

ANALYSE DU PROFIL DE SOL

LA MÉTHODE DE DIAGNOSTIC DE LA STRUCTURE PHYSIQUE D'UN SOL SPEED

Savoir interpréter correctement un profil de sol peut représenter une tâche périlleuse pour de nombreuses personnes. Il faut savoir quoi observer, quels critères utiliser et surtout comment bien interpréter le profil de sol pour en déduire un plan d'action adéquat. Le plus souvent, cette tâche est délaissée au bon soin du pédologue qui se déplace de parcelles en parcelles. Puits de savoir, pertinent lors de son intervention, le pédologue n'est cependant pas toujours disponible au moment où on souhaite diagnostiquer la structure d'un sol.

Fort de plusieurs années d'expérience au sein d'Icosystème, Celesta-lab et Décrypt'Sol, nous avons mutualisé nos méthodes de diagnostic de sol, pour créer, en 2022, la méthode Speed (Soil Physical Evaluation & Efficient Diagnosis) dans le but de rendre accessible le diagnostic de la structure physique d'un sol à tout acteur du monde agricole (agriculteur, technicien, agronome, enseignant, élève), qu'il soit pédologue ou non. Simplicité, rapidité et efficacité ont été les maîtres-mots durant la création de cette méthode. Speed permet de diagnostiquer soi-même efficacement la structure physique de toute parcelle cultivée et d'identifier la pertinence d'une intervention mécanique et/ou biologique réparatrice. Elle a été conçue pour être appliquée préférentiellement sur un profil 3D mais peut parfaitement être adaptée sur une fosse pédologique.

La mise en application de Speed sur un profil de sol se déroule en six étapes et se conclut par un bilan qualitatif qui ouvre sur des leviers agronomiques. Une fiche terrain, disponible sur ce lien (www.icosysteme.com/wp-content/uploads/2024/06/Fiche-terrain-SPEED.pdf), guide chaque utilisateur tout au long des étapes.

Horizon de responsabilité et horizon naturel

Le sol représente une interface entre le matériel parental du sol (roche dure, tendre, sol fossile, etc.) et l'atmosphère. À ce titre, il constitue un lieu important d'échanges ascendants ou des-

cendants (oxygène, eau, minéraux, etc.) essentiels à la faune du sol et au développement des cultures (prospection racinaire). L'objectif de la méthode Speed est d'identifier si l'organisation structurale des différents horizons humifères du sol restreint ou non ces échanges et la prospection racinaire des cultures. Dans le cas où la méthode Speed identifie une limite physique préjudiciable à la culture, une correction biologique et/ou mécanique sera nécessaire pour atteindre le plein potentiel de la culture.

Si la continuité des réseaux poraux est primordiale pour le bon fonctionnement d'un sol depuis la surface jusqu'au sommet du premier horizon pédologique non humifère, la possibilité de corriger une limite physique préjudiciable dépend de la profondeur à laquelle elle est présente. Après avoir décrit l'état de surface (étape 1), la méthode Speed propose de distinguer le sol en deux volumes : l'horizon de responsabilité du sol (HR) et l'horizon naturel du sol (HN) (étape 2). HR représente le volume de sol

qui est ou a été modifié récemment ou depuis beaucoup plus longtemps, d'une manière positive ou négative. En cultures annuelles, HR s'étend généralement de la surface du sol à 25-40 cm de profondeur. HN constitue le reste du profil de sol. Cet horizon est non soumis, ou difficilement, à l'action de l'homme et correspond au sommet d'un horizon pédologique ou géologique. Pour identifier la limite entre HR et HN, il suffit donc de porter son premier regard dans cette tranche 25-40 cm. La li-

