

Jean-Luc PORTALIER <sup>1</sup>  
Jean-Pierre LEMOINE <sup>2</sup>

<sup>1</sup> SADEF-Pôle de Suze,  
Espace Médocis,  
26790 Suze-la-Rousse  
E-mail : jl.portalier@laco-credo.com  
Site Web : www.sadef.fr

<sup>2</sup> JOHN DEERE AGRISERVICES  
Espace Médocis  
26790 Suze-la-Rousse  
E-mail : LemoineJean-Pierre@JohnDeere.com  
Site Web : www.soilinformationssystem.com

Avec la collaboration technique  
de John-Deere AgriServices

# Systeme d'Information des Sols (SIS) : Un outil innovant pour appréhender la variabilité intra parcellaire Soil Information System : a new tool to assess vineyard variability



**RÉSUMÉ :** Le Système d'Information des Sols, permet en deux passages, de cartographier plusieurs paramètres du sol en temps réel. En premier lieu, un quad équipé d'un système GPS de précision centimétrique va recueillir les informations topographiques de la zone. A l'arrière du Quad, un caisson doté d'un conductivimètre est capable de mesurer en même temps la conductivité à l'horizontale et à la verticale. Cette mesure donne une carte de variation des sols. Cette carte va être directement exploitée pour la seconde phase où entre en action un tracteur équipé d'une sonde pédologique qui va explorer le sol aux points désignés par le logiciel. Le traitement des données des capteurs de la sonde permet la réalisation de cartes en 3 dimensions des caractéristiques physiques des sols (Pourcentages d'argile, de limon et de sable, capacité de rétention en eau, compaction etc...), à des profondeurs différentes, jusqu'à 1m40. Les cartes sont consultables via un site Web ou bien sous forme de fichiers SIG.

**MOTS-CLÉS :** Cartographie, GPS, Conductivité, Sonde pédologique, SIG.

**ABSTRACT :** Soil Information System (SIS) is a new service provided by John Deere Agri Services. It is aimed at providing detailed information about the physical characteristics of soils. The area to be mapped is surveyed at first with an EM device, which measures the bulk EM conductivity of the soils; very precise topographic information is obtained through the use of GPS and Deere's RTK technology. Different soil units are identified, and a unique software determines where to probe the soils. A probe is then used, with sensors for compaction, friction, resistivity and moisture. The probe can go down to 140 cm in less than 3 minutes, and provides information which is converted into soil maps for : Texture (clay, silt, sand percentages), Compaction, Water budget of the plants; plant available water, wilting point, etc...

In addition to the topographic data which is provided, and through its web based delivery service, SIS is a very powerful tool for : Land evaluation and GIS database Optimized choice of soil chemistry samples, Variable depth ripping, Irrigation design and management, Vineyard/orchard root selection, "Digital terroir" blocks definition for selective planting, management and harvesting.

**KEY WORDS :** Cartography, GPS, Conductivity, Pedological probe, GIS.



Figure 1 : Le quad équipé du système GPS et du capteur de conductivité qui génère la carte de conductivité pour la détermination des points de sondages.



Figure 2 : Le tracteur en position pour la réalisation d'un sondage.



Figure 3 : L'extrémité de la sonde avec les différents capteurs.

## INTRODUCTION

La nouvelle division de John Deere, "John Deere AgriServices" propose à présent en Europe un nouvel outil qui facilite la caractérisation de la variabilité intraparcellaire par la réalisation d'une cartographie des sols en temps réel. Suite à un accord avec "John Deere AgriServices", la SADEF (Société Alsacienne pour le Développement des Fertilisants), basée à Aspach-le-Bas dans le Haut-Rhin, s'est vue attribuer la concession au niveau européen de cette technologie innovante dédiée à l'agriculture de précision.

## UNE ALTERNATIVE À LA CARTOGRAPHIE TRADITIONNELLE À HAUTE RÉOLUTION

Le SIS propose une alternative aux méthodes traditionnelles de cartographie des sols à haute résolution, qui demandent de lourds travaux de creusement de fosses pédologiques au tractopelle, ou la réalisation de très nombreux sondages à la tarière.

Le système (opérationnel aux Etats-Unis depuis 1999) est particulièrement adapté à l'étude des variabilités du sol à l'échelle intra parcellaire.

Ce système se propose, dans un premier temps, grâce à un capteur de conductivité tracté derrière un quad, de faire un constat des variations au sein d'une unité culturale en réalisant un passage environ tous les dix mètres. Le quad enregistre sa position et se guide à l'aide d'un système GPS utilisant une balise de référence (Système STARFIRE® développé par John Deere). Ce système GPS utilise un système radio de correction de localisation du type RTK (Real-Time Kinematic), des corrections de mesures de phases sont calculées par la balise de référence puis émises vers le mobile.

