

POLARISATION PROVOQUEE POUR LA RECONNAISSANCE DES FERRIERS

ABDULSAMAD Feras¹, BONNENFANT Jeremy², FLORSCH Nicolas^{3,1}, CAMERLYNCK Christian¹.

¹UPMC CNRS UMR 7619 METIS, Paris

²UBM CNRS UMR 5607 AUSIONUS, Bordeaux

³UPMC IRD UMI 209 UMMISCO, Paris. nicolas.florsch@upmc.fr

RÉSUMÉ

Le site archéologique du Grand Bois sur la commune de Saint-Vincent sur L'Isle est un ancien domaine d'exploitation du fer, actif du XI^e au XV^e siècle. Son ampleur révèle une importance stratégique pour le pouvoir seigneurial local. S'agissant d'un gisement de surface, et en l'absence d'archives préservées, seuls des vestiges particuliers de l'exploitation permettent de quantifier cette importance. En l'occurrence, le volume de scories laissées sur place constitue un bon proxy de la quantité de fer produite, et cartographier ces résidus abandonnés permettent aux archéologues et historiens de mieux comprendre l'évolution du site et son usage. Le présent travail illustre l'apport de la méthode de Polarisation Provoquée (PP) pour la quantification des amas de scories, à côté d'approches géophysiques plus classiques en métallurgie, telle la prospection magnétique. Les mesures PP présentent une qualité que ne possèdent pas les méthodes électriques traditionnelles : la linéarité par rapport à la distribution des structures responsables du signal (à différencier de la linéarité par rapport aux sources de courant, partagée avec les méthodes électriques). Ainsi, les méthodes PP permettent une quantification de la concentration de scories, déjà démontrée par plusieurs études antérieures. De plus, s'agissant de métallurgie du fer, le volume de scories est convertible, par simple proportion, en volume de fer produit, avec une précision acceptable.

Mots clés : Polarisation Provoquée, paléoméallurgie, Saint-Vincent sur L'Isle.

ABSTRACT

Induced Polarization for recognition of slag deposits

The archaeological site of Saint Vincent sur l'Isle is an ancient area of iron extraction and process. Its size leads us to consider that it has been of local seigniorial importance. Since no archives are still available for it, geophysics is convened to help the archaeologist to estimate the yield. We show the benefit of using the Induced Polarization method (IP) which appears to be an ideal geophysical tool to map the slag distribution. The IP response to the slag heaps is specific, and the linearity of this response allows assessing quantitatively the geometry of the heaps and then the relative slag masses. Hence, a full surveying of slag heaps is possible, and finally permits an estimation of the total yielded iron.

Key words: Induced Polarization, paleometallurgy, Saint-Vincent sur L'Isle.

1. INTRODUCTION

Le site archéologique de Saint-Vincent sur L'Isle comporte des minières destinées à l'extraction du fer et des ateliers pour la transformation du minerai en métal (Bonnenfant, 2014). L'activité couvre une période s'étendant du XI^e au XV^e siècle, de manière plus ou moins continue. En estimant, sur site, la quantité de résidus de traitement (les scories), il est possible de remonter à la production intégrée de fer. Une première estimation, à vue, est très approximative, car uniquement déduite de la présence de scories en surface. Ainsi, on estime préalablement qu'au moins 1000 m³ de scories ont été laissées en place. Une estimation plus précise du volume des scories en sous-sol est très pertinente pour contribuer à reconstituer l'histoire de ce site. Les scories reposent directement sur la base sidérolithique, de sorte que l'interface qui sépare les scories des autres matériaux (tout-venant ou substratum sidérolithique) est particulièrement bien définie. Toutefois, la transition électrique n'est pas spécifique, et l'utilisation de la seule image électrique conduirait à de grandes erreurs. Au contraire, la polarisabilité (la chargeabilité) des scories leur est spécifique, comme l'ont montré des travaux relativement récents (Niederleithinger et al., 2000 ; Florsch et al. 2011, 2012). Ce succès est dû à la sensibilité de la PP à certains oxydes ou sulfures inclus dans les scories, contenant des particules conductrices pour lesquelles la conduction électrique est de type électronique. Ainsi, la PP peut répondre de manière satisfaisante à l'objectif de ce travail. Un ensemble de panneaux électriques fournit autant de tomogrammes, qui, regroupés, permettent par une interpolation appropriée, une estimation du volume total des scories.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les mesures de Polarisation Provoquée ont été réalisées grâce à un Syscal-Pro de IRIS Instrument® avec des profils de 48 électrodes en inox et 1 m d'espacement entre électrodes. Quinze profils parallèles, écartés de 5 m, ont été acquis. Le courant injecté est de type pseudo-continu en créneaux rectangulaire (+I 0 -I 0) avec une période de 4 secondes. Vingt chargeabilités partielles ont été mesurées lors des créneaux de non-injection. La figure 1 représente le site d'étude et les tracés des sections entreprises.