FIGURE 1: LIMITES NETTE (TRAIT PLEIN) OU PROGRESSIVE (TRAIT EN POINTILLÉ) ENTRE HR ET HN

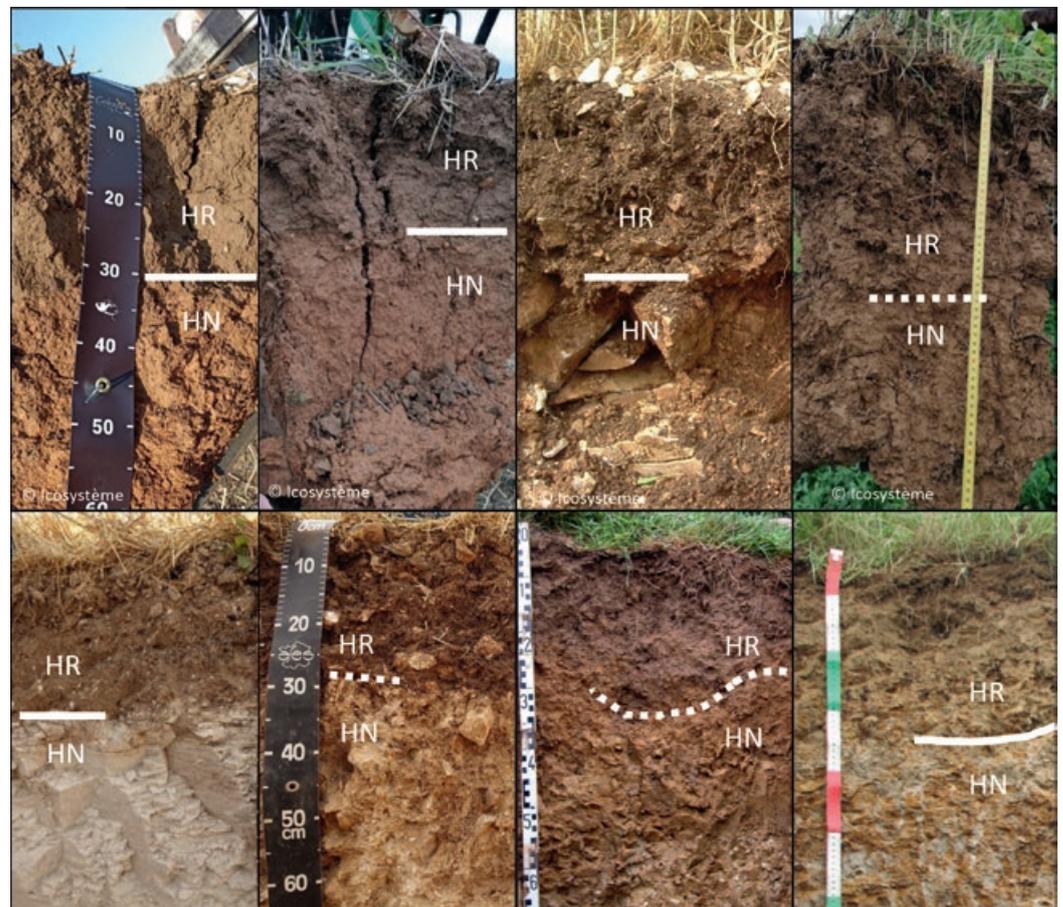


FIGURE 2 : SURFACE D'HORIZONS AVEC DES CARACTÉRISTIQUES DIFFÉRENTES (POROSITÉ, PLANÉITÉ)



FIGURE 3 : DIFFÉRENTES FORMES D'AGRÉGATS



mite peut être très marquée (qualifiée de « nette » à l'étape 2, schématisée sous la forme d'un trait plein en Figure 1), traduisant une rupture de perméabilité qui peut être naturelle (différence de texture, conséquence pédogénétique) ou de l'ordre de la responsabilité des utilisateurs successifs du sol. Elle peut également être pas ou peu marquée (qualifiée de « progressive », trait en pointillé), signe d'un transfert efficace entre HR et HN.

