

Diagnostiquer

4 Deux méthodes pour observer la structure du sol

Le diagnostic de la structure du sol vise à déterminer si un travail profond est nécessaire ou non. Différents procédés existent, le profil cultural et la méthode de Peerkamp étant les plus répandus. Si la première est pratiquée depuis de nombreuses années en France, certains lui préfèrent la seconde, plus rapide et plus accessible.

Le travail profond est une opération coûteuse en charges de mécanisation, fuel et temps de travail. Elle n'est à entreprendre que si nécessaire. Pour se décider, le meilleur moyen consiste à analyser la structure du sol pour évaluer l'état physique de ce dernier, via un diagnostic. Lorsqu'il est réalisé sur environ 40 cm à une période où le sol peut être travaillé en profondeur, il aide à contrôler l'état du sol avant l'implantation d'une culture, à déterminer la profondeur de travail adaptée ou à vérifier la qualité du travail réalisé par un outil de travail du sol. Et il peut fournir une explication *a posteriori* du comportement d'une culture, ou des accidents survenus dans une parcelle. Diagnostiquer la structure de chaque parcelle est d'autant plus pertinent en cas de non labour. Réalisé sur une profondeur de plus d'un mètre (si possible), le profil permet d'évaluer les potentialités agronomiques du sol en identifiant les obstacles à l'enracinement et les conditions de croissance des cultures (horizon compact, roche, hydromorphie...). Il sert à déterminer le volume de sol exploré par les racines de manière à évaluer au mieux la quantité d'eau et d'éléments minéraux disponibles pour les plantes.

Choisir une zone représentative

Plusieurs méthodes permettent actuellement d'appréhender la struc-

ture du sol : celle du profil cultural et celle de Peerkamp sont les plus pertinentes. La première est utilisée en France depuis de nombreuses années (1). Elle s'appuie sur l'analyse d'une seule fosse. Il est donc essentiel de se placer dans une zone représentative de la parcelle. La fosse doit être creusée perpendiculairement au sens du travail du sol et avoir une largeur suffisante pour englober les zones tassées et non tassées. Un minimum de 1,5 à 2 m est requis. Une profondeur de 40-50 cm convient si le profil cultural vise à étudier l'état du sol dans les horizons anthropiques. En revanche, s'il s'agit de connaître le volume de sol exploré par les ra-



Vu son coût, le décompactage est à réserver aux sols effectivement tassés.

cines, il peut être utile de creuser plus profondément.

Un profil cultural étant rarement homogène, il faut dans un premier temps l'appréhender dans sa globalité. Cela signifie apprécier la consistance de la terre, sa texture, sa couleur, son humidité, la présence de cailloux, de galeries de vers de terre, ou de racines. Le repérage des zones de sol tassées et des discontinuités de structure a lieu ensuite. Puis vient l'identification des différents horizons de travail du sol. Pour interpréter méthodiquement l'état du sol, il est conseillé de réaliser une « double partition » du profil, verticale d'abord et latérale ensuite (*figure 1*).

Examiner le mode d'assemblage des mottes

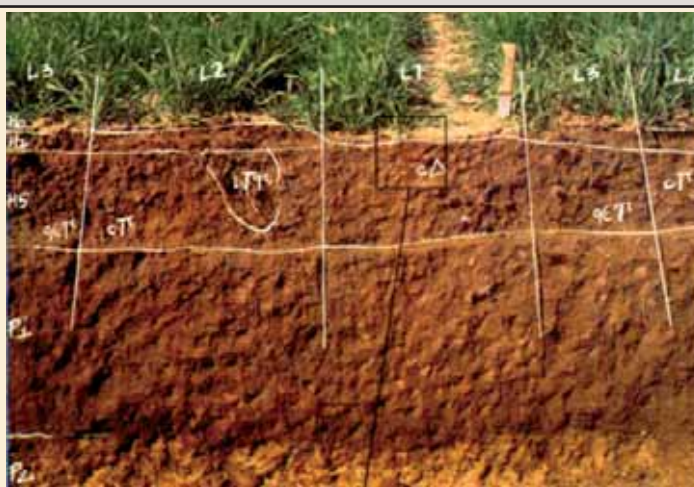
Une fois ce travail effectué, la structure du sol est évaluée dans chaque compartiment. Il faut d'abord regarder le mode d'assemblage des mottes. La structure du sol est considérée comme compacte si les mottes sont soudées entre elles sans discontinuité. Cela peut résulter d'un tassement ou d'une reprise en masse du sol causée par un labour très émietté. À l'inverse, si les mottes sont peu soudées avec beaucoup de terre fine, l'état du sol est ouvert. L'état intermédiaire « blocs » correspond à un sol composé de grosses mottes et de grosses cavités avec peu de terre fine. Cet état est fréquemment observé après un labour grossier. L'examen de l'état interne des mottes mesurant plus de 3 cm permet ensuite d'affiner

