

Calcul de la profondeur des vertisols de Guadeloupe à partir de la convexité de surface

P. Todoroff, P. Douard, P. Willems

CIRAD, Station de Roujol 97170 PETIT-BOURG Guadeloupe - FWI

pierre.todoroff@cirad.fr

RESUME

En Guadeloupe une grande partie de la sole cannière repose sur des vertisols développés sur un massif corallien exondé. Leur profondeur est extrêmement variable à courte distance. Or sa connaissance est essentielle pour gérer au mieux leur alimentation hydrique et ajuster les modèles de pilotage de la culture.

Nous avons développé une méthodologie moins consommatrice en main d'œuvre que les méthodes classiques pour cartographier l'hétérogénéité de l'épaisseur des vertisols à partir de l'analyse du relief de surface.

Elle repose sur l'hypothèse que la topographie du socle corallien sous-jacent a guidé la sédimentation des cendres volcaniques et l'érosion des argiles montmorillonitiques qui en sont issues. La profondeur du sol serait donc corrélée à la topographie de surface.

Nous avons effectué des mesures topographiques fines au tachéomètre sur des parcelles de canne, ainsi que des mesures de profondeur de sols avec des méthodes de référence (tarière et résistivité électriques). Nous avons calculé la convexité de la surface du sol en ces points et avons établi une relation linéaire entre profondeur et convexité de surface à la fois pour les zones convexes et les zones concaves.

Des mesures de validation montrent que cette relation présente une bonne précision (+/- 33 cm) qui pourra être améliorée par des mesures complémentaires et validée dans d'autres ensembles topographiques.

Mots clés : profondeur, hétérogénéité, vertisols, topographie, convexité.

INTRODUCTION

L'épaisseur du sol est un paramètre essentiel de la croissance des plantes car il conditionne pour une bonne part leur alimentation hydrique. C'est également un des éléments clé des outils que la recherche met au point pour l'amélioration de la production agricole (bilan hydrique, modèles de croissance, etc.).

L'optimisation de la gestion des parcelles passe notamment par le recours à ces outils d'aide à la décision. Mais pour obtenir des résultats réalistes et fiables, il est nécessaire de renseigner ceux-ci avec des données aussi précises que possibles. La connaissance de la profondeur du sol et de ses variations est alors cruciale.

En Guadeloupe, la majeure partie des parcelles agricoles de Grande-Terre et de Marie-Galante repose sur des vertisols.

Ces sols, du fait de leur origine géologique, présentent une variabilité de leur profondeur très forte à courte distance (échelle du mètre).

Un certain nombre de techniques existent déjà pour déterminer cette profondeur mais elles sont souvent très consommatrices en main d'œuvre (sondages à la tarière, sondages électriques,...).

Nous proposons dans cet article une approche originale de la profondeur des vertisols de Guadeloupe basée sur l'analyse de la convexité de surface. Nous faisons en effet l'hypothèse

que les variations d'altitude de la surface du sol sont révélatrices de la proximité du socle corallien sous-jacent.

Nous présentons les différentes mesures effectuées (altitude et profondeur de sol) ainsi que le modèle statistique obtenu reliant la convexité de surface et la profondeur de sol.

MATERIEL ET METHODES

Les vertisols de Guadeloupe

La Grande-Terre et Marie-Galante sont issues de l'exondation de massifs coralliens due à la subduction de la plaque nord américaine sous la plaque caraïbe. Ces massifs ont ensuite été comblés par les dépôts sédimentaires argileux liés à l'activité volcanique de la zone (figure 1). Il en résulte ainsi un relief beaucoup plus doux que celui du socle calcaire sous-jacent constitué de successions de récifs verticaux.

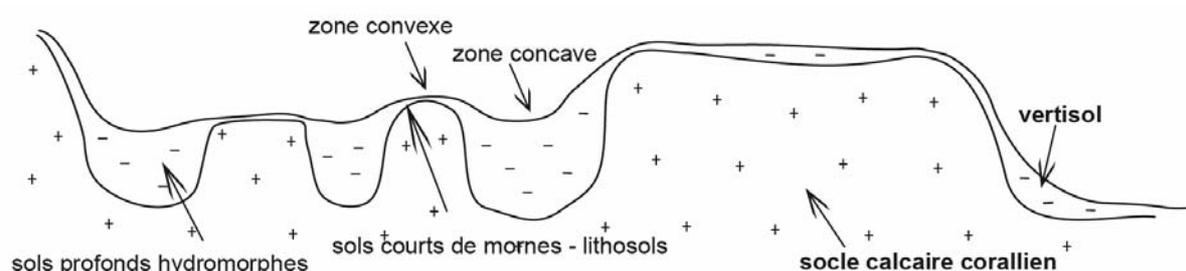


Figure 1 : exemple de séquence de vertisols de Guadeloupe

Les fluctuations d'humidité du sol en climat tropical à saison sèche marquée ont alors fait évoluer les sédiments en argiles gonflantes (apparition de fentes de retrait au sein des massifs argileux lors des épisodes de déficit hydrique) de type montmorillonites, constituant ainsi des vertisols.