Critères d'observation pour décrire l'horizon de responsabilité

Une fois HR et HN identifiés (étape 2), l'étape 3 permet d'identifier les différents sous-horizons que peut contenir HR : un seul si HR est homogène, plusieurs si des limites sont présentes. Les différents sous-horizons et leur porosité de surface sont ensuite décrits grâce à cinq critères essentiels (étape 4) présentés ci-après. Les critères porosité de surface et planéité de surface renseignent sur la surface de chaque horizon et sous-horizon identifié. La porosité de surface décrit la qualité des échanges que permet chaque surface de limite. Elle comprend trois niveaux, de la situation la plus favorable à la moins favorable aux

échanges : « perforée », « peu perforée » ou « non perforée ». La planéité de la surface renseigne sur la nature de cette limite, les limites physiques « planes » étant majoritairement issues d'une action humaine (ex : semelle de compression/tassement) à la différence des surfaces « chaotiques » (Figure 2). Les critères suivants, friabilité et taille des éléments obtenus, renseignent sur la capacité de l'horizon observé à se fragmenter en petits éléments terreux sous une action mécanique ou biologique (lombrics, racines) et donc sa facilité à être corrigé si nécessaire. Une motte « friable » sera rapidement/facilement corrigée, contrairement à une motte « non friable ». Plus les éléments terreux obtenus après le test de friabilité ont une dimension importante, plus la fertilité physique de cet horizon est altérée. Quatre tailles d'éléments permettent la description : « <1 cm », « <1 cm et quelques mottes 1-5 cm », « 1-5 cm », « >5 cm ». Le test de friabilité est effectué avec les doigts (5 à 6 pressions maximum). Ce test est d'autant plus facile à réaliser si le sol est frais à sec. Si le sol est trop humide, on tentera à partir d'une motte de détacher délicatement des petits agrégats terreux. Si le sol est très

sec, on se munira d'un marteau ou on laissera tomber la motte sur une surface dure pour vérifier sa capacité à se fragmenter en petits éléments terreux. Le critère forme des agrégats vient compléter le test. Les petits élé-

ments terreux (agrégats) sont généralement de forme « quelconque ». Lorsqu'il est difficile d'obtenir des éléments de petites tailles, plusieurs arrangements des particules du sol peuvent être observés, du plus facilement corrigé au plus difficilement : « anguleux », « feuilleté » et « bloc » (Figure 3). La méthode Speed inclut quatre critères dits « supplémentaires » qui peuvent apporter un complément sur le diagnostic. Ils sont complémentaires mais non indispensables à l'établissement du diagnostic final.

■ La présence de racines et de galeries (« importante », « moyenne » et « absente ») dans un horizon révèle la capacité d'un sol à être perforé par la vie du sol (lombrics, racines). L'interprétation de ce critère est cependant à adapter en fonction de la profondeur dans laquelle l'horizon est décrit, l'activité biologique étant réduite en profondeur.

**POUR UNE FOIS
que les fissures ont
DU BON!**

- CASSE LA SEMELLE DE LABOUR
- CARBURE HAUTE RÉSISTANCE
- TRAVAIL EN PROFONDEUR
- LIT DE SEMENCE OPTIMAL
- TERRE FINE ET FRAÎCHE
- RESPECTE LA VIE DU SOL

Grâce à l'Optimus breveté,
votre déchaumeur devient un fissurateur!

CARBURE TECHNOLOGIES
Les alliances réussies

Z.A. La Grande Verrerie
Meigné Le Vicomte
F - 49490 Noyant Villages
www.carbure-technologies.fr

TEL: 02 41 82 58 78 • 06 85 69 09 71 •

recherche

■ L'humidité d'un horizon (« sec », « frais », « humide », « gorgé »), mais surtout les différences d'humidité entre les différents horizons identifiés ou l'observation d'eau libre sur une limite, peuvent directement renseigner des flux de circulation d'eau au sein d'un profil de sol.

■ Le test à l'acide chlorhydrique dilué (test HCl 10 %) peut compléter le diagnostic en déterminant la présence de calcaire. L'absence d'effervescence (« nulle ») indique un sol non tamponné et donc susceptible de s'acidifier ; la mesure du pH est nécessaire. En cas d'effervescence « faible » (crépitement à l'oreille, petites bulles apparaissant après 1 à 2 secondes), il n'y a pas d'inquiétude à avoir mais il faut contrôler la dernière analyse. En cas d'effervescence nette (« forte »), aucune action n'est nécessaire.

■ Le domaine textural (« argileux », « limoneux », « sableux » ou « équilibré ») est bien souvent difficile à déterminer s'il n'entraîne pas un inconvénient majeur pour l'agriculteur (par exemple : grosse terre argileuse, faible réserve utile en sol sableux). Les agriculteurs ne peuvent pas agir sur la texture de sol mais elle affectera le plan d'action issu du diagnostic : texture sensible à la compaction, profondeur d'outil atteinte en fonction de la texture, effet du gel et des outils sur les argiles, etc.

