HAL
open science

Contribution de la géophysique à l'étude des écoulements au-dessus de la carrière souterraine de Saint Martin le Nœud

Roger Guerin, Sarah Barhoum, Ludovic Bodet, Marine Dangeard, Philippe Gombert, Sylvain Pasquet, Danièle Valdes, Quentin Vitale

To cite this version:

Roger Guerin, Sarah Barhoum, Ludovic Bodet, Marine Dangeard, Philippe Gombert, et al.. Contribution de la géophysique à l'étude des écoulements au-dessus de la carrière souterraine de Saint Martin le Nœud. Journées scientifiques AGAP Qualité 2015, Nov 2015, Grenoble, France. ineris-01863834

HAL Id: ineris-01863834

https://ineris.hal.science/ineris-01863834

Submitted on 29 Aug 2018

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.

Contribution de la géophysique à l'étude des écoulements au-dessus de la carrière souterraine de Saint Martin le Nœud

Guérin R.[1], Barhoum S.[1], Bodet. L.[1], Dangeard M.[1], Gombert P.[2], Pasquet S.[1], Valdès D.[1], Vitale Q.[1]

[1] Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, UMR 7619 METIS, F-75005 Paris, roger.guerin@upmc.fr

[2] Institut National de l'Environnement industriel et des Risques (INERIS), F-60550 Verneuil-en-Halatte

Abstract

A geophysical study (electromagnetic mapping at low induction number, electrical resistivity tomography and seismic tomography) is carried out above an abandoned underground quarry of Chalk where the water table outcrops creating several permanent underground lakes. It allows to determine the structural geometry of superficial formations, in order to give information of water circulation in the vadose zone at the origin of the lakes.

Contexte de l'étude

La carrière souterraine de craie partiellement ennoyée de Saint Martin le Nœud est située près de Beauvais, sur un dôme topographique et piézométrique, sur le flanc NE de l'anticlinal de Bray. Cette carrière abandonnée s'étend sur environ 1200 m de long (dans la direction NO-SE) et 150 m de large. Elle se trouve entre 20 (plutôt au nord) et 30 m (plutôt au sud) de profondeur par rapport à la surface. Au droit du site, la craie est recouverte par des formations superficielles constituées de sol et d'argiles à silex. Des eaux percolent à travers la zone non saturée (ZNS) et s'écoulent à certains endroits du toit de la carrière et à certaines périodes de l'année. La nappe phréatique affleure dans la carrière et se mélange aux eaux directement issues de la percolation pour créer plusieurs lacs souterrains permanents. Ces lacs baignent des piliers de soutènement de la carrière. Ce site d'étude expérimentale donne accès à l'interface ZNS-zone saturée.

Une étude de l'hétérogénéité spatiale de la géochimie des eaux souterraines a été menée à l'intérieur de cette carrière (Barhoum et al., 2014). Pour cela des mesures dans les différents lacs (conductivité électrique, température, niveau d'eau) et des analyses des ions majeurs sur des échantillons d'eau, sont réalisés régulièrement depuis 2011. L'analyse montre que la qualité des eaux souterraines est très variable dans l'espace. L'objectif est d'étudier l'origine des anomalies géochimiques, avec des mesures géophysiques pour décrire les propriétés du milieu environnant.

Prospection réalisée

Différentes campagnes géophysiques (cartographie électromagnétique à faible nombre d'induction, tomographie de résistivité électrique, ERT) ont été réalisées en surface au-dessus de la carrière (Figure 1) afin de caractériser la géométrie et les propriétés de la couverture de la craie, et étudier le lien entre propriétés physico-chimiques des eaux des lacs souterrains et informations sur la ZNS données par la géophysique. La carte électromagnétique a été obtenue avec le conductivimètre EM31 (Geonics Ltd.) en configuration bobines horizontales coplanaires, ou mode dipôle magnétique vertical suivant des mesures en continu le long de profils séparés d'environ 5 m. Cet échantillonnage a permis de décrire les premiers 5,5 m de profondeur sur une superficie d'environ 20 ha située au-dessus de la carrière. Deux tomographies électriques (une seule est présentée) ont été obtenues avec un résistivimètre SyscalPro (IRIS Instruments) en utilisant une configuration (dispositif Wenner-Schlumberger et distance inter-électrodes minimale de 3.5 m) permettant d'obtenir des sections géoélectriques (jusqu'à 60 m de profondeur pour la tomographie présentée ici).

