

Analyse de la variabilité spatiale intraparcellaire des sols par télédétection et prospections géophysiques

Didier MICHOT, Bernard NICOULLAUD, Abel DORIGNY, Dominique KING

INRA Orléans, Unité de Science du Sol BP 20619, 45166 Olivet cedex, France

Abstract

The aims of this work are : (1) to test geophysical methods and remote sensing as tools for soil spatial variability study ; (2) to compare geophysical methods and remote sensing efficiency. The study is located in the Laonnois regions (North of France). Soil spatial variability study is realised either with electrical and electromagnetic methods, or with airborne multispectral remote sensing. Geophysical and radiometric data allow to distinguish the main soil units. But remote sensing characterises only the soil surface state, while geophysical prospecting ensures a soil cover 3D description. Geophysical technics appear as efficient methods to link together punctual measurements with the survey by airborne.

Introduction

L'élaboration de systèmes de production durables et le développement des techniques d'agriculture de précision sont à l'origine de besoins croissants concernant la reconnaissance spatiale des sols. L'objectif de cette étude est de comparer l'apport des données de réflectance multispectrales et de résistivité apparente pour la reconnaissance et l'analyse de la variabilité spatiale des sols sur une même parcelle expérimentale. Bénéficiant de mesures radiométriques multispectrales, une prospection géophysique a été menée en complément sur une portion d'une parcelle expérimentale située près de Laon (site de Chambry). Une cartographie de la résistivité apparente des sols au moyen d'une méthode électromagnétique a été effectuée. Cette première approche a été complétée par la réalisation d'un panneau électrique 2D transversal afin d'obtenir une vision 3D de la couverture pédologique.

Le site d'étude

L'étude se situe dans les plaines du Laonnois dans le département de l'Aisne. Les plaines du Laonnois s'étendent dans un cadre géologique très varié. Cette diversité géologique, accentuée par l'action des phénomènes glaciaires quaternaires, est à l'origine d'une grande variabilité spatiale de la couverture pédologique, pouvant s'observer au sein même des parcelles agricoles. Les sols de la parcelle expérimentale sont développés dans un plaquage limono-argilo-sableux, reposant sur des substrats crayeux comportant localement des résidus de formations sableuses à passées gréseuses (Michot, 2003). Pour la comparaison des méthodes, le choix d'une microparcelle d'étude a été motivé par la juxtaposition de sols

développés sur un matériau de remaniement de la craie du Crétacé et de sols développés sur des grès ou sables du Campanien.

Matériels et méthodes

1. Prospection radiométrique mutispectrale CASI

Une prospection multispectrale a été réalisée sur la parcelle de Chambry le 08/04/2000 à 10h : 13 mm HTU (Heure en Temps Universel). Les données radiométriques ont été acquises selon 32 bandes spectrales s'échelonnant du visible au proche infrarouge (PIR). La résolution spatiale au sol des images de réflectance spectrale correspond à des pixels carrés de 2 m de côté.

2. Prospection électromagnétique

Les mesures de conductivité apparente ont été effectuées avec le conductivimètre EM38 en mode HCP. Lors de cette prospection 6400 mesures régulièrement réparties ont été effectuées. Une carte de résistivité apparente de la parcelle est ensuite obtenue après un ré-échantillonnage par la méthode du plus proche voisin (méthode de Thiessen) sur une grille d'un pas de 1 m et un filtrage par la médiane des données sur 5 nœuds de la grille.

3. Panneau électrique

Dans le but d'obtenir une vision 3D de la couverture pédologique et pour compléter l'information apportée par la carte de résistivité apparente horizontale, une étude 2D de la répartition verticale de la résistivité électrique des sols est réalisée par deux panneaux électriques de configuration dipôle-dipôle et Wenner. Les panneaux électriques recoupent par le milieu selon une direction N-NE/S-SW la carte de résistivité apparente obtenue avec le conductivimètre EM38 ainsi que les unités de sols développées dans la craie et dans les sables du Campanien.

4. Validation pédologique

Indépendamment de la prospection pédologique réalisée pour dresser la carte des sols de la parcelle, 8 sondages pédologiques ont été effectués à la tarière le long de la ligne d'implantation des électrodes des panneaux électriques.

Une analyse de la variabilité spatiale des unités cartographiques de sol (UCS) et du substrat géologique, déterminées sur 28 sondages pédologiques, est entreprise par un test de comparaison des moyennes (Test de Student) de la résistivité apparente ainsi que de la réflectance spectrale des sols dans le visible (bande B1) et le PIR (Bande B32) mesurées au même emplacement avec un intervalle de confiance présentant un risque d'erreur α de 5%.