Un bref rappel sur la conductivité, par définition, c'est la capacité des matériaux à transmettre des charges électriques. L'unité de mesure est le siemens/mètre dans le cas du SIS le Dual-EM que nous utilisons exprime ces mesures en milisiemens/mètre. A l'une des extrémités nous avons un émetteur et à l'autre un récepteur. La mesure que nous enregistrons correspond à la moyenne observée sur la profondeur explorée (1 mètre en standard, 2 mètres sur demande). L'avantage de la mesure de conductivité électromagnétique par rapport à la résistivité est de s'affranchir d'un contact direct avec le sol, vu que l'on utilise l'induction électromagnétique.

Le Dual-EM a également une autre particularité : celle d'enregistrer aussi bien la conductivité verticale que horizontale. Dans le sol cette mesure est influencée par l'état hydrique du sol, la salinité, le contenu en matière organique, la texture du sol, les métaux.

Ce premier travail, au vu du nombre de facteurs influençant cette mesure et même s'il reste très utile pour comprendre les variations du sol au sein d'une parcelle, se doit d'être complété par des informations en provenance d'autres capteurs.

En plus de la conductivité, les résultats du GPS, une fois dépouillés, permettront d'accéder à toutes les

informations topographiques de la parcelle.

Dans un deuxième temps, un programme informatique (utilisant des algorithmes mathématiques) installé sur un ordinateur embarqué sur un micro-tracteur va traiter, en quelques minutes, les données issues de la mesure de la conductivité et de la topographie, afin de réaliser un premier zonage qui va déterminer l'emplacement des points de sondage.

## EXPLORER LE SOL EN CINQ MINUTES

Les points de sondage une fois définis, une sonde multi-capteurs va alors explorer jusqu'à 1,40 mètres de profondeur le sol de la parcelle. Un sondage ne prend pas plus de cinq minutes.

Le microtracteur, doté d'un système hydraulique installé sur l'attelage trois points, se positionne lui aussi grâce à un système GPS à l'endroit désigné par le programme. La sonde en pénétrant dans le sol (elle est reliée à une jauge de profondeur) va tout d'abord enregistrer la pression sur l'extrémité qui donnera une information sur la compaction du sol, et ensuite, sur les dix premiers centimètres, un autre capteur va se charger d'enregistrer la friction, puis un peu plus haut sur la sonde, ce sont l'humidité des sols et la résistivité qui seront enregistrées.

La sonde du SIS utilise des modulations de fréquences de résonance pour mesurer les changements des propriétés diélectriques au sein de la matrice des sols et de l'eau des pores en particulier. Le changement de fréquence observé est corrélé avec l'humidité présente dans le sol, qui est exprimé en pourcentage de volume.

La sonde mesure également la résistivité au point de sondage, vu que dans l'étape précédente nous avons mesuré la conductivité (avec le quad), nous avons des données similaires, mais opposées (la conductivité est l'inverse de la résistivité), ce qui va aider à corréler les mesures de surface avec celles relevées en sous-sols. Toutes ses mesures sont ensuite traduites sous forme de cartes : de compaction des sols, et d'humidité des sols.

Mais la sonde permet d'aller au-delà, car le rapport entre la pression à l'extrémité et la friction (corrélé avec les autres mesures) permet d'obtenir à l'aide de calculs spécifiques, qui tiennent compte de la force de pénétration et de la cohésion des sols, des valeurs en pourcentage des différentes fractions que l'on rencontre dans le triangle des textures : argiles, sables, limons.

A partir de cette connaissance de la texture et en utilisant entre autres le modèle de Saxton, il est possible de dresser des cartes du point de flétrissement, de la capacité au champs et de saturation d'un sol et connaître de façon approfondie son comportement hydrique et plus seulement son humidité à un instant t.

Le SIS étant un outil en constant développement à la fin du mois de mars 2006, la sonde de génération III entrera en phase d'exploitation, et apportera une

information supplémentaire de taille : la couleur des sols. En effet, la couleur apportera une connaissance encore plus précise dans la description des horizons, notamment du point de vue de leurs contenus en matières organiques.