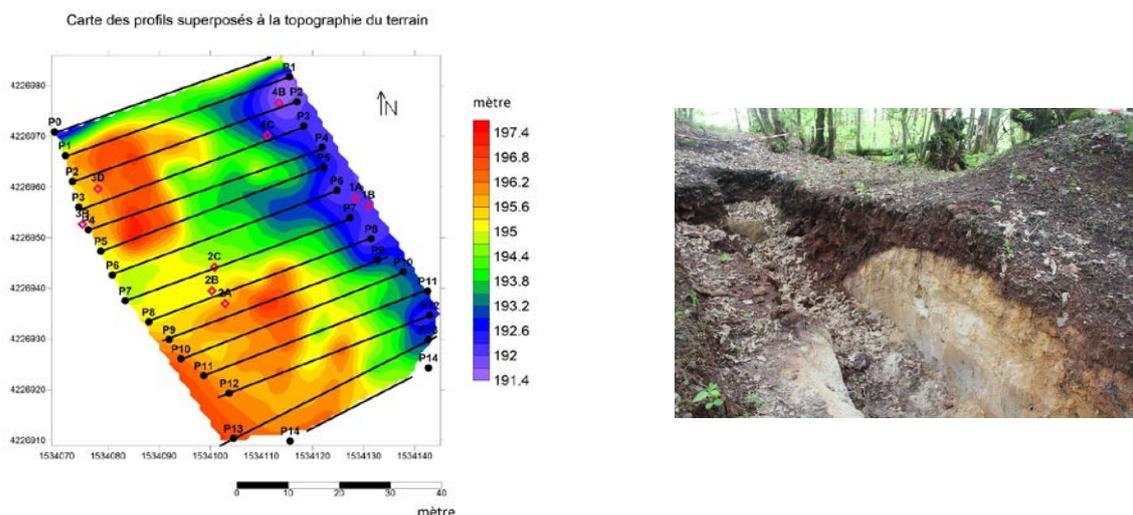


Figure 1 –Topographie de la zone d'étude et implantation des sections de résistivité électrique P0 à P14 (à gauche) ; interface entre les scories et le substratum, bien visible dans une tranchée (à droite). (Coordonnées UTM et cote NGF).

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS :

En de nombreux endroits, la présence de scories en surface n'est pas corrélée avec la résistivité apparente, donc l'épaisseur des scories a été déduite à partir des sections de chargeabilité. La linéarité de cette dernière par rapport à la concentration donne des arguments pour situer la transition scorie/substratum à la ligne d'inflexion de chargeabilité sur les sections inversées (sur une verticale, on considèrerait le point d'inflexion de la variation de la chargeabilité (les scories se trouvent en mode 100% ou rien)). Les épaisseurs ainsi déduites le long des sections parallèles, peuvent ensuite être interpolées par un krigeage utilisant un modèle variographique correctement ajusté sur le variogramme expérimental. La figure 2 montre un exemple, sur le profil 4, d'une section rendue complexe par la forte topographie du site. Toutefois, à l'issue du travail de pointé de l'interface 2-D correspondant à la base des scories, la carte obtenue (Figure 3) est cohérente, et permet une réévaluation du volume de scories à un peu plus de 2200 m³. La valeur de ce volume initialement estimée à partir des seules données de surface est ainsi augmentée d'environ 50%. En reprenant le facteur de conversion scories → fer (dépendant de la densité des matériaux) décrit par Florsch et al. (2011), on peut finalement estimer que ce ferrier a pu ainsi produire entre 3200 et 4000 tonnes de fer¹.

