

Colloque
"Gestion des eaux souterraines"
Bordeaux - 2023

Article étendu

Titre
<i>L'électromagnétisme hélicoptéré, un outil pour la caractérisation et la gestion des ressources en eau souterraine à différentes échelles</i>
Nom des auteurs
<i>RENINGER Pierre-Alexandre², BARRIERE Jérôme¹, RAINGEARD Anne², CIOLCZYK Damien², ANDRIEU Simon², BERNARD Julien², BERTIN Clotilde³, BOURBON Pierre¹, BRIAIS Justine², CABARET Olivier¹, HUSSON Eglantine², ISSAUTIER Benoît², LASSEUR Eric², MARTELET Guillaume²</i>
Affiliation
<i>1: BRGM, F-33600 Pessac, France 2: BRGM, F-45060 Orléans, France 3: BRGM, F-63170 Aubières, France</i>

La gestion des ressources en eaux souterraines repose en premier lieu sur une bonne connaissance de la nature du sous-sol. La compréhension des agencements des aquifères et aquitards se base généralement sur la corrélation d'informations géologiques disparates (coupes de forages, cartographie des affleurements), en accord avec les connaissances sur l'histoire géologique locale. La densité de données disponibles conduit nécessairement à une simplification et à des incertitudes sur les géométries, dont les implications peuvent être majeures pour la compréhension du fonctionnement des nappes et l'évaluation des ressources : conditions de réalimentation, compartimentation des réservoirs et continuité des écoulements, drainances verticales entre aquifères.

Au travers de différentes études menées depuis plus de 10 ans par le BRGM, l'électromagnétisme héliporté (AEM) ressort comme un outil pertinent, capable de résorber significativement ces incertitudes. En effet, la méthode permet de couvrir de grands territoires, de manière homogène et sur des profondeurs d'investigation pouvant aller de 200 m à 1 km suivant le système utilisé et la nature du sous-sol. Les résultats obtenus au gré de ces travaux permettent de confirmer l'apport de la méthode dans des contextes hydrogéologiques variés (volcaniques, sédimentaires, de socle, ...), et dont l'utilisation est encore vouée à se développer dans les années à venir. La méthode a été mise en œuvre pour répondre à différents objectifs hydrogéologiques, et ce, sur des zones plus au moins étendues. Ainsi, il a été possible de constituer des cubes 3D de résistivité de certaines des zones couvertes ou simplement d'obtenir de grands profils 2D sur des territoires très importants. Il est nécessaire de trouver le meilleur compromis entre la couverture de la zone d'étude, le temps d'acquisition et le budget afin de satisfaire aux objectifs et résolutions souhaités. A noter que l'AEM permet d'acquérir 1000 km de données en 1 semaine et demie, en comptant le montage et la calibration du système. Deux acquisitions, réalisées dans des contextes géologiques très différents, et les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

En 2021, une acquisition AEM a permis d'acquérir environ 1500 km de données sur une emprise de plus de 6600 km², couvrant le système aquifère multicouches de la bordure est et nord-est du Bassin aquitain, dans le cadre des projets Eaux-SCARS et ECORSE 82. Sur le secteur Charente-Périgord-Quercy, associé au projet Eaux-SCARS, la gestion des ressources en eaux souterraines se heurte à de forts questionnements sur les limites des systèmes aquifères, la connexion des domaines captifs avec les domaines libres (zones de recharge ou d'échange avec le réseau hydrographique), les extensions latérales des épontes, et l'ampleur et la localisation des drainances verticales entre réservoirs. Autant de questionnements qui doivent en premier lieu être traités en précisant les lithologies des entités considérées et leurs géométries.

