



**HAL**  
open science

## Impact des discontinuités lithologiques sur l'altération des roches - Approche géophysique

Florent Hinschberger, Sébastien Salvador-Blanes, Jean-Jacques Macaire

### ► To cite this version:

Florent Hinschberger, Sébastien Salvador-Blanes, Jean-Jacques Macaire. Impact des discontinuités lithologiques sur l'altération des roches - Approche géophysique. 5ème Colloque Geofcan, Sep 2005, Orléans, France. hal-02318071

**HAL Id: hal-02318071**

**<https://hal.science/hal-02318071>**

Submitted on 17 Oct 2019

**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.

# Impact des discontinuités lithologiques sur l'altération des roches – Approche géophysique

Florent HINSCHBERGER, Sébastien SALVADOR-BLANES et Jean-Jacques MACAIRE

UPRES EA 2100 - Laboratoire GéEAC, Université François Rabelais de Tours, Parc de Grandmont, 37200 Tours, France.

## Abstract

An electromagnetic profiling survey (EM31) completed with vertical electric soundings has been applied in the study of the spatial distribution of near surface deposits along a valley side of about 10 ha. The study area is located in a metamorphic hilly region south of La Châtre, in the northern part of Massif Central (France). We explain the observed high conductivity contrasts by the interaction of (1) the bedrock lithology (an E-W conductive zone lies parallel and just above the gneiss – amphibolites boundary) and (2) the topography (the convex areas show higher resistivities). These two factors may have influenced the degree of weathering of the bedrock and, consequently, the nature and distribution of alterites.

## Introduction :

Le programme de recherche METASPACE (programme inter-organismes de la région Centre) lancé en 2002 visait à établir les règles de distribution de la matière solide porteuse d'éléments trace métalliques (ETM) dans les formations superficielles. Une zone test fut choisie sur la commune de Chassignolles, dans la région de la Châtre (Indre), où se trouvent des zones enrichies en ETM sur substrat métamorphique. Les travaux ont notamment porté sur l'étude de la dynamique de mise en place des sols et des formations superficielles, ainsi que sur l'analyse fine des formes du relief guidant le ruissellement, et les flux et stocks de matière solide porteuse d'éléments trace métalliques.

Afin de compléter les données fournies par les fosses et les sondages à la tarière, deux campagnes de prospection géophysique électrique et électromagnétique ont été entreprises sur l'un des versant du site. Notre principal objectif était de déterminer la répartition et la nature des altérites développées au-dessus de la roche saine, et d'observer l'impact d'une discontinuité lithologique sur l'altération des roches.

## Présentation du site d'étude :

Le secteur d'étude (46°31'20N, 1°57'43E) est situé dans la partie nord du plateau d'Aigurande qui constitue la bordure septentrionale du Massif Central. Le site, occupé par des prairies séparées par un réseau dense de haies, présente une altitude variant entre 280 et 300 m. Il correspond à un versant d'une surface de 11 ha limité au sud par un ruisseau. Le versant est fortement incisé dans sa partie est par le cours d'eau et présente des pentes convexes, tandis qu'à l'ouest il est caractérisé par des pentes plus douces et concaves ceinturant une zone de bas-fond (Fig. 1).

Une étude détaillée de la distribution des formations superficielles (sol et partie supérieure des altérites) a été réalisée dans le cadre d'une thèse de doctorat (Salvador-Blanes, 2002). Une dizaine de fosses pédologiques et plus de 600 sondages à la tarière (0 à 1,20 m de profondeur) ont permis de déterminer la nature, l'épaisseur et les conditions de formation de la couverture pédologique, cette dernière étant maximale dans les zones de bas-fond (environ 1 m). La nature du substrat a également pu être cartographiée avec précision (Fig. 2) : il s'agit d'amphibolites au nord et de gneiss au sud, le contact entre ces 2 formations ne semblant pas être de nature tectonique (aucune faille n'est reportée sur la carte géologique de La Châtre à 1:50000<sup>e</sup> (Fraisie et al. (1986)). Une zone restreinte au sud-est montre par ailleurs ces deux matériaux en mélange complexe.

## **Les données géophysiques :**

Nous avons utilisé les méthodes électrique (sondages VES) et électromagnétique (méthode Slingram, appareil EM31) qui permettent de mesurer la conductivité électrique apparente du milieu (ou son inverse, la résistivité). Les deux campagnes de mesures ont été effectuées en fin d'été, période où les terrains sont les plus secs.

