

Structure du sol

Deux méthodes pour un diagnostic rapide de l'état structural

On sait qu'une mauvaise structure pénalise l'enracinement des cultures et le bon fonctionnement du sol. Mais pour choisir les interventions culturales opportunes, il importe de savoir évaluer rapidement la qualité de la structure du sol d'une parcelle. Deux méthodes, basées sur l'observation d'un échantillon prélevé à la bêche, permettent un diagnostic rapide.



▲ Le tassement pénalise l'enracinement des cultures, le bon fonctionnement du sol et empêche l'infiltration de l'eau.

Olivier Ancelin
o.ancelin@somme.chambagri.fr

Somea,
Chambre d'Agriculture de la Somme

Jean Roger Estrade
estrade@grignon.inra.fr

AgroParisTech

Hubert Boizard
boizard@mons.inra.fr

INRA Unité agro-impact, Mons

Guy Richard
richard@orleans.inra.fr

INRA Science du sol, Orléans

Le travail de comparaison des méthodes a bénéficié de l'appui du projet de recherche DST (Dégradation des Sols liée au Tassement) financé par les programmes ADD de l'ANR et GESSOL du MEEDDAT.

Dans les systèmes de cultures du Nord de France, où les cultures de printemps occupent une place importante dans la succession, le tassement des sols constitue une préoccupation importante. Cette préoccupation n'est pas nouvelle : on sait que le tassement pénalise l'enracinement des cultures et le bon fonctionnement du sol. Une étude récente (Favre et al., 2004) réalisée dans le département de la Somme (Santerre) a confirmé l'effet de la présence d'accidents structuraux sur le mau-

vais enracinement de la pomme de terre. Le tassement des sols inquiète aussi pour des raisons environnementales : réduisant l'infiltration, il favorise le ruissellement et l'érosion et une porosité réduite associée à la présence d'azote minéral dans le sol accroît fortement la dénitrification.

La crainte d'une structure défavorable au fonctionnement de la culture est donc très forte et le tassement apparaît comme un des premiers facteurs limitant le développement des techniques sans labour, pourtant encouragées

par l'augmentation du prix du carburant et le souci de préserver la biodiversité des sols. Il existe peu d'outils d'aide à la décision simples à utiliser et rapides à mettre en œuvre pour établir un diagnostic sur la structure du sol. Or, de tels outils permettraient de juger de l'opportunité de restructurer un sol, d'évaluer des risques pour la culture à venir, de juger de l'efficacité d'un outil de travail du sol. C'est pourquoi en 2007, l'association SOMEA (Chambre d'Agriculture et Conseil Général de la Somme) a comparé plusieurs

Diagnostic du sol

méthodes simples de diagnostic de l'état structural des sols cultivés déjà pratiquées dans d'autres pays pour en étudier la faisabilité dans le contexte français. Un appui scientifique a été apporté à ce travail par l'INRA, AgroParisTech et Agro-Transfert Picardie.

Les méthodes internationales de diagnostic de la structure des sols

En 2005, un séminaire international s'est tenu au Centre expérimental de l'INRA à Estrées Mons (80). Il a permis de confronter dix méthodes de caractérisation visuelle de la structure des sols cultivés. Ces méthodes ont été appliquées au champ dans un même sol sur plusieurs parcelles aux états structuraux contrastés. Elles se répartissent en trois groupes : un premier groupe de trois méthodes reposant sur l'observation d'une fosse de quelques mètres de large et d'une soixantaine de centimètres de profondeur dans lequel est incluse la méthode française « classique » du profil cultural, qui servait de témoin (Gautronneau et Manichon, 1987 ; <http://www.isara.fr/fr/profilcultural/profil.htm>) ; un deuxième groupe de six méthodes ne requérant que l'utilisation d'une bêche pour analyser un volume de sol d'une trentaine de centimètres d'épaisseur ; le dernier groupe ne comprenait qu'une

méthode ne s'intéressant qu'à l'état de surface du sol. Cette dernière est plutôt adaptée à l'évaluation des risques de battance et d'érosion.

Bien que répandue en France, la méthode du profil cultural est lourde à mettre en œuvre.

La méthode du profil cultural est la plus employée en France. Elle permet de repérer précisément les différents états structuraux, d'évaluer la qualité de l'enfouissement des matières organiques ou de l'enracinement des cultures et, surtout, d'analyser l'effet des systèmes de culture sur ces éléments. Toutefois, comme pour les deux autres méthodes basées sur l'observation d'un profil de

La méthode du profil cultural est la plus employée en France, mais la lourdeur de sa mise en œuvre rend difficile son utilisation en routine.



© N. Cornec

sol, son caractère destructif et la lourdeur de la mise en œuvre rendent difficile son utilisation en routine. Le choix s'est donc porté sur des méthodes plus faciles à utiliser et plus rapides à mettre en œuvre, basées sur le prélèvement à la bêche d'un volume de sol de quelques décimètres cube. Deux méthodes ont été retenues.

