geophysics*, 83, E335-E345.
- SIMON F.-X., TABBAGH A., DOUSTEYSSIER B., PAREILH-PEYROU M., MAYORAL A., LABAZUY P., 2017** – Potential of multi-frequency electromagnetic induction in volcanic soils for archaeological prospection, International Conference of Archaeological Prospection, Bradford 2017, 233-234.
- THIESSON J., KESSOURI P., SCHAMPER C., TABBAGH A., 2014** – Calibration of frequency-domain electromagnetic devices used in near-surface surveying, *Near Surface Geophysics*, 12,4, 481-491.