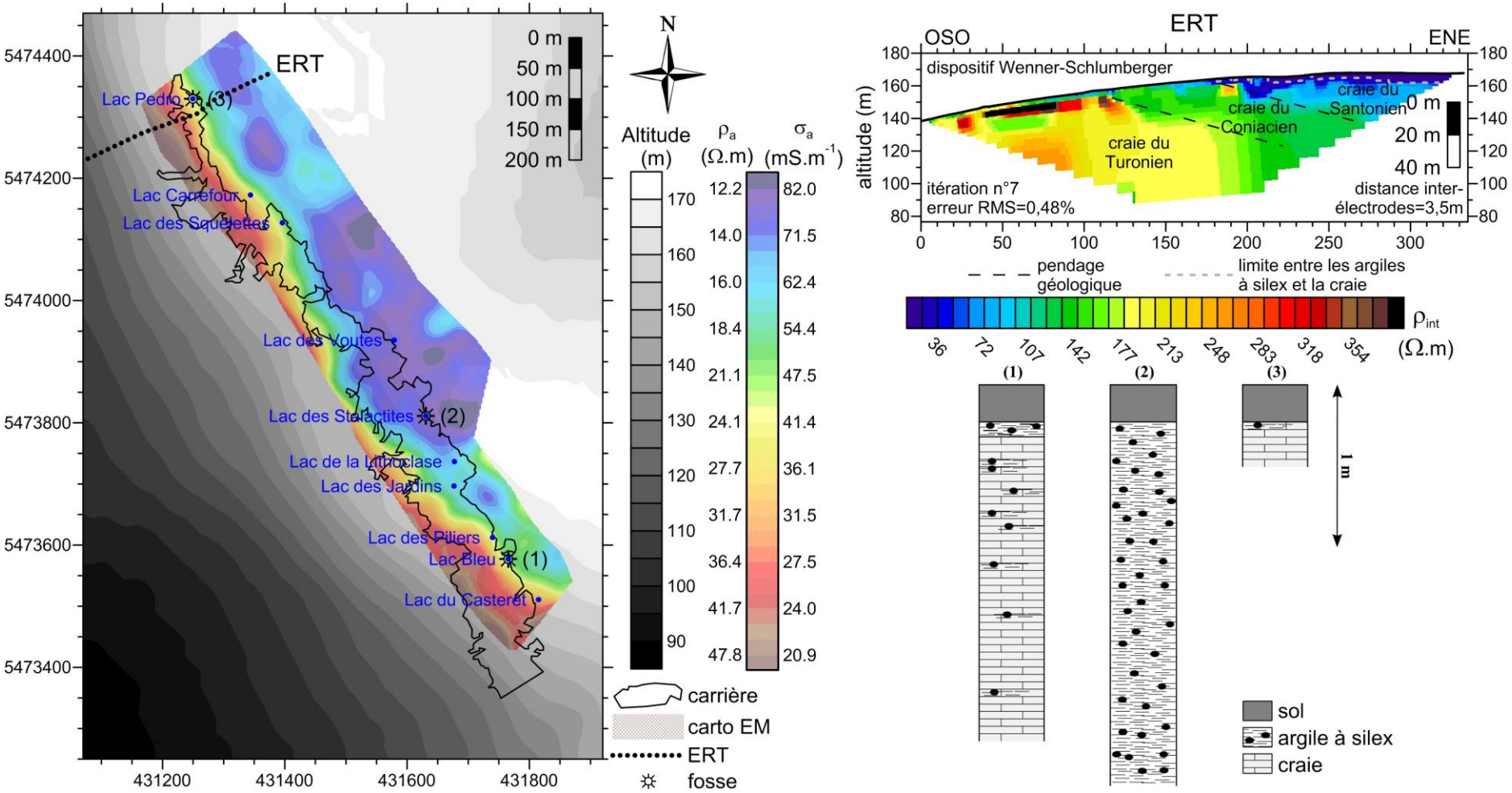

Figure 1 – A gauche : carte de conductivité électrique (obtenu avec le conductivimètre EM31, Geonics Ltd., en mode dipôle magnétique vertical) superposée à la carte topographique et emplacement : (i) de la carrière souterraine et des lacs dans cette carrière, (ii) des trois fosses et (iii) d'une des deux tomographies de résistivité électrique ; A droite en haut : la tomographie de résistivité électrique localisée ci-dessus ; A droite en bas : schéma géologique des trois fosses réalisées en surface à l'aplomb des trois lacs : « lac Bleu » (1), « lac des Stalactites » (2), « lac Pedro » (3)

Une tomographie sismique, en onde de compression et en onde de cisaillement (Pasquet et al., 2015), est programmée prochainement au même endroit que l'ERT présentée ci-dessus, pour mieux connaître la géométrie des fractures dans la craie.