Pour la prospection électromagnétique, nous avons employé un conductivimètre EM31 de la société Géonics en mode HCP (les dipôles magnétiques sont alors verticaux). Dans cette configuration l'appareil est surtout sensible aux terrains situés entre 50 cm et 6 m de profondeur environ (McNeill, 1980), et les variations de conductivité mesurées devront être interprétées principalement en terme de variation d'épaisseur de l'éventuelle couverture colluviale, des altérites et/ou de la nature du substrat. Le sol peut aussi exercer une influence faible, mais non négligeable, sur la conductivité apparente. Une cinquantaine de profils espacés de 10 m ont été réalisés dans la direction de la pente. L'espacement entre les points de mesure le long des profils est de 5 m.

Les mesures EM31 nous permettent d'établir une carte de conductivité du site (Fig. 1). Les zones les plus résistantes apparaissent en rouge ; elles sont situées au sud-est et correspondent aux secteurs où le substrat est peu profond (il affleure localement). On retrouve aussi des zones résistantes au nord-est (croupe étroite en sommet de versant). Les zones les plus conductrices, en bleu sur la figure, sont organisées suivant une direction générale E-O. Une seconde direction, NO-SE, apparaît moins clairement.

Quelques sondages électriques (Résistivimètre Syscal, dispositif Wenner) permettent d'obtenir localement des informations sur les variations de résistivité en fonction de la profondeur. Les modèles établis à partir des sondages (Logiciel Winsev 5 ; Das et Verma, 1980) montrent que, dans la zone conductrice évoquée précédemment, il existe une « couche » très peu résistante située entre 50-80 cm et 6-7 m de profondeur environ (Fig. 3). Celle-ci pourrait ainsi être responsable de la zone conductrice identifiée par électromagnétisme.

## **Interprétation des données :**

Les fortes variations de conductivité observées sur le site (de 2 à 60 mS/m, Fig. 1) ne sont pas corrélées avec les différences relevées dans la nature et/ou l'épaisseur du sol. Ceci s'explique par le fait que l'EM31 est peu sensible aux horizons très superficiels. Nous avons donc cherché à croiser les valeurs de conductivité avec d'autres types de données disponibles sur le site d'étude.

Les relations entre la conductivité et la nature du substrat apparaissent clairement, non pas dans la différence de conductivité entre les amphibolites au nord et les gneiss au sud (nous observons des zones résistantes et conductrices dans les 2 types de formations, avec une variabilité certes plus prononcée dans les amphibolites), mais dans le fait que le couloir conducteur orienté est-ouest est située juste en amont (au nord) de la limite entre les deux formations géologiques, qu'elle suit parfaitement (Figs. 1 et 2). Ceci est encore plus net sur la carte du gradient de conductivité (Fig. 4), où l'on peut observer que la limite amphibolite/gneiss correspond précisément à la transition brutale entre le couloir conducteur au nord et des terrains plus résistants au sud. C'est aussi dans le couloir conducteur que les sondages électriques montrent une « couche conductrice » très prononcée de plusieurs mètres d'épaisseur sous le sol (Fig. 3). L'hypothèse suivante est proposée pour expliquer la présence de ce couloir conducteur: le gneiss étant plus résistant à l'altération que l'amphibolite (les minéraux altérables y sont peu abondants contrairement à l'amphibolite, Salvador-Blanes (2002)), il constitue un obstacle aux écoulements de sub-surface, entraînant une rétention des eaux juste en amont de la limite amphibolite/gneiss, ce qui provoque une altération plus poussée des minéraux de la roche (rétroaction positive). Une épaisse couche d'altérites se

serait alors développée dans ce secteur et se signifierait par des valeurs fortement conductrices.

Les relations entre la conductivité et la morphologie du versant sont moins évidentes. Nous remarquons toutefois que la conductivité est globalement plus élevée dans la zone à topographie concave située à l'ouest. Nous notons par ailleurs dans cette zone, au niveau des gneiss, la présence d'un axe conducteur très ténu orienté NO-SE à l'endroit même où les courbes de niveau sont incurvées (Fig. 1). Dans cette zone de concentration maximale du flux, la teneur en argile mesurée dans les altérites à partir des sondages à la tarière (profondeur moyenne : 1 mètre) est par ailleurs relativement élevée (voir carte Fig. 5). Il est ainsi probable que cette zone à conductivité élevée corresponde à une zone d'altération plus poussée du substrat, en lien avec une concentration maximale des flux d'eau. Ici aussi nous retrouverions donc un phénomène de rétroaction positive. Il est enfin intéressant de noter que les teneurs maximales en argile apparaissent à l'endroit précis où les deux directions conductrices évoquées se croisent (Fig. 1), ce qui correspond à la zone de conductivité la plus élevée de tout le secteur d'étude.

