

# Signaux magnétiques des sols de marais : impact anthropique

Vivien MATHÉ<sup>1</sup>, François LÉVÊQUE<sup>1</sup>, Yves PONS<sup>2</sup> & Claude CHEVALLIER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre Littoral De Géophysique (CLDG), Université de La Rochelle

<sup>2</sup> Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Saint Laurent de la Prée

## Résumé

Des cartographies haute résolution réalisées sur des parcelles des Marais de l'Ouest de la France à l'aide d'un magnétomètre à vapeur de césium sont présentées. Un chariot en bois et un rail en PVC ont permis d'acquérir avec précision un signal dont la dynamique est de l'ordre de 2 nT. Une prairie naturelle présente de faibles variations décamétriques corrélées à une micro-toposéquence. Inversement, des parcelles récemment cultivées montrent des anomalies magnétiques linéaires. Ces anomalies sont interprétées comme l'influence des pratiques agricoles sur les propriétés du sol. De plus, pour une parcelle drainée, l'amplitude des anomalies linéaires est supérieure au-dessus des drains. Ces parcelles présentent en surface un enrichissement en minéraux magnétiques. L'aimantation est portée principalement par la magnétite et les sulfures de fer.

## Abstract

High resolution magnetic cartographies carried out with a caesium vapour magnetometer on plots of the West France Marshes are presented. The clayey substratum homogeneity and the knowledge of plot exploitation history make the interest of this site. A wooden truck running on PVC rails allowed to acquire an accurate signal with dynamics of about 2 nT. A natural grassland presents weak decametric variations correlated to a micro-toposequence. Conversely, plots recently tilled show linear magnetic anomalies. These anomalies are interpreted as the tillage influence on the soil properties. In addition, for drained plot case, the magnitude of the linear magnetic anomalies is higher above drain-pipes. Such plots exhibit in surface layer an enhancement of magnetic minerals. The main magnetization carriers are magnetite, maghemite and iron sulphides.

## Introduction

La capacité d'un magnétomètre à détecter l'impact des pratiques agricoles sur les porteurs de l'aimantation a été testée. Pour cela, trois sites des Marais de l'Ouest de la France (Charente-Maritime, Vendée) ont été choisis selon quatre critères : 1) un environnement magnétique stable, 2) un substrat analogue porteur d'un faible signal, 3) une topographie plane et 4) une connaissance précise de l'histoire du site. Les prospections magnétiques ont été réalisées à l'aide d'un gradiomètre vertical à pompage optique (capteurs à 0.3 et 1.3 m). Pour limiter les

effets dus à la variation de la distance sources/capteurs, un chariot et un rail ont été utilisés. Un protocole adapté a ainsi permis d'obtenir des cartes avec une résolution spatiale de 0.1 x 0.25 m.

Dans un second temps, nous avons procédé à l'identification des porteurs du signal magnétique. Cette caractérisation s'est effectuée sur échantillons, au moyen des méthodes classiques de magnétisme des roches.

## Prospection magnétique haute résolution des sols argileux

### Prairie naturelle

Une prairie naturelle non labourée présente des micro-anomalies non structurées (Figure 1). Seules de faibles variations décimétriques corrélées à la micro-topographie (inférieure à 0,1 m) peuvent être détectées. Les anomalies négatives, situées sur les "parties hautes", sont interprétées comme un effet de l'augmentation de la distance sources/capteurs. Ceci est dû à une plus forte épaisseur de la couche superficielle contenant les racines et la matière organique peu décomposée, magnétiquement neutre.

### Jachère

Cette parcelle, cultivée pour la dernière fois il y a 8 ans, présente deux structures différentes d'anomalie. (Figure 2). D'une part, l'ensemble de la zone prospectée est recoupé par des anomalies linéaires parallèles. D'autre part, une double trace courbe est visible au sud-est de la carte. Elle pourrait correspondre à l'empreinte laissée dans le sol par le passage d'un engin agricole. Deux autres observations permettent de relier les anomalies au travail du sol : 1) les anomalies linéaires sont parallèles à la direction du dernier labour, 2) la période du signal (de l'ordre de 2 m) est proche de la largeur du matériel agricole.