Bilan qualitatif de l'horizon de responsabilité

Lorsque l'ensemble des horizons composant HR ont été identifiés et décrits, l'état structural global de HR peut être qualifié (étape 5). Quatre classes qualitatives sont proposées et une seule est à choisir en fonction des couleurs des critères apposés (vert, jaune, orange, rouge) sur la fiche terrain :

■ Absence de contrainte physique pour la culture suivante sur la structure du sol 🟢 : la fertilité physique du sol est optimale. Il peut être envisagé de contrôler la fertilité biologique de ce sol, notamment le statut

organique (fraction libre et réponse microbienne).

■ **Dysfonctionnements significatifs sans conséquences majeures** 🟡 : le diagnostic met en évidence des défauts mineurs (amorce d'horizontalité, mottes de taille importante mais friables, etc.). On considère que cet état n'aura pas d'influence sur les cultures de la rotation à court terme. De nouvelles observations sont recommandées en cas d'interventions effectuées dans de mauvaises conditions de ressuyage. Ces légers dysfonctionnements, s'ils ne s'aggravent pas suite à un travail dans de mauvaises conditions, peuvent être réparés grâce à l'activité biologique (couvert/culture à effet restructurant) ou par un travail mécanique.

■ **Dysfonctionnements significatifs nécessitant réparation** 🟠 : l'état structural du sol montre nettement des dysfonctionnements qui pourront altérer la prospection racinaire des cultures assez sensibles à la qualité structurale du sol (colza, tournesol, maïs, soja, lin, pois, betterave, pomme de terre, etc.) mais également certaines céréales comme l'orge ou l'avoine. La réparation mé-

canique et biologique est nécessaire. Si ce dysfonctionnement n'induit pas un engorgement trop important, les cultures les moins sensibles à la compaction comme le blé tendre, le seigle, la luzerne et les espèces prairiales pourraient ne pas être affectées par la structure du sol. Dans certains cas, il sera nécessaire de modifier la rotation (insérer une culture estivale plutôt qu'hivernale) pour privilégier par exemple une réparation biologique et ou mécanique durant l'interculture précédente.

■ **Contraintes majeures préjudiciables** 🔴 : la qualité structurale apparaît désastreuse pour l'ensemble des cultures, y compris pour le blé tendre. La réparation peut prendre 2 à 3 ans selon l'état organique, acido-basique et la gamme texturale et nécessitera une stratégie biologique et mécanique importante axée sur le long terme.

Bilan qualitatif de l'offre de l'horizon naturel

La dernière étape (étape 6) du diagnostic consiste à caractériser l'offre que peut apporter HN à la culture en termes de fourniture de nutriments et d'eau. Pour décrire l'offre du sol

et sélectionner une des quatre classes qualitatives proposées (vert, jaune, orange, rouge), nous proposons de prendre en compte quatre critères :

■ La différenciation texturale entre HR et HN : plus la texture est différente, plus les échanges sont réduits entre les deux horizons.

■ La limite entre HR et HN : plus la limite est progressive (couleur et domaine textural similaire ou diluée) plus l'offre de HN est importante (en fonction de sa profondeur et vice versa).

■ Sa profondeur : un HN composé de roche mère ou son altérite plus ou moins friable, a un potentiel plus limité qu'un horizon pédologique plus profond.

■ Sa coloration : plus la couleur de HN est uniforme (brun-jaune, brun-rouge), plus l'offre du sol est importante et vice versa.

Exemple de mise en application sur un profil de sol

Pour illustrer la mise en application de la méthode Speed, nous vous proposons l'exemple suivant (Figures 4 et 5).