Il s'agit tout d'abord de la méthode de Peerlkamp révisée (méthode initialement proposée par Peerlkamp en 1967), améliorée par T. Batey, B. Ball et L. Munckholm, qui ont réuni leurs approches au sein d'une seule et même méthode en simplifiant la version initiale, notamment en divisant par deux le nombre de classes de qualité de la structure (5 au lieu de 10). L'autre méthode sélectionnée, dite du « Drop Test », a été mise au point à partir de différents travaux antérieurs, par Graham Sheperd du Landcare Research, organisme de développement néo-zélandais.

Ces méthodes requièrent peu de matériel : une bêche, un plateau pour observer la bêche, un couteau, un mètre, un appareil photo et une caisse pour la réalisation du Drop Test.

Le prélèvement peut s'effectuer à n'importe quel moment de l'année, mais de préférence quand le sol est ressuyé et dans des conditions d'humidité relativement proches de la capacité au champ, de façon à pouvoir extraire un bloc de terre sans en modifier la structure.

La qualité du diagnostic dépend en grande partie de la représentativité du prélèvement.

Pour choisir l'emplacement du prélèvement, on se place dans chaque zone homogène représentative de la parcelle notamment en prenant en compte la couleur du sol, la taille des fragments terreux de surface ou l'aspect de la récolte quand il y en a une.



La durée moyenne de chaque prélèvement est d'environ dix minutes.



Pour une parcelle donnée, on peut réaliser 10, voire 20 prélèvements dans le cadre de la méthode de Peerlkamp révisée (il est préférable d'en réaliser 20 selon les auteurs) et quatre pour le Drop Test en les localisant de façon aléatoire et en enlevant préalablement le lit de semence qui peut fausser l'évaluation avec sa proportion importante de terre fine.

Ces méthodes sont basées 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 Drop Test

Littéralement, « Drop Test » signifie « test de chute ». L'un des indicateurs principaux est en effet l'analyse de la manière dont les mottes se fragmentent lorsqu'elles sont lâchées d'une hauteur donnée. Mais ce test considère aussi d'autres caractéristiques de la structure des sols susceptibles d'être influencées par le système de

Cette planche illustre un des critères évalués, à savoir la consistance et la structure du sol. D'autres critères sont évalués comme la porosité, la couleur du sol ou le nombre de vers de terre. ▼



Bonne consistance et structure du sol (note 2) Consistance et structure du sol moyenne (note 1) Mauvaise consistance et structure du sol (note 0)

culture. Il prend également en compte des indicateurs de fonctionnement des plantes.

Au champ, on prélève un cube de terre à l'aide d'une bêche auquel on applique le Drop Test. Il faut au maximum laisser tomber trois fois d'une hauteur de 1 mètre le cube de terre dans une caisse en plastique. Ensuite, on range sur une planche les agrégats en les disposant par classe de taille, du plus grand au plus petit. Quatre répétitions du test sont effectuées par parcelle.

L'évaluation est ensuite complétée par l'observation de sept indicateurs visuels qui complètent le diagnostic de l'état structural (G. Sheperd in Visual Soil Assessment, 2000): porosité du sol, couleur du sol, nombre, taille et couleur des taches, nombre de vers de terre, degré d'affinement du sol, présence d'une semelle de

labour, susceptibilité du sol à avoir de l'érosion par le vent ou l'eau.

Le diagnostic peut être amélioré par l'observation d'une série de huit indicateurs relatifs à la culture en place: émergence, taille et développement du système racinaire, présence d'un dysfonctionnement des racines, état de surface, rendement, état végétatif à maturité, infestation d'herbe, coût de production.

▶ La présence de racines peut fournir des indications supplémentaires sur la structure du sol étudié.

Grâce à un guide constitué de planches photographiques, on compare le résultat aux trois photos illustrant chaque



▲ Note de 8: état structural défavorable.

Pour en savoir plus
La brochure est consultable sur Internet à l'adresse: www.potato.org.uk/media_files/campaigns_kt/vsa.pdf

critère et on attribue une note entre 0; 0,5; 1; 1,5 et 2 (photo ci-dessus). Chaque critère est pondéré et on obtient une note finale, qui détermine la qualité de la structure du sol étudié (tableau 1).

Enfin, le résultat peut être comparé à des prélèvements réalisés dans des parcelles contrastées au point de vue de la qualité de la structure.

La méthode Peerlkamp révisée (MPR)

Pour cette méthode, le mode opératoire n'est pas basé sur un test de chute comme pour le Drop Test, mais sur l'observation d'une bêche et la manipulation de mottes et d'agrégats qui permettent de renseigner un certain nombre de critères.

Si la bêche s'enfonce facilement dans le sol, on peut enlever directement la bêche et ensuite l'évaluer sur un plateau. Par contre, si le sol est plus dur, il faut creuser d'abord un trou large et laisser une face sans y toucher. Ensuite par cette face, on peut soulever soigneusement un bloc entier et l'évaluer.

Détermination de la qualité de la structure du sol avec la méthode Peerlkamp révisée (tab. 2)

Classe de structure	Qualité de la structure
Sq1: note de 1	Très favorable
Sq2: note de 2	Favorable
Sq3: note de 3	Moyen favorable
Sq4: note de 4	Moyen défavorable
Sq5: note de 5	Défavorable

L'élaboration de la note qui caractérise l'état structural global d'une parcelle se base sur l'évaluation de quatre critères: la facilité ou la difficulté de rupture des agrégats, la taille et l'apparence des agrégats, la porosité, les racines (s'il y en a).