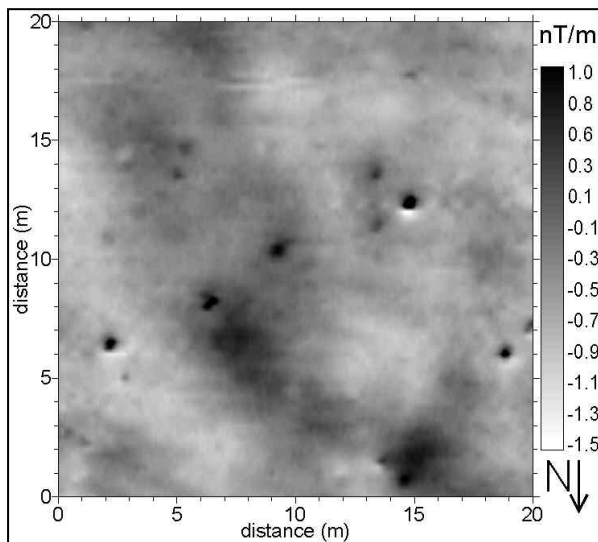


Figure 1 : carte d'anomalies magnétiques (pseudogradients) d'une prairie naturelle

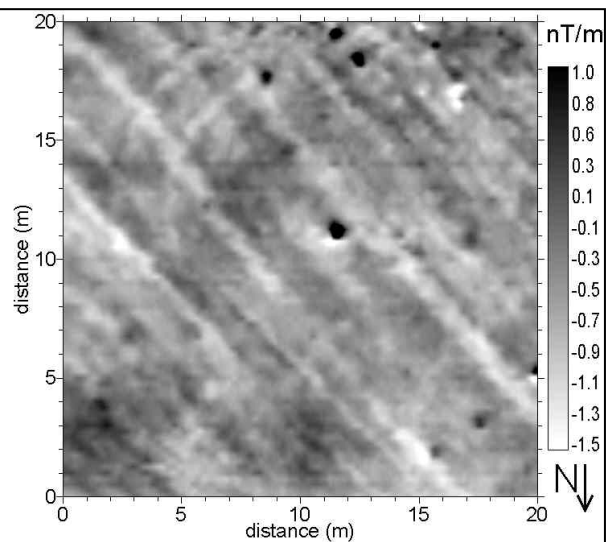
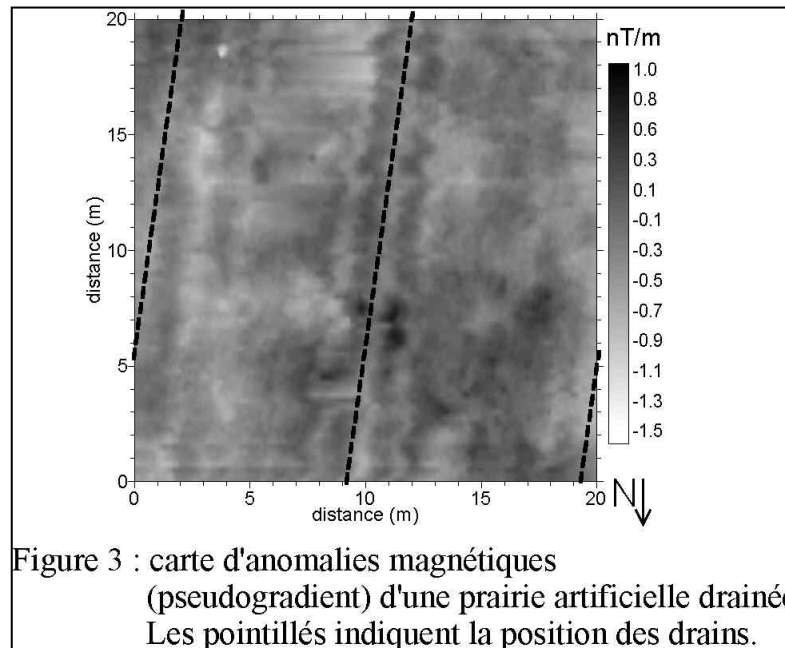