Trois fosses (Figure 1) ont été creusées jusqu'à ce que la craie soit atteinte. Leurs emplacements ont été choisis directement au-dessus de trois lacs (« lac Bleu », « lac des Stalactites » et « lac Pedro ») dans lesquels des analyses géochimiques ont été réalisées.

Analyse des résultats

Les valeurs de conductivité électrique apparente couvrent une gamme allant de 20 à 85 $mS.m^{-1}$ (50 à 12 Ω.m). Comme les argiles à silex ont une teneur plus élevée en eau que la craie et donc une conductivité électrique plus élevée, les zones les plus conductrices (nord-est de la carte) sont interprétées comme les zones d'épaisseur maximale des argiles à silex. Les mesures de conductivité électrique indiquent ainsi que l'épaisseur d'argiles à silex varie au-dessus de la carrière. La partie ouest de la carrière se caractérise par la faible épaisseur des couches superficielles (zone rouge), tandis qu'à l'est (zone bleue), les épaisseurs sont plus élevées dans le haut du plateau.

La tomographie électrique montre une couche conductrice au-dessus d'un substratum résistant. Elle montre également le pendage géologique du flanc nord de l'anticlinal de Bray (correspondant aux affleurements de la craie du Turonien, du Coniacien et du Santonien).

Les trois fosses mettent en évidence la forte hétérogénéité spatiale des terrains superficiels (couches de sol et argiles à silex). Elles indiquent qu'une épaisseur de sol de 25 cm est rencontrée au-dessus des argiles à silex, lesquelles ont une épaisseur variable (moins de 5 cm au lac Pedro, noté (3) à la Figure 1, et plus de 245 cm au lac des Stalactites, noté (2)). En dessous, de la craie plus ou moins altérée est rencontrée avec parfois des lentilles d'argiles à silex (jusqu'à une profondeur de 2 m au lac Bleu, noté (1)).

Conclusion/Perspectives

Les données géophysiques montrent qu'au-dessus de la carrière, la craie est recouverte par une épaisseur variable de sol et d'argiles à silex.

Cette étude démontre aussi l'intérêt de la géophysique pour caractériser la zone critique et donner des informations sur les propriétés chimiques du sol et de l'eau dans le sous-sol (excès de Mg^{2+} associé à l'épaisseur d'argiles à silex, concentration de Na^{+} dépendant de l'épaisseur de la ZNS, excès de NO^{3-} lié à la forte épaisseur de la ZNS retardant le transport de ces ions liés aux pratiques agricoles en direction de la nappe phréatique).

De l'imagerie géophysique (par tomographie sismique et électrique à partir de la surface) est envisagée sous la forme de monitoring (i.e. à plusieurs reprises au cours d'un cycle hydrologique) dans le but d'étudier les processus éventuels de stockage/déstockage d'eau dans les formations superficielles.

Remerciements

Les auteurs remercient le Conservatoire des Espaces Naturels de Picardie qui permet l'accès à la carrière, et la région Ile-de-France pour le financement de cette étude.

Bibliographie

Barhoum S., Valdès D., Guérin R., Marlin C., Vitale Q., Benmamar J., Gombert P., 2014. Spatial heterogeneity at high-resolution Chalk groundwater geochemistry – Underground quarry at Saint Martin-le-Noeud, France. Journal of Hydrology, 519, 756-768.

Pasquet S., Bodet L., Longuevergne L., Dhemaied A., Camerlynck C., Rejiba F., Guérin R., 2015. 2D characterization of near-surface V_P/V_S: surface-wave dispersion inversion versus refraction tomography. Near Surface Geophysics, sous presse.

Mots clés : cartographie électromagnétique, tomographie de résistivité électrique, tomographie sismique, formations superficielles, carrière souterraine