Tout d'abord, la capacité de la méthode à imager le sous-sol jusqu'à des profondeurs de 400 à 500 m en domaine sédimentaire a pu être validée. A grande échelle, les premières interprétations conduites pour le projet Eaux-SCARS montrent que les grandes unités lithologiques sont identifiables sur les profils, notamment les principales épontes qui apparaissent comme conductrices, par opposition aux ensembles aquifères (carbonatés principalement) résistants. Localement, la corrélation avec les données ponctuelles en forage est bonne, ce qui conforte l'utilisation des profils AEM pour imager les géométries et appuyer les corrélations. A l'échelle régionale, ces acquisitions permettent par exemple de cartographier la lithologie du toit érodé du Jurassique : la Figure 1 illustre la discontinuité des formations marneuses du Kimméridgien. Sur les secteurs où ces formations sont préservées, à l'ouest (points kilométriques 0 à 7) et au centre de la coupe (points kilométriques 24 à 34), elles constituent un imperméable relatif entre les aquifères du Jurassique moyen et ceux du Crétacé supérieur. A contrario, l'érosion de ces formations favorisera la connexion hydraulique entre aquifères à deux titres : d'une part car cet imperméable relatif est lacunaire entre les réservoirs,

et d'autre part car l'affleurement conjugué à l'émergence des calcaires du Jurassique moyen ont pu favoriser leur karstification dès le Crétacé inférieur.

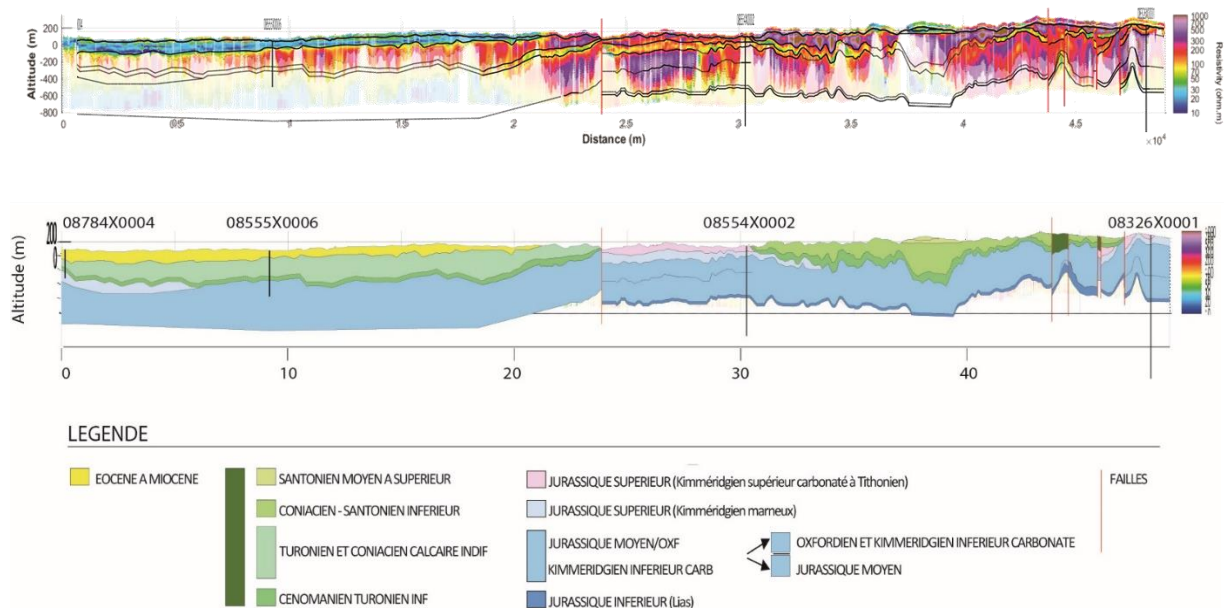


Figure 1 : Coupe AEM n°23 Lédats (47) – Campagnac-lès-Quercy (24) du projet Eaux-SCARS obtenue après traitement des données acquises (en haut) et interprétation lithostratigraphique associée (en bas).

Les premiers travaux d'interprétation sur ce secteur Charente-Périgord-Quercy mettent en évidence une complexité géométrique significative des réservoirs carbonatés du Secondaire, au-delà des attentes : on identifie des structures et variations de faciès non visibles à l'affleurement et sur les seules corrélations des données de forage. Ceci va permettre de réviser le schéma structural de la région et de positionner des discontinuités marquées dans les géométries des formations aquifères. La révision de la connaissance hydrogéologique induite par ces interprétations apportera des réponses aux questionnements sur les conditions de réalimentation et de circulation dans ces aquifères, et alimentera dans un second temps l'actualisation d'un modèle numérique de gestion.