Figure 2 : carte d'anomalies magnétiques (pseudogradients) d'une jachère

## Prairie artificielle drainée

Cette parcelle présente également des anomalies magnétiques linéaires parallèles à la direction du dernier labour (Figure 3). Ce signal, d'une période voisine de 2 m, a une plus forte amplitude au dessus des drains (tubes de PVC enfouis à 0.75 m de profondeur). Ceci

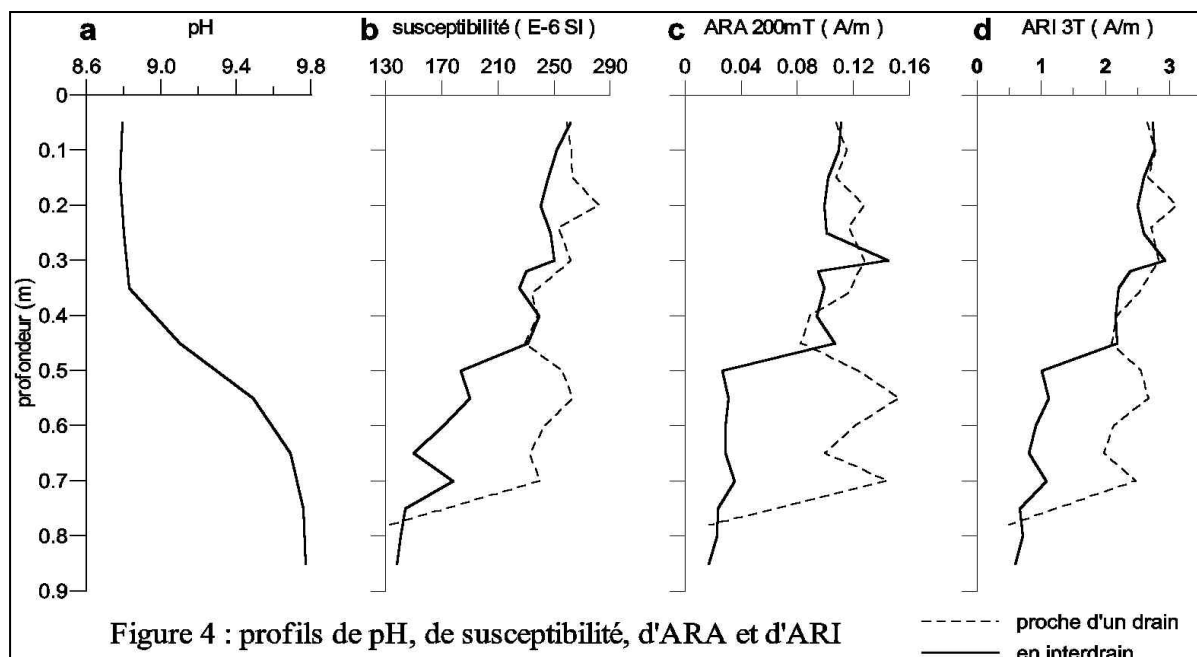


suggère que l'impact des activités agricoles sur les porteurs de l'aimantation est plus marqué dans les zones drainées, et par conséquent mieux aérées.

## Caractérisation des porteurs de l'aimantation

Une tranchée réalisée sur la parcelle drainée a permis une étude pédologique et l'identification des principaux porteurs de l'aimantation.

Deux horizons ont pu être distingués. L'horizon de surface A, de couleur brune, à structure grumeleuse et contenant de nombreuses racines. Son épaisseur varie entre 0.35 et 0.45 m en interdrain. Elle atteint 0.75 m au niveau des drains. En dessous, l'horizon (B) a une couleur plus grise et une structure prismatique. Ces deux horizons se distinguent également par un changement de pH (Figure 4a).



