

Comment les déc

Plusieurs techniques existent pour caractériser la variabilité d'un sol : l'échantillonnage systématique, la résistivité électrique, la compilation de différentes sources d'informations (les cartes de rendement, les images satellites). Mais l'expérience de l'agriculteur reste le meilleur moyen de réaliser un diagnostic fiable à moindre coût.

Caroline Desbourdes
c.desbourdes@arvalisinstitutduvegetal.fr
François Piraux
f.piraux@arvalisinstitutduvegetal.fr
Benoît De Solan
b.desolan@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS – Institut du végétal

Le prélèvement systématique, fiable mais cher

Réaliser des analyses physico-chimiques selon un maillage régulier donne un bon aperçu de l'hétérogénéité d'un sol. Mais à quel prix ? Combien de prélèvements par hectare sont nécessaires ?

Douze parcelles situées dans des conditions agro-climatiques variées ont été caractérisées précisément. Les mesures ont été effectuées avec une densité de 10 points par hectare. Les variables étudiées sont : la teneur en argile (%), la teneur en matière organique (%), le pH eau, la teneur en P_2O_5 Olsen (ppm), la teneur en P_2O_5 JH (%), la teneur en K échangeable, la teneur en Mg échangeable et la profondeur de sol (m). Une étude par simulations a été réalisée sur ces données afin de déterminer la précision que l'on pouvait attendre dans la reconstitution de la variabilité d'une parcelle en fonction du nombre de points/ha. La part de la variabilité expliquée au moyen des données observées est traduite par l'efficacité de prédiction. Une efficacité de 100 % signifie que l'on arrive à caractériser parfaitement la variabilité

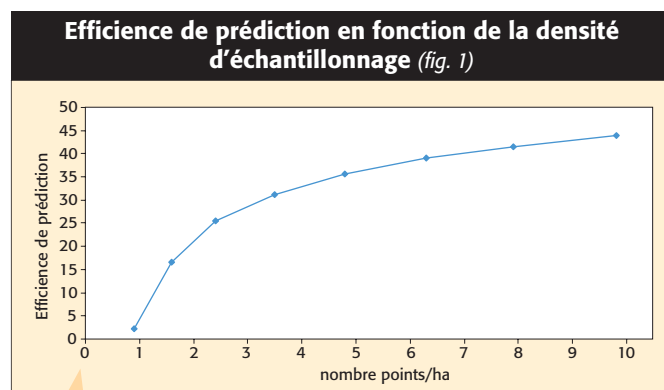
de la parcelle. Une efficacité de 0 % signifie que l'on n'est pas arrivé à estimer l'hétérogénéité de la parcelle. Dans ce cas, l'erreur commise est aussi grande que si l'on caractérisait la parcelle par sa moyenne. Une efficacité négative signifie que l'erreur commise en cherchant à décrire la variabilité de la par-

celle est plus importante que si on considérait la parcelle comme homogène (figure 1).

Pas plus de cinq prélèvements par hectare

La précision augmente rapidement pour les faibles densités d'échantillonnage. Cette augmentation devient ensuite de plus en plus faible quand la densité d'échantillons augmente. Sur l'ensemble des variables testées, une densité d'échantillonnage inférieure à 1 point/hectare est insuffisan-

Réaliser un minimum de cinq analyses de terre par hectare donne un bon aperçu de la variabilité d'un sol.



1 point/ha est insuffisant. Il n'est pas justifié d'aller au-delà de 5 points/ha, le gain de précision attendu ne justifie pas l'augmentation du coût d'échantillonnage.

Depuis de longues années, des travaux de recherche sondent le sol pour mieux mesurer toutes ses caractéristiques.



© C. Desbourdes, ARVALIS-Institut du végétal

eler ?

La résistivité oriente les prélèvements

Le coût élevé de l'approche par grille d'échantillonnage systématique a favorisé l'intérêt pour des méthodes indirectes de caractérisation de la variabilité intra-parcellaire telle que la résistivité.



Des échantillons de sol sont prélevés par carottage.