Ces données, encore en cours de traitement, montrent qu'il est possible d'utiliser la cartographie de conductivité EM31, couplée aux sondages électriques, pour obtenir des informations quasi-continues sur les variations d'épaisseur et/ou de nature des altérites, en relation avec la nature du substrat et les formes du relief. Or la prise en compte de la géométrie des altérites est un facteur à ne pas négliger dans toute étude relative aux flux de matière au niveau des versants. En effet, leur degré de transformation est à l'origine d'une plus ou moins grande aptitude à libérer de la matière susceptible d'alimenter les flux de surface, dont les flux d'ETM.

### **Références :**

- Das U.C., Verma S.K. 1980. Digital linear filter for computing type curves for the two-electrode system of resistivity sounding. *Geophysical Prospecting* 28, 610-619.
- Fraisse C., Lorenz C., Lorenz J., Prost A. 1986. Carte géologique de France (1/50000), feuille de La Châtre (594), BRGM.
- McNeill J.D. 1980. Electromagnetic terrain conductivity measurements at low induction numbers. Technical note TN-6, Geonics, Mississauga, Ontario, Canada.
- Salvador-Blanes. 2002. Déterminisme de la distribution spatiale des éléments majeurs et traces dans les sols en contexte métamorphique. Thèse de doctorat, Univ. de Tours et INRA Orléans, 298 pages.

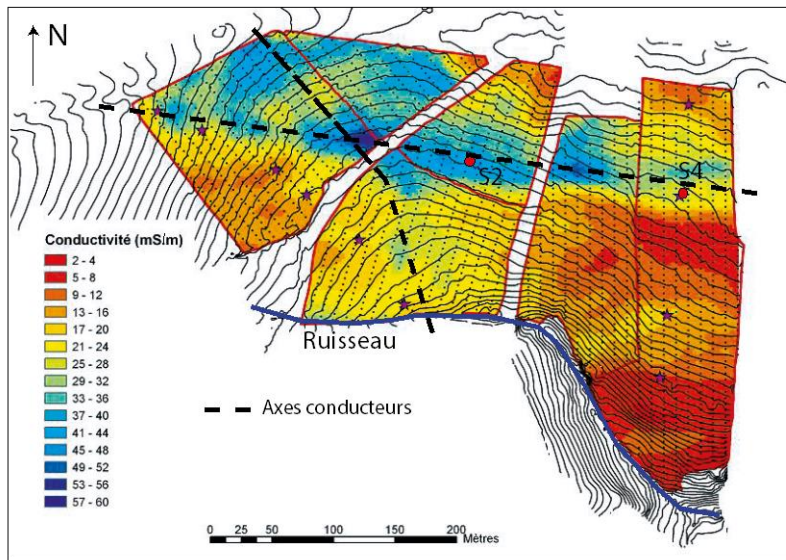


Fig. 1 : Carte de conductivité EM31 du site. La topographie est indiquée (équidistance des courbes de niveau : 0,5m). Les sondages S2 et S4 de la figure 3 sont localisés. ils ont été effectués suivant une direction E-W de manière à ne pas recouper la limite amphibolite/gneiss.

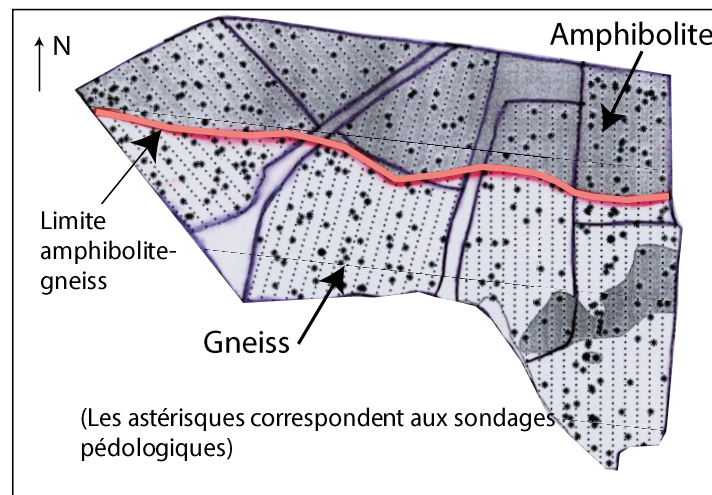


Fig. 2 : Carte du substrat élaborée à partir des sondages pédologiques. Le substrat amphibolitique est en gris foncé, le gneiss en gris clair.