le diagnostic. Il s'agit d'apprécier leur porosité globale (tableau 1). Une motte sans porosité structurale est imperméable aux racines et vers de terre.

Une méthode peu pratiquée

La méthode du profil cultural est peu pratiquée sur le terrain, principalement du fait de sa lourdeur : la fosse à creuser est large, l'analyse demande de l'expertise. Il faut toutefois garder en tête qu'une simple distinction entre les horizons tassés ou non apporte déjà beaucoup d'information. Le profil cultural constitue un excellent outil pour analyser les erreurs commises, comprendre les causes à l'origine de zones tassées, creuses ou sans racines et prendre des décisions concernant le travail du sol. Prenons l'exemple d'un agriculteur ayant labouré à l'automne 2012 pour implanter un blé derrière une culture de maïs grain. S'il souhaite implanter un lin en 2014, un profil réalisé l'été 2013 après la récolte du blé peut renseigner sur les risques encourus et comprendre ce qui s'est passé à l'automne précédent. Un tassement dans les 10 premiers centimètres du sol (horizons H1 ou H2, repris par les derniers travaux du sol) est signe de compaction lors de la préparation/semis du blé. Un tassement plus profond (H6 sous le labour de l'automne 2012) révèle une compaction soit lors du labour, soit lors de la récolte du

Observer son profil cultural horizontalement et verticalement



Partition horizontale

- L1 : Zones tassées par les roues d'engins, après les derniers travaux superficiels. Les traces de roues sont visibles en surface au moment de l'observation.

- L2 : Zones tassées par les roues d'engins avant les derniers travaux, non visibles en surface et dans H1 au moment de l'observation.

- L3 : Zones non tassées.

Partition verticale

- H1 : Lit de semences
- H2 à H4 : Autres horizons de reprise du « labour* »
- H5 : Horizon « labouré* » non repris
- H6 à H7 : Horizons « labourés* » anciens
- H8 : Horizon sous le fond de « labour » partiellement ameubli par des outils profonds du type sous-soleuse.

* Couche résultant du travail d'une charrue ou de tout autre outil réalisant un ameublissement profond (décompactage)

Figure 1 : Détail d'un profil cultural.

maïs, soit lors de tassements anciens. La profondeur des horizons compactés, s'il y en a, indique la profondeur de travail adaptée pour les « restructurer » en vue d'implanter la culture très sensible au tassement qu'est le lin. En revanche, en cas de très mauvaise répartition ou dégradation des résidus de maïs en fond de raie, soit un risque pour l'enracinement du lin existe soit aucune solution ne peut être proposée.

Un « scoring » avec Peerlkamp

Développée aux Pays-Bas dans les années 60 puis améliorée par des chercheurs anglais et danois, la méthode révisée de Peerlkamp (2) ou méthode de la « bêche » apparaît plus simple à mettre en œuvre. Le guide méthodologique est précis, le niveau de technicité requis plus modéré. Évaluée en France par l'association Somea avec l'appui de l'INRA, AgroParisTech et Agro-Transfert Ressources et Territoires, elle reste toutefois encore peu utilisée dans l'Hexagone. Cette méthode se fonde sur ce que les Anglais appellent un « scoring ». Il s'agit de donner une note globale de qualité de la structure construite à partir de notes partielles portant sur un certain nombre de critères. Le mode opératoire est fondé sur l'observation d'une bêchée et la manipulation de mottes et d'agrégats. Si la bêche s'enfonce facilement dans le sol, il est possible d'enlever directement la bêchée puis de l'évaluer



Un profil profond de 40-50 cm (pouvant être creusé à la bêche) est suffisant pour évaluer la structure de la couche arable, à une profondeur de labour environ.