© C. Desbordes, ARVALIS-Institut du végétal

te pour cartographier une parcelle. Dans ce cas, l'efficacité est inférieure à 5 %. Les cartes réalisées avec une telle densité de point auront, en moyenne, un niveau de précision proche de celui que l'on aurait en considérant que la parcelle est homogène. Lorsque l'on passe de 5 points/ha à 10 points/ha, la valeur de l'efficacité passe d'environ 35 % à 45 %. Cette augmentation semble faible au regard du surcoût engendré par le doublement de la densité d'échantillonnage. En conclusion, il apparaît nécessaire de réaliser au minimum 5 points/ha. Compte tenu du coût engendré par les analyses et par les prélèvements de sol, cette technique n'est pas recommandée. ■

La résistivité consiste à envoyer un courant électrique qui va être modifié par les caractéristiques du sol (porosité, teneur en eau,...). Cette technique permet d'établir une cartographie qui orientera les prélèvements pour analyse. La question qui se pose alors est le lien qui existe entre la carte de résistivité et les principales variables d'intérêt agronomi-

que. Sur un réseau de dix parcelles, nous avons vérifié l'intensité de ce lien.

Fiable pour la teneur en argile et la profondeur d'un sol

La résistivité électrique du sol est généralement peu corrélée avec le pH et les éléments chimiques, alors qu'elle présente plus souvent des corrélations élevées avec la

teneur en argile et la profondeur du sol (tableau 1). Il faut cependant noter que pour cinq parcelles sur neuf, les corrélations entre ces deux variables et la résistivité peuvent être qualifiées de faible.

▶ La résistivité ne donne pas toujours une bonne image de la variabilité des éléments chimiques.

Corrélation entre les différentes variables agronomiques et le log de la résistivité (tab. 1)

Lieu	Mons (80)	Baziège (31)	Boigneville (91)	Jaillère (44)	Magneraud (17)	Ouzouer (41)	Troyes (10)	Ebersheim (67)	Witternheim (67)
Argile %	■	■		■			■		
Prof cm		■	■				■		■
MO %				■	■				
pH eau		■							
P ₂ O ₅ Olsen									
P ₂ O ₅ JH			■	■					
K éch %									
Mg éch %			■	■					

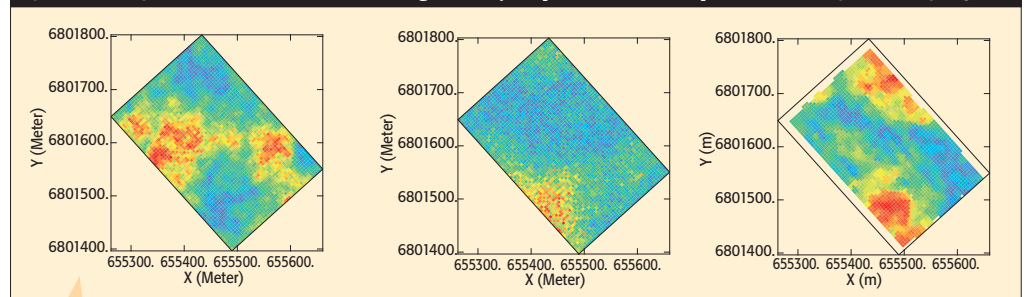
■ | r | < 0,7

■ 0,5 < | r | < 0,7

Les corrélations inférieures à [0,5] sont jugées faibles, celles comprises entre [0,5] et [0,7] sont jugées moyennes et celles supérieures à [0,7] sont jugées élevées.

Le plus souvent, la résistivité du sol présente une corrélation avec la teneur en argile et la profondeur du sol.

Représentation cartographique de la profondeur (à gauche), du potassium échangeable (au milieu) et de la résistivité enregistrée jusqu'à 50 cm de profondeur (à droite) (fig. 2)



Les zones observées sur la cartographie de profondeur et de résistivité sont cohérentes. Par contre, les cartes de K échangeable et de résistivité présentent une faible corrélation.

Si la résistivité du sol présente un intérêt pour caractériser la variabilité intra-parcellaire, cet intérêt pourra s'avérer faible pour certaines variables sur certaines parcelles. Plus le nombre de références acquises dans un contexte pédo-climatique sera important, plus l'interprétation de ces cartes et les liens avec certaines variables sera facilitée.