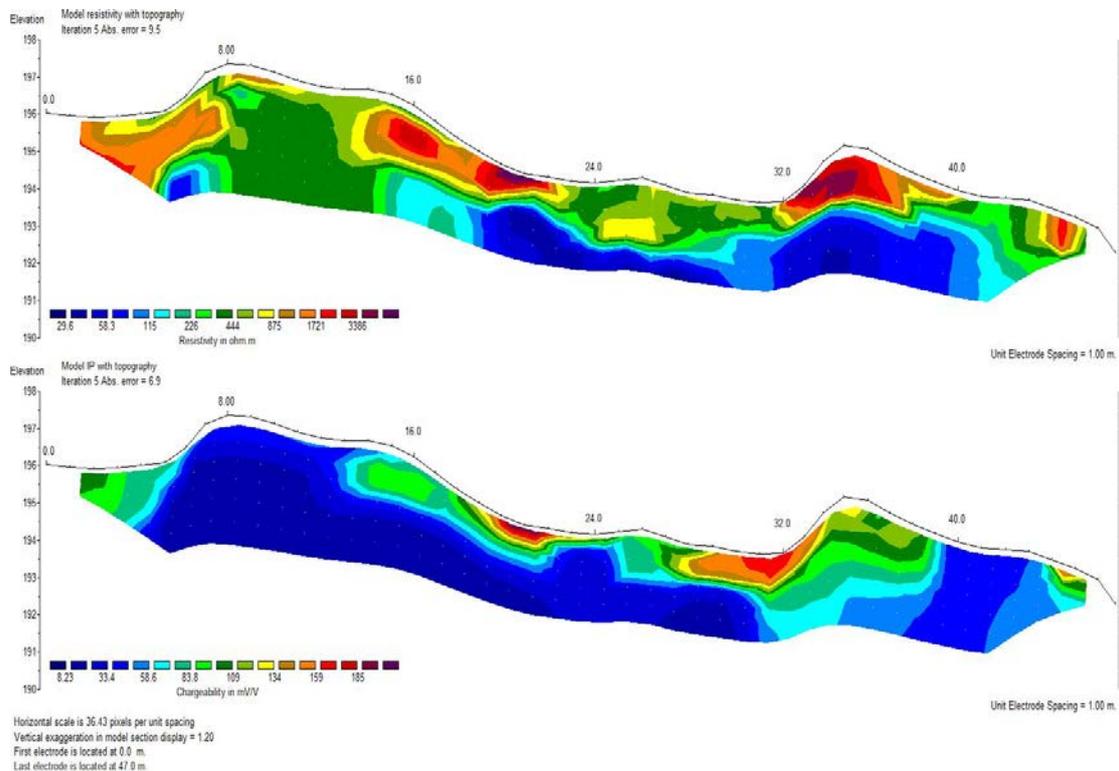


Figure 2 – Exemple de sections de résistivité (en haut) et de chargeabilité (en bas) après l'inversion à l'aide du logiciel Res2Dinv (profil P4).

¹ Merci à Manon Cassagnole, Seréna Delar et David Durka, pour leur contribution à cette campagne géophysique.

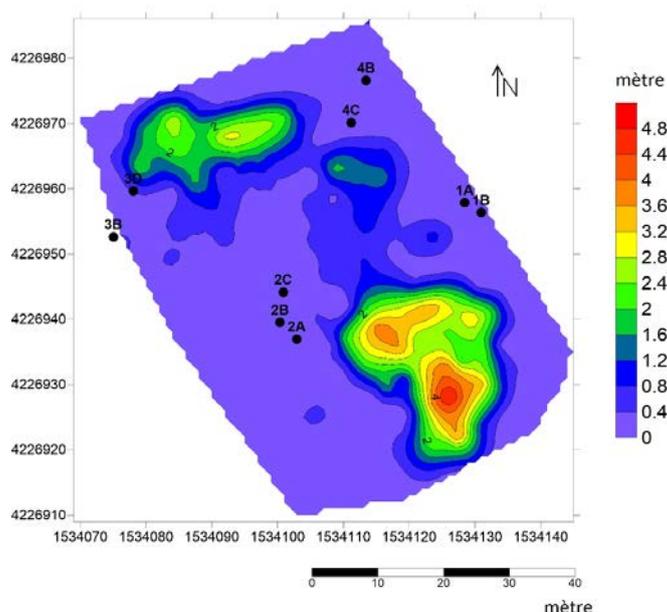


Figure 3 : carte de l'épaisseur des concentrations de scories déduite des tomographies.

4. CONCLUSION :

Malgré un contexte topographique chahuté, la PP a permis de cartographier l'épaisseur des scories de métallurgie du fer. Cette carte rend possible, après conversion, l'estimation du fer produit diachroniquement sur le site. Il appartient alors à l'archéologue de confirmer (ou d'infirmer) l'usage de ce gisement et d'identifier la destination de la production, qui a pu servir pour la fabrication des canons des navires au chantier naval de Royan (parmi d'autres hypothèses). Ces amas de scories médiévaux étant de bons analogues pour certaines pollutions (celles faisant intervenir des particules polarisables), ce travail rappelle l'extraordinaire potentiel de la polarisation provoquée pour la spatialisation de divers amas de déchets contenant des éléments métalliques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONNENFANT J., 2014** – Les Grands Bois. Rapport de la campagne de fouille programmée, 170 p. DRAC Aquitaine.
- FLORSCH N., LLUBES M., TÉREYGEOL F., 2012** – Induced polarization 3D tomography of an archaeological direct reduction slag heap. *Near Surface Geophysics*, 10, 567-574.
- FLORSCH N., LLUBES M., TÉREYGEOL F., GHORBANI, A., ROBLET P., 2011** – Quantification of slag heap volumes and masses through the use of induced polarization: application to the Castel-Minier site. *Journal of Archaeological Science*, 38, 438-451.
- NIEDERLEITHINGER E., GRISSEMANN C., RAMMLMAIR D., 2000** – SIP geophysical measurements on slag heaps: A new way to get information about subsurface structures and petrophysical parameters. In *Applied Mineralogy in Research, Economy, Technology, Ecology and Culture, Proceedings of the 6th International Congress on Applied Mineralogy, ICAM*, 607-610.