Profil cultural : des mottes de porosité variable



Motte delta Δ		Aspect continu, absence de porosité visible à l'œil nu. Les faces de fragmentation sont planes. Ces mottes résultent d'un compactage sévère (roues de tracteur) et sont imperméables aux racines et vers de terre. Une forte proportion de mottes delta indique une forte compaction subie par le sol.
Motte phi Φ		Proche de delta, mais contient des amorces de fissures résultant par exemple de l'alternance retrait/gonflement des argiles. Les mottes phi témoignent d'un sol tassé ayant commencé à se restructurer partiellement par fissuration.
Motte gamma Γ		Rugosité assez importante des faces de fragmentation, porosité visible à l'œil nu, facile à écraser. Les mottes gamma indiquent un sol en bon état physique, sans compaction récente.

Tableau 1 : Détail des types de mottes.

sur un plateau. Si le sol est plus dur, il faut creuser d'abord un trou large et laisser une face sans y toucher. Un bloc entier de cette face préservée doit ensuite être soulevé soigneusement pour être évalué. Le bloc se manœuvre alors doucement avec les doigts afin de découvrir toutes les couches ou les morceaux. Il faut ensuite casser les plus gros blocs de terre en en prenant soin de les séparer sur le plateau d'observation et regarder la structure interne des mottes (liée à l'itinéraire technique donc d'origine « anthropique »). Si la bêchée révèle deux horizons facilement distinguables l'un de l'autre, il faut les évaluer séparément.

5 à 10 minutes par prélèvement

Chaque prélèvement dure en moyenne 5 à 10 minutes. Pour caractériser la structure d'une zone homogène, une vingtaine de prélèvements est nécessaire. Toutefois, un protocole expérimental mis en place à l'INRA d'Estrées-Mons a montré que douze prélèvements suffisaient pour obtenir une évaluation satisfaisante de la structure du sol comparée aux résultats du profil cultural.

La suite de l'analyse s'appuie sur une charte visuelle. L'élaboration de la note qui caractérise l'état structural global d'une parcelle se fonde sur quatre critères : la facilité ou la difficulté de rupture des agrégats, la taille et l'apparence des agrégats, la porosité ainsi que la colonisation du profil cultural par les racines (tableau 2). Le score s'étend de Sq1 (structure favorable : note de 1) à Sq5 (structure défavorable : note de 5). Dans le cas où deux horizons différents se distinguent, il faut mesurer la profondeur de chacun d'entre eux pour pondérer la notation. Par exemple, si l'horizon superficiel d'une épaisseur de 10 cm affiche une note Sq5 et l'horizon sous-jacent de 20 cm une note Sq 3, la note finale de la structure du sol sur 30 cm est de 3,7 (3). Différentes méthodes de diagnostic de l'état structural du

Les profils pédologiques permettent de mieux connaître son sol et d'évaluer sa potentialité.

sol sont testées dans le cadre du projet D'Phy-Sol mené par Agro-Transfert en Picardie. Il s'agit d'évaluer leur pertinence, leur robustesse et leur reproductibilité. Une méthodologie pour le diagnostic de la structure du sol à partir d'un bloc de sol prélevé avec les palettes d'un télescopique ou d'un chargeur frontal est aussi à l'étude.

Adapter l'outil de travail du sol

Comme le profil cultural, la méthode de Peerkamp révisée permet de différencier plusieurs horizons au sein de la couche arable. Ce point est important car, suivant la localisation du tassement dans le profil, le choix de l'outil de travail du sol le mieux adapté n'est pas le même. Par exemple, un simple déchaumeur peut corriger des compactages de surface mais s'il faut restructurer un tassement profond, mieux vaut travailler avec un décompacteur.