Plus localement, ces interprétations démontrent également le fort potentiel de déploiement de la méthode pour répondre à des questionnements focalisés, dont quelques exemples peuvent d'ores et déjà être mis en avant :

- D'une part, la discordance à la base du Tertiaire continental, marquée par un fort contraste de résistivité, permet de discerner les surfaces d'érosion héritées de l'émergence et de localiser les anciennes vallées incisées ; du fait de leur comblement initial par des sables, ces vallées incisées constituent des axes de drainage potentiels ; elles pourront également être considérées localement comme cibles pour l'implantation de forages d'eau.
- D'autre part, le profil AEM traversant le cœur de l'anticlinal de la Tour Blanche (Figure 2) montre une structure complexe, héritée d'une déformation polyphasée. Les différents étages stratigraphiques sont par conséquent affectés différemment par les réactivations de la structure, et les aquifères associés présentent de fortes variations d'épaisseur voire des lacunes. Les coupes établies au droit de cette structure permettront de lever les incertitudes sur les réservoirs atteints et exploités par les forages du secteur.

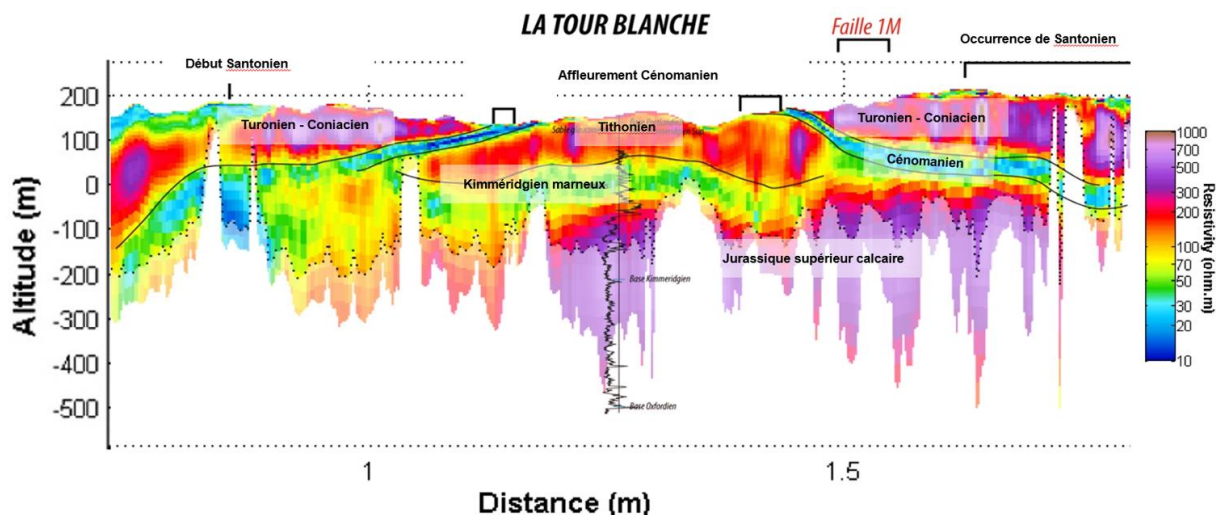


Figure 2 : Extrait de la coupe AEM n°6 Lusignac (24) – Nontron (24) du projet Eaux-SCARS obtenue après traitement des données acquises, centré sur la structure de La Tour Blanche.