Ceux-ci sont présents sous deux grands types distribués spatialement en séquences courtes (de 10 à 200m) :

- des sols courts (20-40cm, ou lithosols) de mornes, riches en calcaire du fait de la proximité du substrat corallien. La faible profondeur de ces sols limite fortement leur capacité à stocker l'eau.
- des sols profonds (jusqu'à 5m) hydromorphes de vallées. Ils peuvent présenter en profondeur un horizon imperméable compact source d'engorgement temporaire des horizons supérieurs.

Une parcelle cultivée repose donc sur un sol présentant des variations aléatoires et intermédiaires entre ces 2 cas extrêmes.

Notre hypothèse consiste à supposer que les faibles variations d'altitude observables en surface sont révélatrices de la proximité des édifices récifaux sous-jacents.

Les sites de mesure

Nous avons choisi comme site expérimental 3 parcelles contiguës de canne à sucre de l'exploitation de Gardel S.A., d'une surface de 6.5 ha chacune, situées au sud de la Grande-Terre et présentant des variations de relief représentatives de la région.

Les mesures ont été effectuées quelques semaines après la récolte de la culture afin de disposer d'un accès aisé au terrain.

Les mesures centimétriques d'altitude

Notre objectif est d'obtenir un jeu de données XYZ (longitude, latitude, altitude) représentatif du relief des parcelles.

Nous avons opté pour des mesures par tachéomètre (combinaison d'un théodolite et d'un distance-mètre) qui permet d'accéder à des précisions de l'ordre de +/- 2 mm en Z. Nous avons effectué une mesure tous les 10 m (Douard, 2006 ; Willems, 2007).

Les mesures de profondeur du sol par résistivité électrique

Cette méthode utilisée couramment en géophysique a été adaptée au cas des vertisols de Guadeloupe (Cabidoche, 1985) et permet de définir la distribution des matériaux constitutifs des sols grâce à leur contraste de résistivité : 3 Ωm pour l'argile gonflante contre 15 Ωm pour le calcaire.

La mesure de résistivité ρ d'une couche du sol est obtenue en implantant 4 électrodes alignées (voir fig. 2) et en faisant passer un courant via les électrodes extrêmes ; les électrodes centrales interceptent les lignes de courant considérées comme étant les surfaces équipotentielles à des plans parallèles et mesurent leur potentiel.

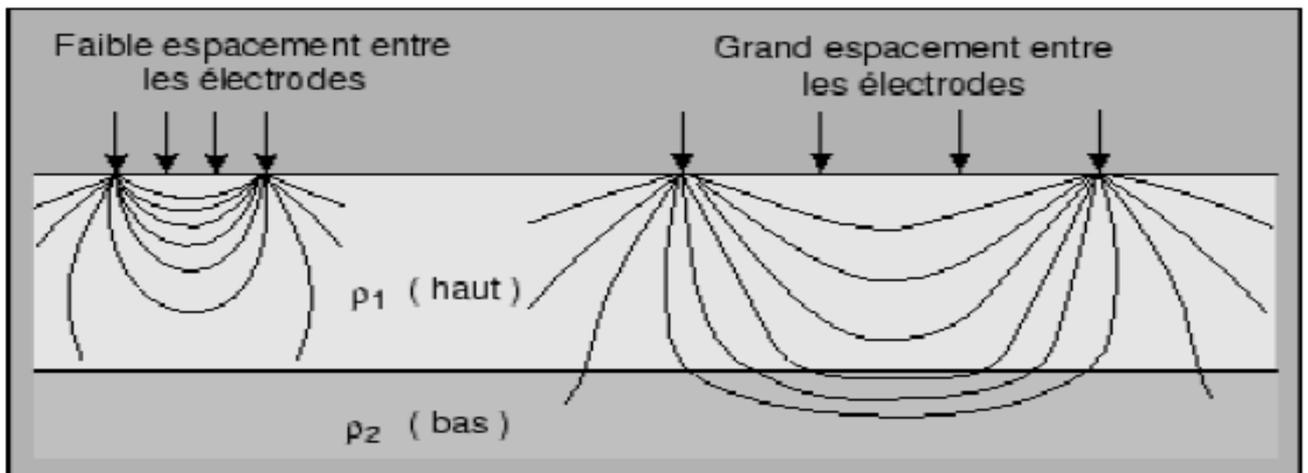


Figure 2 : principe des mesures de résistivité avec 4 électrodes

Dans le cas où l'écartement a entre les électrodes est constant, nous avons $\rho = 2\pi \cdot a \cdot R$. Sur le terrain, on utilise un ohm-mètre (figure 3) qui permet de mesurer la résistance R .



Figure 3 : résistivimètre

Dans le cas de la superposition de deux couches horizontales de résistivités différentes ρ_1 et ρ_2 , on mesure une résistivité globale ρ qui tend vers ρ_1 quand a tend vers 0 et ρ_2 quand a tend vers l'infini.