■ Étape 1 : l'observation de la surface du sol met en avant de nom-

FIGURE 4 : FICHE TERRAIN, EXEMPLE

Fiche terrain: Méthode SPEED

Etat de surface Mousse Eau stagnante Battance Turricules Sol travaillé récemment

Profondeur (cm)	Croquis (tracez qu'un dessin vaut mieux qu'un discours)	Porosité de surface	Planéité de surface	Friabilité	Taille éléments obtenus	Forme agrégats	Présence racines et galeries	Humidité	HCl 10%	Domaine textural
5	HR1	P	C	F	< 1cm	Q	2	F	1	Équilibré
10										
15										
25	HR2	PP	P	F	< 1 cm et 1-5 cm	Q	2	F	1	Équilibré
30										
35										
45	HN									
50										
55										
60										
65										

Légende

Critères essentiels				Critères supplémentaires					
Porosité de surface	Planéité de surface	Friabilité	Taille éléments obtenus	Forme des agrégats	Présence racines et galeries	Humidité	HCl 10% (effervescence)	Domaine textural	
Perforée (P)	Plane (P)	Friable (F)	< 1cm	Quelconque (Q)	Importante (2)	Sec (S)	Nulle (0)	Argileux (A)	
Peu perforée (PP)	Chaotique (C)	Non friable (NF)	< 1 cm et quelques 1-5 cm	Anguleux (A)	Moyenne (1)	Frais (F)	Faible (1)	Limoneux (L)	
Non perforée (NP)			1-5cm	Feuilleté (F)	Absente (0)	Humide (H)	Forte (2)	Sableux (S)	
			> 5cm	Bloc (B)		Gorgé (G)		Équilibré (E)	

Comment remplir cette fiche ?

- 1/ Décrire l'état de surface (cocher la/les réponses)
- 2/ Identifier entre 25 et 40 cm la limite entre l'Horizon de Responsabilité (HR) et l'Horizon Naturel (HN) et la représenter sur le croquis.
Limite nette --- Limite progressive ---
(Annoter « HR » et « HN »)
- 3/ Placez la ou les limites visuelles (couleur et/ou aspect) présentes dans l'horizon de responsabilité (parfois aucune limite visuelle = 1 horizon)
Limite nette --- Limite progressive ---
- 4/ Caractériser les différents horizons de l'horizon de responsabilité HR en vous servant de la légende
- 5/ Qualifier l'état structural global de l'HORIZON de RESPONSABILITÉ (entourer la réponse ou dessiner sur croquis)
🟢 🟡 🟠 🔴
- 6/ Qualifier l'offre (potentiel) de l'HORIZON NATUREL : prospectabilité, proximité texturale avec HR, couleur (homogène ou hétérogène)
🟢 🟡 🟠 🔴

Commentaires :

Offre HN limitée mais brassages HR-HN importants (beaucoup de macropores)

breux turricules, signe d'une activité biologique importante.

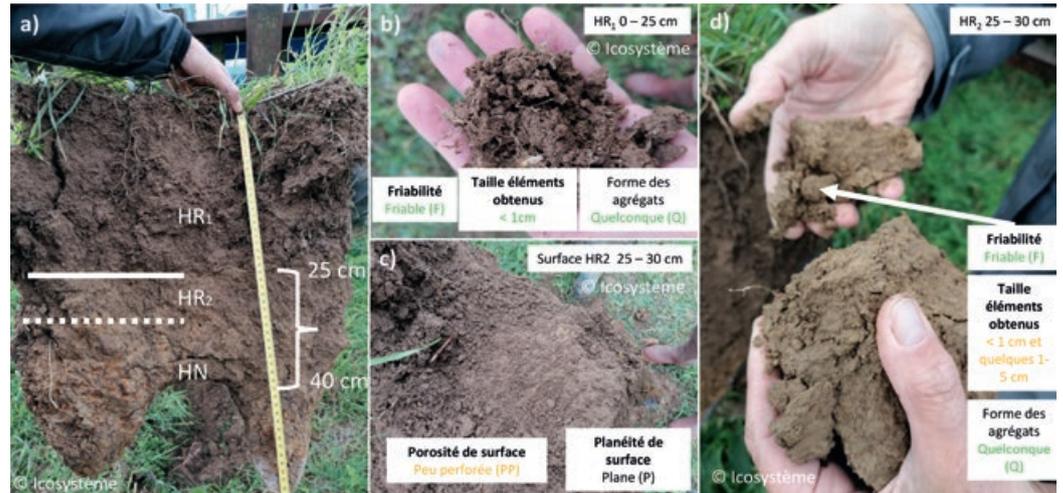
■ Étape 2 : l'identification de la limite entre HR et HN dans la zone 25-40 cm (Figure 5a) est difficile. On observe un changement de couleur progressif à 30-35 cm de profondeur. La limite est donc qualifiée de « progressive » et représentée de la sorte sur le croquis (Figure 4). HR s'étend donc de 0 à environ 30-35 cm.