La méthode AEM a également été mise en œuvre en 2020 dans la partie Nord de la Chaîne des Puys et a permis d’acquérir environ 1000 km de données sur une surface de 250 km², offrant ainsi une image haute résolution du sous-sol, et ce, en trois dimensions. Ce levé a la particularité d’avoir mis en œuvre trois méthodes simultanément (magnétisme, gamma-spectrométrie et électromagnétique), ce qui représente une première en France. La zone retenue a été choisie comme zone atelier pour analyser la réponse des trois types de données dans un contexte de socle sous couverture volcanique. Les premières interprétations montrent tout l’intérêt de ces investigations pour améliorer notre connaissance du sous-sol dans ce contexte géologique si particulier : par exemple, sur les paléovallées et les arrêtes du socle permien, les remplissages basaltiques, le réseau de failles etc. Une thèse, cofinancée par Clermont-Auvergne-Métropole et par la Société des Eaux de Volvic, en partenariat avec l’UCA, a débuté fin 2021.

La Figure 3 présente deux profils AEM obtenus suite à l’acquisition. Ceux-ci montrent la capacité de l’AEM à imager le sous-sol jusqu’à 400-600 m de profondeur. La méthode permet de différencier les formations volcaniques du socle, offrant ainsi la possibilité d’extraire le toit du socle et d’en obtenir une grille d’altitude sur l’ensemble de la zone volée. Cette interface représente une donnée de première importance pour la compréhension hydrogéologique du nord de la Chaîne des Puys, les écoulements souterrains étant conditionnés pour partie par la géométrie du paléorelief (ante volcanique). Les résultats obtenus mettent également en évidence de grands contrastes au sein du socle, qui offrent des perspectives pour caractériser son degré d’altération et sa structuration, dont les influences peuvent être significatives sur le fonctionnement local des aquifères.

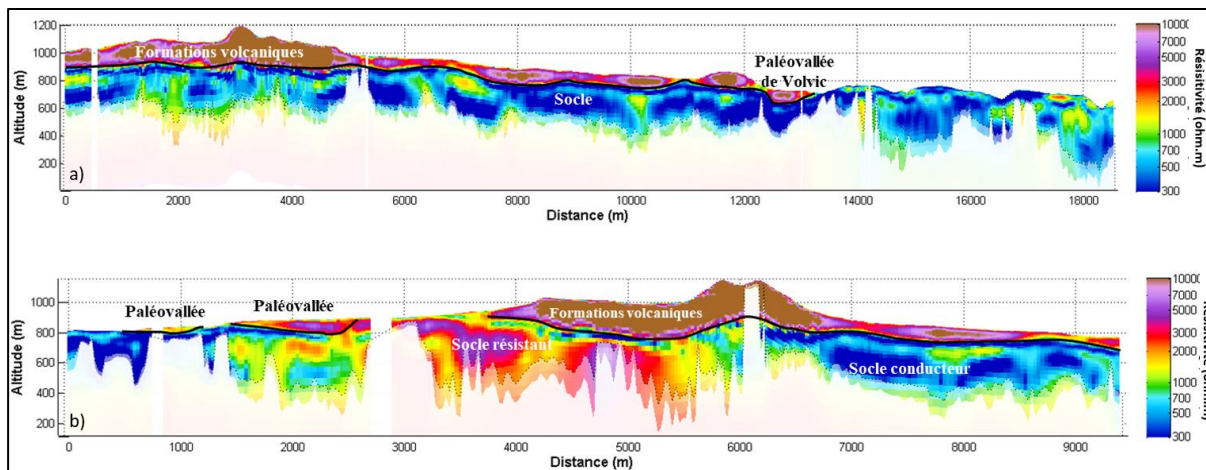


Figure 3 : Coupes AEM obtenues après traitement des données acquises dans le nord de la Chaîne des Puys.

Les données acquises ont déjà permis de préciser les limites du bassin d'alimentation de la galerie de Louchadière à Saint-Ours (63) ; d'une longueur de 1626 m, celle-ci traverse successivement des gneiss, des basaltes, des granites, puis retrouve la base d'une coulée de basalte qui draine les écoulements souterrains captés pour l'alimentation en eau potable des abonnés du syndicat intercommunal Sioule et Bouble.

Par l'exposition des résultats obtenus suite à ces deux levés AEM, il apparaît que la méthode fournit des avancées significatives en permettant une couverture exhaustive des territoires, dans des gammes de profondeur pertinentes, là où les méthodes traditionnellement appliquées en hydrogéologie laissaient des verrous de compréhension importants.