On manœuvre ensuite doucement le bloc à l'aide des doigts pour découvrir toutes les couches ou les morceaux. Il faut ensuite casser les plus gros blocs de terre et regarder la structure interne des mottes (origine anthropique) et des principaux agrégats (origine "naturelle") en prenant soin de les séparer sur le plateau d'observation. Si la bêche révèle deux horizons que l'on peut facilement distinguer l'un de l'autre, il faut les évaluer séparément.

La durée moyenne pour chaque prélèvement est de 5 à 10 minutes. Pour caractériser la structure d'une zone homogène, les auteurs proposent de réaliser 20 prélèvements. Toutefois, dans le cadre du protocole expérimental mis en place durant le séminaire de Mons, la réalisation de 12 prélèvements a permis une évaluation satisfaisante de la structure du sol comparée aux résultats du profil cultural.

Ensuite à l'aide d'une charte visuelle, l'élaboration de la note qui caractérise l'état structural global d'une parcelle se base sur l'évaluation de quatre critères: la facilité ou la difficulté de rupture des agrégats, la taille et l'apparence des agrégats, la porosité, les racines (s'il y en a).



▲ Note de 16: état structural favorable.

Détermination de la qualité de la structure du sol avec le Drop Test (tab. 1)

Classe de notation	Qualité de la structure
Note > 16	Favorable
12 < note < 16	Moyen positif
8 < note < 12	Moyen négatif
Note < 8	Défavorable

Le cumul des notes attribuées à chaque critère donne une note globale qui évalue la qualité de la structure du sol.

Le score s'étend alors de Sq1 (structure favorable: note de 1) à Sq5 (structure défavorable: note de 5) (tableau 2).

Dans le cas particulier où la bêchée met en évidence deux horizons différents, il faut mesurer la profondeur de chaque horizon pour pondérer la notation. Prenons l'exemple d'une bêchée composée d'un horizon de 10 centimètres d'épaisseur caractérisé par une note de Sq5 qui recouvre un autre horizon de 20 centimètres caractérisé par une note de Sq3; pour obtenir la note du prélèvement, on procède alors au calcul suivant: $((5 \times 10) + (3 \times 20))/30 = 3,7$. La note du prélèvement sera de 3,7.

Les deux méthodes sont basées sur l'attribution de notes pour différents critères de description de la structure.

La méthode de Peerlkamp révisée présente l'intérêt de pouvoir différencier, comme le profil, plusieurs horizons au sein de la couche arable. Ceci est important car, suivant la localisation du tassement dans le profil, le choix de l'outil de travail du sol le mieux approprié n'est pas le même. Par exemple, un simple déchaumeur pourra être utilisé pour corriger des compactages de surface alors qu'un décompacteur sera préconisé pour restructurer un tassement profond.

Les deux méthodes présentées permettent de réaliser rapidement un diagnostic sur l'état structural d'une parcelle agricole. Elles 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. Leur sensibilité à l'humidité du sol au moment du prélèvement, notamment en ce qui concerne le Drop Test, reste quand même un point faible. ■

Application de la méthode de Peerlkamp révisée dans une parcelle de limon argileux (Estrées Mons, INRA, SOMEA, 2007) (tab. 3)				
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)	Les agrégats s'émiettent facilement avec les doigts.	Agrégats < 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.	La plupart des agrégats sont poreux.	Racines dans tout le sol.
Sq3 ferme	Pas difficile.	Un mélange d'agrégats poreux de 2 mm à 10 cm; moins de 30 % sont < 1 cm possibilités d'agrégats angulaires, non poreux (ce sont des mottes).	Présence de pores et de fissures visibles à l'œil. Certains agrégats ont une porosité interne.	La plupart des racines sont autour des agrégats.
Sq4 compact	Moyennement difficile.	Principalement grands agrégats > 10 cm, angulaires non poreux; moins de 30 % sont < 7 cm Structure lamellaire possible.	Peu de pores et de fissures visibles à l'œil.	Toutes les racines sont groupées dans des macro pores et autour des agrégats.
Sq5 très compact	Difficile.	Principalement des mottes angulaires et non poreuses > 10 cm, très peu d'agrégats < 7 cm.	Très faible, présence de macro pores possibles, anoxie possible.	Peu ou pas de fissures, absence de racine.

La combinaison des quatre critères d'observation donne cinq classes de structures de sol.

Fiabilité des méthodes

Pour éprouver la fiabilité des deux méthodes présentées ici, les résultats ont été comparés dans quatre parcelles expérimentales avec ceux obtenus après description complète d'un profil cultural. Ces comparaisons, qui seront présentées dans un prochain article, permettent notamment de tester la capacité des deux méthodes à discriminer dans un sol de limon l'effet des techniques culturales (labour/non labour) et du tassement (tassé/non tassé).



▲ Exemple d'un sol rentrant dans la classe Sq2 selon la méthode de Peerlkamp révisée.