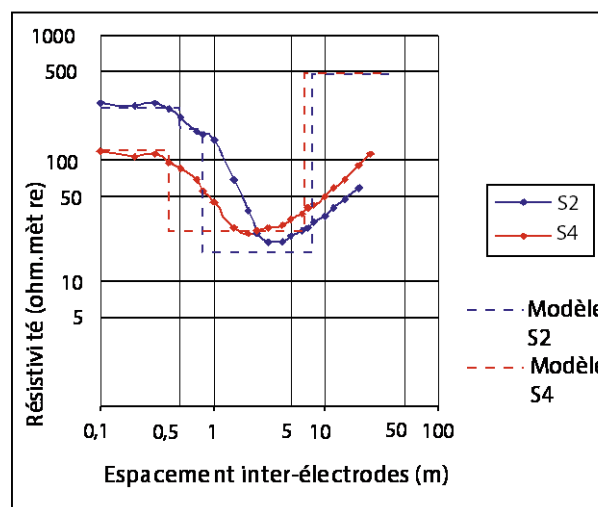


Fig. 3 : Sondages électriques Wenner dans la zone conductrice

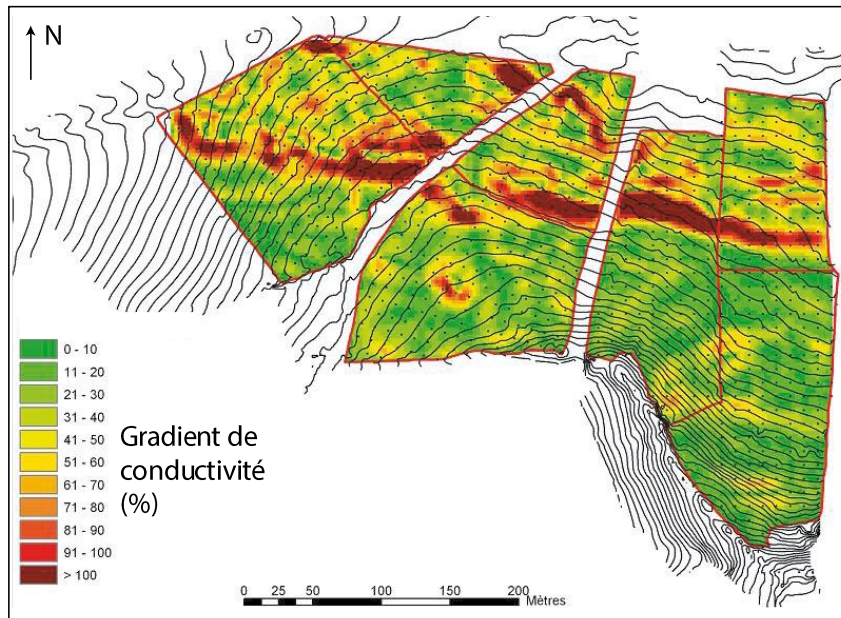


Fig. 4 : Carte du gradient de conductivité

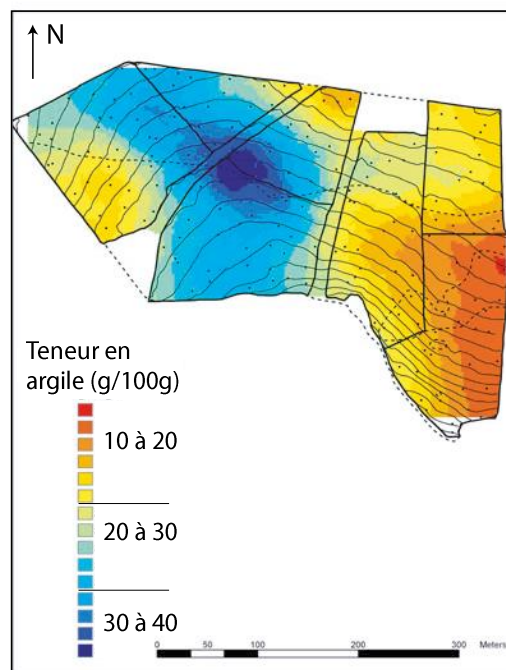


Fig. 5 : Carte des teneurs en argile dans les altérites