Résultats et discussions

La cartographie de la résistivité apparente des terrains permet de mettre en évidence la variabilité spatiale des sols à l'échelle métrique (Figure 1). Les sections 2D de résistivité interprétées, obtenues au moyen de panneaux électriques multiélectrodes, décrivent en complément les variabilités horizontale et verticale des horizons. Le couplage des deux approches permet d'accéder à une représentation 3D de la couverture pédologique. Les limites entre les différents substrats géologiques et donc entre certaines unités de sols sont ainsi précisées. La carte des résistivités apparentes fournit une indication précieuse sur la nature et la profondeur de la couverture pédologique.

La comparaison des analyses discriminantes montre que les données de réflectance spectrale mesurées dans le visible se caractérisent par une plus faible capacité à différencier les unités de sols. Les mesures de réflectance dans le PIR offrent un pouvoir de discrimination des sols supérieur au visible mais égal à celui des mesures de résistivité apparente effectuées avec la méthode électromagnétique. En effet, les données de résistivité apparente ou de réflectance dans le PIR permettent de discerner un nombre identique de couple d'UCS.

Par télédétection multispectrale ou prospection électromagnétique, trois unités de sols sont significativement individualisées. Il s'agit : *i*) des CALCOSOLS profonds développés dans la craie en place ou remaniée ; *ii*) des CALCOSOLS assez caillouteux sur craie dure ; *iii*) des CALCO-MAGNESISOLS sur grès magnésien. La distinction des différents CALCOSOLS développés dans les nombreux faciès d'altération ou de remaniement de la craie est plus limitée par un manque de contraste de résistivité apparente ou de réflectance en surface de ces unités de sols.

Les analyses discriminantes et la comparaison visuelle des cartes de résistivité apparente et de réflectance spectrale (Figure 1) montrent que les mesures géophysiques et radiométriques présentent de larges similitudes avec toutefois des dissemblances. Ces dernières ont plusieurs raisons : (1) un échantillonnage irrégulier des sondages pédologiques de validation et orienté principalement dans les zones de forte variabilité des sols ; (2) une différence d'intégration spatiale de ces deux mesures physiques en terme de profondeur d'investigation ; (3) le type de transition pédologique pouvant se caractériser par une différence de localisation des limites du substrat géologique révélées par les mesures géophysiques et les limites de l'état de surface des sols observées par télédétection. La réflectance des sols mesurée dans le proche infrarouge montre un pouvoir de discrimination supérieur à celui obtenu dans le visible. C'est dans cette gamme de longueurs d'onde que l'on trouve les résultats cartographiques les plus similaires à ceux obtenus à l'aide de la méthode électromagnétique intégrant une seule profondeur d'investigation. Les dissemblances observées entre les cartes de résistivité apparente et de réflectance spectrale révèlent les zones de transition entre des unités de sol homogènes et précisent ainsi la notion de limite progressive dans l'espace.

Conclusion

Les acquisitions géophysiques au sol permettent une interprétation tridimensionnelle de la couverture pédologique supérieure à celle obtenue par télédétection et fournissent dans cette étude une résolution plus fine. Les prospections géophysiques au sol offrent une échelle d'investigation intermédiaire très pertinente, correspondant à une résolution plus large que celle de l'observation ponctuelle du pédologue cartographe et mieux à même de comprendre des variations perçues en télédétection à des résolutions spatiales plus grossières. Par contre, elles sont nécessairement réalisées sur des surfaces plus petites que par télédétection. D'où l'intérêt de travailler avec des méthodes de cartographies multi-échelles en analysant d'une part les prospections géophysiques en lien avec des informations ponctuelles sur les sols et d'autre part ces mêmes données géophysiques en lien avec les données de télédétection réalisées sur de grandes surfaces.

Référence bibliographique

Michot D., 2003. Intérêt de la géophysique de subsurface et de la télédétection multispectrale pour la cartographie des sols et le suivi de leur fonctionnement hydrique à l'échelle intraparcellaire, Thèse de l'Université Pierre et Marie-Curie – Paris VI, 394 p.