Cette distinction est également valable pour les propriétés magnétiques du sol. La susceptibilité magnétique (Figure 4b) est accrue en surface, comme cela est généralement observé (Le Borgne, 1955). Les variations de l'aimantation rémanente anhystérétique (ARA) à 0.2 T (Figure 4c) et de l'aimantation rémanente isotherme (ARI) à 3 T (Figure 4d) permettent aussi de caractériser ces deux horizons. Un enrichissement de surface en minéraux magnétiques est ainsi mis en évidence.

Deux études ont permis de déterminer la nature des porteurs de l'aimantation. La première consiste à mesurer les variations de susceptibilité en fonction de la température. Les plus

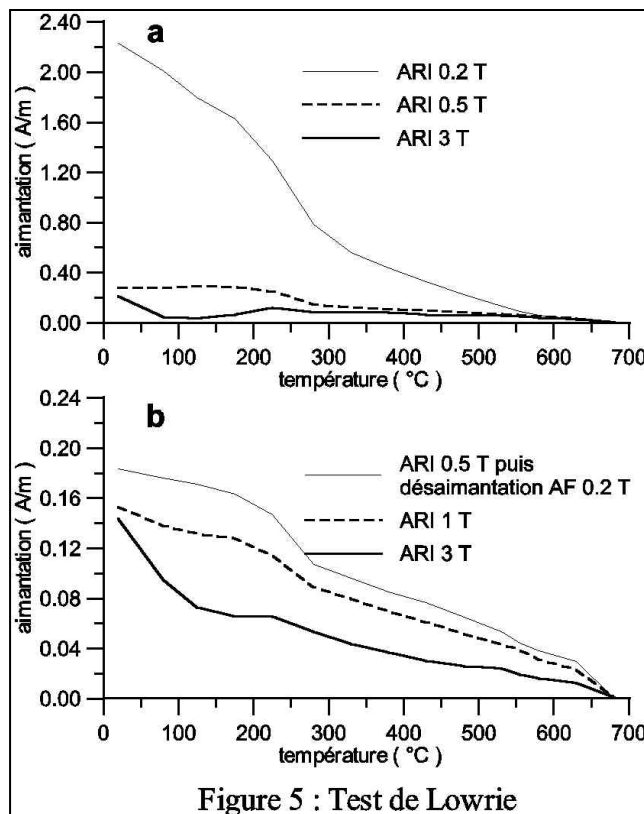


Figure 5 : Test de Lowrie

fortes variations sont liées à la magnétite. La goéthite semble également présente ainsi que l'hématite (pour des échantillons de surface). Les baisses de susceptibilité entre 330 et 400°C impliquent la présence soit de maghémite, soit de titanomagnétite, soit de sulfures de fer. Une deuxième méthode (Lowrie, 1990) a permis de préciser ces résultats. Elle consiste à aimanter un échantillon par trois champs décroissants, selon trois axes perpendiculaires. L'échantillon est ensuite soumis à des désaimantations thermiques successives. Dans un premier cas (Figure 5a), l'axe aimanté dans un champ de 0.2 T porte la plus grande part de l'aimantation : l'essentiel du signal magnétique de ce sol est donc porté par la fraction ferrimagnétique. Dans un deuxième cas (Figure 5b), la première désaimantation thermique est précédée d'une désaimantation en champ alternatif (0.2 T). Ceci permet de s'affranchir en

grande partie des contributions de la magnétite, de la maghémite et de la titanomagnétite. La chute de l'aimantation avant 300°C est en faveur de la présence de sulfures.

## Conclusion

La cartographie magnétique de sols argileux a permis de mettre en évidence des signaux d'une amplitude de quelques nanoteslas. Ceux-ci sont attribués à des variations des propriétés du sol à échelle inframétrique. L'horizon de surface, d'épaisseur variable, est enrichi en minéraux magnétiques. D'autre part, l'aimantation est essentiellement portée par des minéraux ferrimagnétiques (magnétite, maghémite, sulfures de fer).

## Références

- Le Borgne E., 1955. Susceptibilité magnétique anormale du sol superficiel. *Ann. Geophys.*, 11, 399-419.
- Lowrie W., 1990. Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophys. Res. Lett.*, 17(2), 159-162.