Profil cultural ou méthode de Peerkamp, ces deux outils permettent de réaliser rapidement un diagnostic de l'état structural d'une parcelle agricole. Ils ont l'avantage de pouvoir caractériser la variabilité de l'état du sol au sein d'une parcelle et d'aider les agriculteurs à optimiser leurs pratiques notamment de décompactage. Ils ont néanmoins un point faible : leur sensibilité à l'humidité du sol au moment du prélèvement. Il est ainsi difficile de bien caractériser l'état structural si le sol est trop sec.

Anticiper

Pour définir l'intérêt ou non d'un décompactage, d'autres éléments peuvent entrer en ligne de compte. L'anticipation de l'évolution probable du sol entre le moment de l'observation et le semis de la culture suivante en fait partie. Anticiper les exigences de la culture suivante en matière de structure du sol est aussi utile (voir article p. 22). Schématiquement, les

Peerkamp : 4 critères définissent 5 niveaux de compaction

Qualité de la structure	1. Facilité de rupture	2. Taille et apparence des agrégats	3. Porosité	4. Racines
Sq1 friable (tend à tomber de la bêche)	• Émiettement des agrégats facile avec les doigts	• Agrégats inférieurs à 6 mm après émiettement	• Fortement poreux	• Racines dans tout le sol
Sq2 intact (bloc maintenu au-dessus de la bêche)	• Agrégats faciles à casser d'une seule main	• Mélange d'agrégats poreux, arrondis de 2 à 70 mm • Aucune motte présente	• Agrégats poreux en majorité	• Racines dans tout le sol
Sq3 ferme	• Bonne	• Mélange d'agrégats poreux de 2 mm à 10 cm (moins de 30 % inférieurs à 1 cm) • Agrégats angulaires, non poreux (mottes) possibles	• Présence de pores et de fissures visibles à l'œil • Porosité interne de certains agrégats	• Racines concentrées autour des agrégats
Sq4 compact	• Moyennement difficile	• Principalement grands agrégats de plus de 10 cm, angulaires non poreux ; moins de 30 % inférieurs à 7 cm • Structure lamellaire possible	• Peu de pores et de fissures visibles à l'œil	• Racines groupées dans des macropores et autour des agrégats
Sq5 très compact	• Difficile	• Principalement des mottes angulaires et non poreuses inférieures à 10 cm, très peu d'agrégats supérieurs à 7 cm	• Très faible Présence de macropores possibles • Anoxie possible	• Peu ou pas de fissures, absence de racine

Tableau 2 : Critères de la méthode de Peerkamp.

cultures d'hiver sont moins exigeantes que celles de printemps, hormis en sol hydromorphe. Les cultures pivotantes sont aussi plus sensibles au tassement que celles à système racinaire fasciculé. La combinaison de ces éléments oriente la décision de travailler le sol ou pas. En fonction de facteurs de risque supposés, une décision peut être prise. ■

Comme le profil cultural, la méthode de Peerkamp révisée permet de différencier plusieurs horizons au sein de la couche arable.

(1) La première édition du livre « Le profil cultural » de Stéphane Henin de l'INRA est parue en 1960. Elle a été simplifiée et rendue plus pratique par Hubert Manichon (INRA de Grignon) en 1982, qui l'a ensuite vulgarisée avec Yvan Gautronneau de l'ISARA. Consultez <http://profilcultural.isara.fr/> pour en savoir plus.

(2) Pour plus de détails, consultez la méthode Peerkamp révisée sur <http://www.soilassociation.org/LinkClick.aspx?fileticket=n5L15U4y8jg%3D&tabid=1703>

(3) Cette note de 3,7 correspond au calcul suivant : $(5 \times 10) + (3 \times 20) / 30 = 3,7$.

Jérôme Labreuche
j.labreuche@arvalisinstitutduvegetal.fr
 Mathias Déroulède
m.deroulede@arvalisinstitutduvegetal.fr
 ARVALIS - Institut du végétal
 Olivier Ancelin
 Somea
 Vincent Tomis
 Agro-Transfert Ressources et
 Territoires