■ Étape 3 : l'identification des limites au sein de HR révèle une limite nette à 25 cm (compaction visible à l'œil et sensible au couteau). HR est donc composé de deux sous-horizons : HR₁ (0-25 cm) et HR₂ (25-30 cm).

■ Étape 4 : la caractérisation de HR₁ (0-25 cm) révèle un horizon avec une structure de bonne qualité (Figures 4 et 5b) : une surface perforée, chaotique, des mottes friables qui, après désagrégation, forment des éléments de petites tailles (<1 cm) de forme quelconque, une présence importante de racines et de galeries, un sol frais, une effervescence HCl 10 % faible et une texture équilibrée. L'horizon HR₂ (25-30 cm) présente une structure davantage dégradée mais pas catastrophique : sa surface est plane et peu perforée bien que l'on puisse voir quelques trous d'aiguille et quelques macropores (Figure 5c); les mottes sont friables (Figure 5d) mais les éléments obtenus sont de taille plus importante (<1 cm et 1-5 cm) mais restent de forme quelconque (pas d'angle apparent ni de structure en feuillet). La présence de galeries et de racines reste relativement importante. Le sol est frais, il n'y a pas de différence avec l'humidité de l'horizon HR₁, de même que pour les critères concernant le calcaire actif et la texture.

■ Étape 5 : rien à redire pour HR₁. La légère zone de compaction HR₂ possède des défauts de structure (éléments de taille assez importante : <1 cm et quelques mottes 1-5 cm, surface peu perforée). Si l'ensemble de HR (HR₁ + HR₂) est pris

FIGURE 5 : L'EXEMPLE, EN PHOTOS



a) Identification et caractérisation de la limite entre HR et HN (entre 25 et 40 cm) et des limites physiques présentes dans HR. Caractérisation de b) l'horizon HR₁ (test de friabilité), c) la surface de l'horizon HR₂ et d) l'horizon HR₂ (test de friabilité).

en compte, on observe donc quelques dysfonctionnements significatifs sans conséquences majeures 😊). La prospection racinaire des différentes cultures présentes sur l'exploitation (céréales, colza, maïs, soja) ne rencontrera pas de difficulté. Il n'est donc pas nécessaire de modifier la rotation ou de mettre en place une réparation mécanique immédiate (type fissuration). La correction biologique de cette zone de compaction peut être réalisée à la prochaine interculture grâce à un couvert végétal doté de plantes à pouvoir restructurant dont les racines peuvent prospection la zone 25-30 cm (efficacité importante pour : avoine, vesce velue, légumineuses pérennes, seigle et dans une moindre mesure : féverole, phacélie, trèfles annuels et vesce commune). Si une intervention est réalisée dans de mauvaises conditions, un nouveau diagnostic sera nécessaire.

■ Étape 6 : HN est plus argileux que HR et montre des traces d'hydromorphie, ce qui peut réduire la possibilité de prospection racinaire sur certaines périodes. On ne peut pas déterminer sa profondeur exacte mais il dépasse les 60 cm de profondeur. Néanmoins, étant donné que la limite entre HR et HN est progressive et dotée de beaucoup de macropores,

cela témoigne de transferts importants entre ces deux horizons. Pour cette raison, la note 😊 a été choisie.

La méthode et les connaissances pour autodiagnostiquer la structure physique d'un sol étant désormais à votre portée,

vous n'avez plus qu'à imprimer une fiche terrain, enfiler vos bottes et c'est à vous de jouer !

Christian BARNÉOUD,
Matthieu ARCHAMBEAUD,
Thibaut DÉPLANCHE,
Thibault DEBAILLIEU et
Damien DERROUCH