Dans la plupart des cas, si la corrélation entre la résistivité électrique et les variables d'intérêt est faible sur la voie 1 (0 - 50 cm de profondeur), elle le sera également sur la voie 2 (0 - 100 cm de profondeur). ■



© INRA

▲ **Mesurer la résistivité électrique d'un sol apporte une première idée de ses caractéristiques, mais sa précision dépend beaucoup des parcelles.**



© INRA

Superposer des cartes, mais sélectionner les données

La dernière méthode pour caractériser l'hétérogénéité d'un sol consiste à compiler différentes sources d'informations historiques telles que des cartes de rendement ou des images satellites.

Nous avons fait le test sur la totalité d'une exploitation agricole de Beauce présentant des niveaux différents de variabilité. Nous disposons des cartes de rendement depuis 2000 et de deux images satellites acquises le 31-08-2000 et le 22-02-2003.

Dans un premier temps, nous avons utilisé l'ensemble des données disponibles. Dans un second temps, nous avons sélectionné les images présentant un coefficient de corrélation élevé. Dans ces deux cas, quel que soit le niveau de variabilité des parcelles, les informations utilisées ne permettent pas d'obtenir un zonage représentatif des caractéristiques pérennes de la parcelle.

La cartographie de rendement donne une idée de la

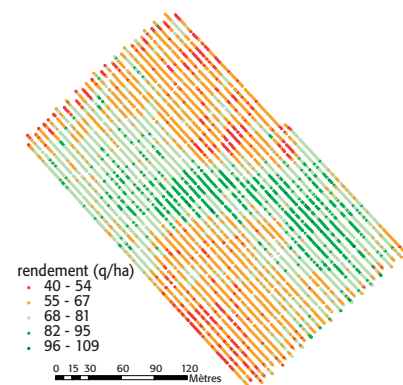
variabilité annuelle et non du sol lui-même. Elle dépend des conditions climatiques et sanitaires de la parcelle.

▶ Limite de la méthode : le choix des données.

En sélectionnant visuellement les informations révélatrices d'une variabilité interannuelle, les résultats divergent. Pour les parcelles les plus hétérogènes, le zonage obtenu donne un bon aperçu des sols superficiels (< 50 cm de profondeur). En revanche, pour les parcelles moins variables (peu, voire pas de sols superficiels), le zonage n'est pas concluant (figure 3).

En résumé, cette méthode utilisant des données historiques et les connaissances de l'agriculteur met en évidence les zones les moins producti-

ves, correspondant aux sols superficiels. Il semble difficile d'établir plus de deux classes dans le zonage. De nombreux facteurs déterminent le rendement, ce qui explique les limites de cette méthode. ■



La carte de rendement ne suffit pas pour caractériser un sol.

Zonages de sol obtenu par superposition de divers types d'information (cartes de rendement et images satellites) sur une parcelle bien structurée (fig. 3)



a) cartographie utilisée comme référence ; b) zonage obtenu en utilisant l'ensemble des informations disponibles (6 cartes de rendement et 2 images satellites) ; c) zonage obtenu en choisissant les informations (carte de rendement de 2005 et les deux images satellites).

Le zonage obtenu permet de différencier les sols superficiels (< 50 cm). La cartographie de rendement d'une parcelle est un moyen de mettre en évidence une variabilité du milieu. Cependant, elle ne peut en aucun cas servir seule à la prise de décisions pour la conduite des cultures.

L'Homme : le meilleur capteur !

L'agriculteur est aujourd'hui et certainement encore pour longtemps le meilleur « capteur » pour appréhender la variabilité du milieu. Depuis longtemps, ses observations lui permettent d'adapter ses pratiques. Cependant, cette connaissance du milieu présente des limites. Les connaissances historiques sont souvent négligées. Le temps que les exploitants peuvent consacrer à l'observation des parcelles diminue avec l'augmentation des surfaces. Or, le temps nécessaire aux observations pour une conduite précise des parcelles est de plus en plus important.