Parcelle Chambry 2



Résistivité apparente (ohm.m)

- 28.6 - 45.5
- 45.6 - 53.8
- 53.9 - 62.7
- 62.8 - 68.3
- 68.4 - 73.0
- 73.1 - 79.1
- 79.2 - 85.5
- 85.6 - 91.7
- 91.8 - 101.5
- > 101.5

× sondage pédologique

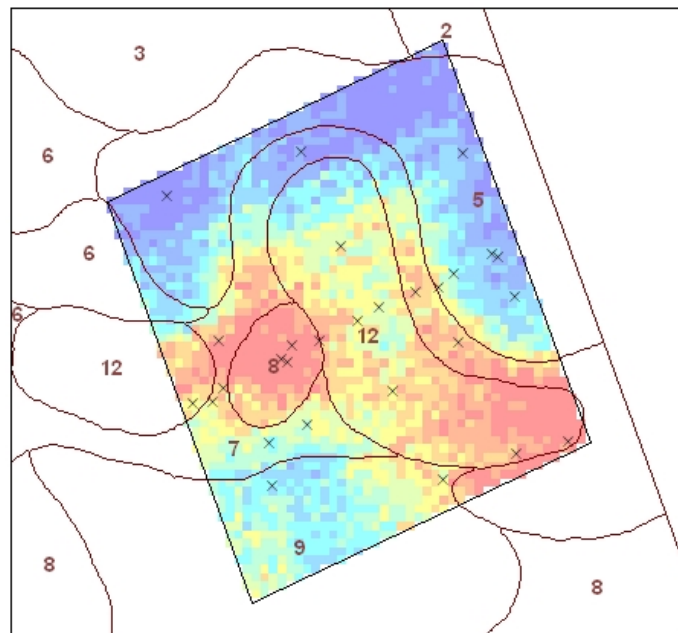
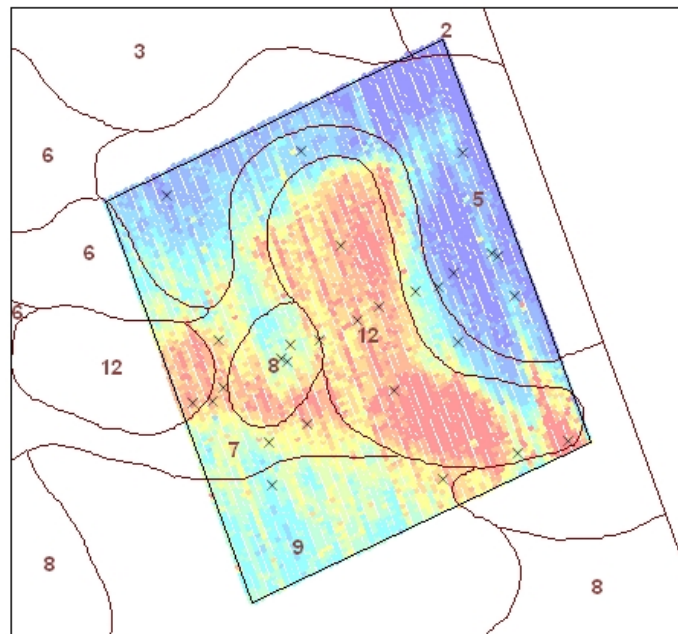
Contour d'UCS + numéro

- 2 NEOLUVISOLS limoneux sur matériau cryoturbe profond
- 3 complexe de CALCISOLS et de NEOLUVISOLS érodés sur matériau cryoturbe
- 5 complexe de CALCOSOLS sur craie, craie altérée et matériau cryoturbe
- 6 CALCOSOLS sur craie remaniée (type pâte calcaire)
- 7 CALCOSOLS sur craie sableuse et craie remaniée
- 8 CALCOSOLS assez caillouteux sur craie
- 9 CALCOSOLS peu caillouteux sur craie
- 12 CALCOMAGNESISOLS sur sable grésifié

Réflectance BI

- 0.053 - 0.061
- 0.062 - 0.066
- 0.067 - 0.070
- 0.071 - 0.073
- 0.074 - 0.077
- 0.078 - 0.079
- 0.080 - 0.082
- 0.083 - 0.085
- 0.086 - 0.089
- 0.090 - 0.107

× sondage pédologique



0 12.5 25 50 Mètres

Sortie du 05/12/2002

Figure 1 : Comparaison sur une portion de la parcelle d'étude de Chambry de la carte des résistivités apparentes mesurées avec le conductivimètre EM38 et de la carte de réflectance des sols obtenues dans le visible ($417,7 < \lambda(\text{nm}) < 428,7$)