## DES DONNÉES DIRECTEMENT EXPLOITABLES

Un des avantages de la méthode SIS est qu'il suffit de deux opérations pour que le client dispose d'informations topographiques et pédologiques géoréférencées. Ces deux opérations se réalisent l'un derrière l'autre sans obligation de passage au laboratoire pour un dépouillement des données. Après 3 semaines de traitement des données finales, il est possible de consulter en ligne les cartes traduisant clairement les infos acquises sur le terrain par les capteurs.

Le travail du quad permet d'accéder aux cartes suivantes : limite des parcelles, courbes de niveau, circulation des eaux superficielles, conductivité électromagnétique, pentes, altitude, exposition, radiation solaire globale, indice d'humidité, concavité et convexité du profil

Le travail du tracteur permet d'obtenir par exemple pour les différents horizons : des cartes de texture, d'humidité, de compaction, de la résistivité, du point de flétrissement, de capacité au champ, de saturation en eau, de position des horizons, de l'épaisseur des horizons.

Et ce grâce à un site qui propose un SIG (Système d'Information Géographique : outil informatique gérant l'information géographique, comme s'il s'agissait de couches de calques) dédié.

Le support papier n'est pas non plus écarté, avec la génération au format pdf de toutes les cartes. Enfin, en fonction du type de logiciel utilisé par l'exploitant, celui-ci pourra réaliser des croisements de données au sein du système d'information géographique qu'il utilise. Des cartes issues d'autre engins, de récolte en particulier, pourront être ainsi mises en perspective.

## Bibliographie

American Society of Agricultural Engineers (ASAE) Standards., 1999a. Soil cone penetrometer. pp. 832-833. *Agric. Engr. Yearbook. ASAE Standard : ASAE 313.3 February. Am. Soc. Agric. Engr., St. Joseph, MI.*

American Society for Testing and Materials, 1995. *ASTM standard D5778-95.*

*Standard test method for performing electric friction cone and piezocone penetration testing of soils.*

Bastet G., Bruand A., Quétin P. & Cousin I., 1998. Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à l'aide de fonction de pédotransfert (FPT) : Une analyse bibliographique. *Etude et Gestion des Sols* (5), 24 p.

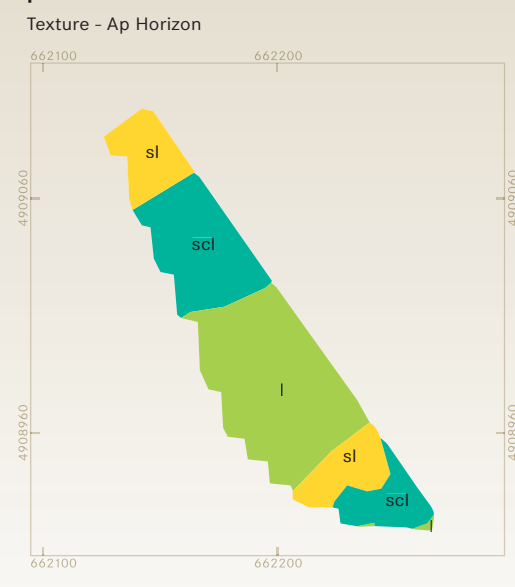
## DES ANALYSES CHIMIQUES OPTIMISÉES

Une analyse est dépendante de l'échantillon sur laquelle elle a été réalisée. Le système SIS, réalise un tri en entonnoir qui permet de réaliser un résumé fiable des variabilités au sein de la parcelle. En plus de la mesure de la conductivité qui a permis de réaliser un premier zonage, l'analyse in situ des profils obtenus par la sonde multi-capteurs permet de déterminer rapidement les points les plus représentatifs de la réalité des sols de la parcelle, afin de réaliser des analyses chimiques traditionnelles.

Au niveau des perspectives de développement John Deere AgriServices envisage de monter la sonde sur un tracteur enjambeur pour améliorer le rendement de la machine, et s'affranchir des problèmes liés à la largeur des rangs.

Les premiers clients de cette technologie viennent de divers horizons : viticulture, arboriculture, aménagement. Ce qui prouve l'intérêt qu'elle suscite.

Figure 4 : Un exemple de carte réalisée par le SIS : carte de texture



Rooney DJ. & Lowery B., 2000. A profile cone penetrometer for mapping soil horizons. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 : 2136-2139.

Rooney DJ., Lieberman SH., Norman J.M. & Scarpace F.L., 2000. Imaging the color characteristic of the soil environment. *Proc. Amer. Soc. Photogrammetry and Remote Sensing. May.* Washington, D.C.

Rooney DJ., Stelford M. & Landolt D., 2001. Specific Soil Compaction Mapping Using a Digital Penetrometer. *Site-Specific Management Guidelines.* Potash and Phosphate Institute, Canada.