Une relation empirique entre la résistivité ρ et la profondeur de sol z (en m) a été déterminée par Cabidoche (1985) pour un écartement a de 2 m :

$$z = 2 - 0,74 \ln(\rho - 3)$$

Les mesures sont à effectuer en saison humide, lorsque le sol contient suffisamment d'électrolyte (eau) nécessaire à la conduction du courant électrique.

Nous avons ainsi pu effectuer des mesures de résistivité uniquement sur une des parcelles d'étude (Catsidonis, 2004).

Les mesures de profondeur de sol sur les autres parcelles ont dû être effectuées par sondages à la tarière.



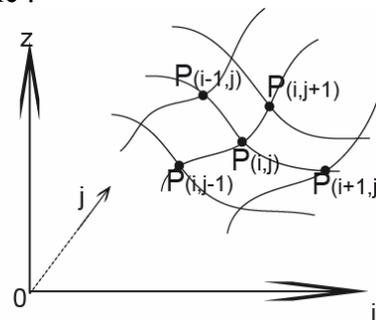
Figure 4 : sondage à la tarière

RESULTATS

Pour vérifier notre hypothèse, nous avons traduit les variations d'altitude des parcelles en valeurs de convexité C_x selon la formule :

$$C_{N-S(i,j)} = \frac{z_{(i,j)} - \frac{(z_{(i,j-1)} - z_{(i,j+1)})}{2}}{\text{distance}(P_{(i,j-1)}, P_{(i,j+1)})}$$

$$C_{E-W(i,j)} = \frac{z_{(i,j)} - \frac{(z_{(i-1,j)} - z_{(i+1,j)})}{2}}{\text{distance}(P_{(i-1,j)}, P_{(i+1,j)})}$$



$$C_{x(i,j)} = \frac{C_{N-S(i,j)} + C_{E-W(i,j)}}{2}$$

Chacune des mesures d'altitude et de profondeur étant géoréférencée (localisée précisément en longitude et latitude), nous avons fait correspondre les couples de valeur convexité - profondeur pour chacun des points de mesure de profondeur.

Nous avons obtenu deux relations statistiques distinctes (figure 5) suivant que la zone présente un relief concave ou un relief convexe.

Zones concaves : $Z = -71.47 C_x + 0.25$ +/- 0.33m

Zones convexes : $Z = -9.01 C_x + 0.37$ +/- 0.12m

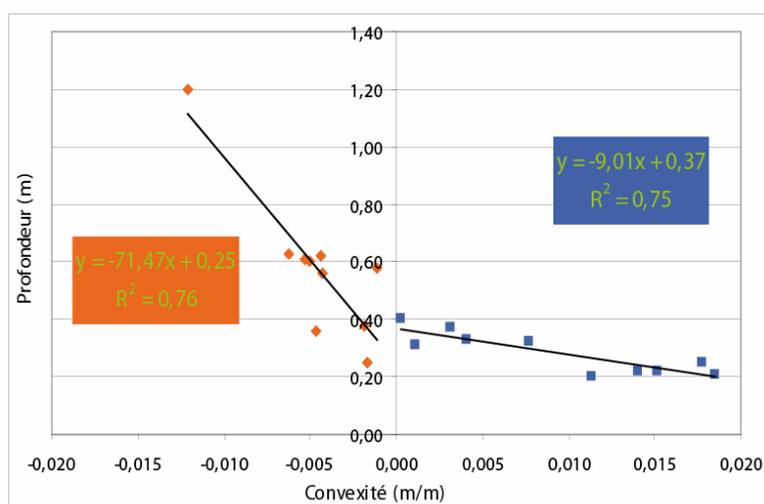


Figure 5 : relation statistique entre convexité de surface et profondeur

Cette relation permet donc de déterminer la profondeur des vertisols à partir de la mesure des variations d'altitude de la zone considérée.

CONCLUSION

La méthode proposée permet un gain de temps et de main d'œuvre considérable pour cartographier la profondeur des vertisols. La précision est très satisfaisante ; des mesures supplémentaires devraient l'améliorer, notamment dans les zones de faible convexité.

Une étude complémentaire est nécessaire afin de valider le modèle à une échelle plus large (bassin de production) et à d'autres types de topographies.

BIBLIOGRAPHIE

Cabidoche, Y.M. (1985). Distribution des sols à argiles gonflantes sur calcaires récifaux (zone Caraïbe) – Utilisation de mesures de résistivité électrique. Sol et eau, actes du séminaire de la Havane, 8-20 avril 1985. 32p.

Catsidonis, S. (2004). Utilisation de données de terrain pour estimer les paramètres du rendement lors de la croissance et au moment de la récolte de la canne à sucre en Guadeloupe, à la Réunion et à Maurice. Rapport d'activité de VCAT du 1er novembre 2003 au 31 décembre 2004, 38 pp.

Douard, P. (2006). Evaluation de méthodes d'estimation de l'épaisseur d'un vertisol en Guadeloupe. Rapport de stage de Master 2 « Sigma », INP-ENSAT, 45 p.

Willems, P. (2007). Cartographie de l'épaisseur des vertisols de Guadeloupe par topographie. Rapport de stage de Master 2 « Géorisques », univ. Montpellier II., 36 p.