

Evaluer la capacité d'infiltration d'un sol

Test simplifié d'infiltrométrie de Beer Kan

La porosité d'un sol agricole résulte des caractéristiques de la matrice du sol (texture, densité apparente), de l'activité biologique (présence de galeries dues soit aux vers de terre soit aux racines) et des pratiques culturales. En permettant une meilleure compréhension du fonctionnement du sol, la caractérisation de la porosité est très utile au diagnostic agronomique. Les méthodes fines d'évaluation de la porosité sont cependant longues à mettre en œuvre ce qui limite leur utilisation par des agriculteurs et techniciens. Dans le cadre du projet SolAB, une méthode de mesure indirecte de la vitesse d'infiltration de l'eau a été testée. Cette méthode permet, par exemple, de comparer l'effet de différents outils de travail du sol sur la porosité ou bien de quantifier et localiser des zones de compaction. Un aperçu succinct de la méthode est présenté dans cette fiche.

Dans cette fiche

Principe du test

Intérêts du test

Test en pratique

Protocole détaillé

Test en images

Guide d'interprétation

Principe du test

Le test d'infiltrométrie Beerkan simplifié consiste à mesurer la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, en condition de sol humide et ressuyé. Un volume déterminé d'eau est versé dans un cylindre enfoncé à la surface du sol. Le temps nécessaire à l'infiltration complète du volume d'eau versé est noté. L'opération est répétée jusqu'à ce que le temps d'infiltration se stabilise.

En pratique

Matériel : bouteilles, cylindre PVC de 30 cm de diamètre et 15 cm de haut, masse et cale, bêche, couteau et soufflet si la surface n'est pas plane, ciseaux, voile plastique de 30 cm de diamètre, tige métallique pour les sols avec des galeries de rongeurs, chronomètre, feuille et stylo.

Temps : de 30 minutes à 1 heure pour réaliser un test de 10 itérations.

Conditions : tout au long de l'année, sol humide et ressuyé, zone plane (éviter les fentes de retrait ou galeries d'animaux et les zones de cailloux).

Intérêts du test

La porosité du sol est définie comme le rapport entre le volume total occupé par les pores (« les vides ») et le volume total (« les vides » + « les pleins ») d'un échantillon. La porosité étant complexe à mesurer, elle est fréquemment évaluée via une de ses fonctions, la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol.

L'objectif du test de Beerkan simplifié est d'évaluer cette vitesse. La méthode est facile à mettre en œuvre car le matériel nécessaire est commun et peu coûteux. Par ailleurs, la durée de réalisation de ce test est limitée en comparaison des méthodes classiques. Elle est directement liée à la porosité du sol (c'est-à-dire de la vitesse d'infiltration) et au nombre de répétitions du test. Le calcul de la vitesse moyenne d'infiltration implique une représentation graphique simple mais nécessaire. L'intérêt principal du test est avant tout de permettre une comparaison de la porosité du sol dans l'espace ou dans le temps : comparaison de différentes zones au sein d'une parcelle, évolution d'une zone donnée dans le temps. La comparaison des vitesses d'infiltration calculées par cette méthode sur différentes parcelles est cependant délicate.

Ce test fournit de manière indirecte des informations concernant la porosité du sol, qui sont à croiser avec ceux d'autres indicateurs de la fertilité du sol (physique, chimique, biologique). L'évaluation de la densité et la caractérisation des vers de terre permet, par exemple, d'évaluer si ces derniers sont à l'origine d'une variation de la porosité du sol. La prise de décision technique doit s'appuyer sur une évaluation globale du fonctionnement du sol.



Le projet SolAB porte sur la gestion des sols et son impact sur la fertilité dans les systèmes de Grandes Cultures, Maraîchage, Arboriculture et Viticulture. Ce projet s'appuie sur un réseau de 24 partenaires et 18 sites expérimentaux en France.

Différents modes innovants de gestion du sol sont étudiés : les techniques culturales simplifiées (TCS) en Grandes Cultures, les planches permanentes et autres TCS en Maraîchage et les alternatives à l'entretien mécanique sous le rang en Arboriculture et Viticulture. La faisabilité et la durabilité de ces modes de gestion innovants du sol sont évaluées par le suivi de différents critères.

Pour évaluer la fertilité des sols, plusieurs outils de diagnostic simplifiés utilisables en Grandes Cultures, Maraîchage, Arboriculture et Viticulture sont proposés : le test bêche pour évaluer la structure du sol et trois bio-indicateurs liés aux populations ou à l'activité des vers de terre. Les acquis du projet sont partagés à travers des démonstrations et des manifestations sur les sites ou bien grâce aux divers supports techniques (vidéos, guides et protocoles techniques) produits par les partenaires du projet SolAB.

Protocole détaillé

Un bon départ : choisir les conditions optimales

Le test doit être réalisé dans un sol humide, ressuyé et non gelé. La porosité du sol évolue en fonction de facteurs dont certains peuvent être maîtrisés (date de travail du sol) ou non (activité périodique des vers de terre, croissance du couvert végétal). La période de réalisation du test dépend des objectifs visés. Si la porosité est susceptible d'évoluer fortement dans le temps, plusieurs tests sont à pratiquer durant la période choisie.

L'emplacement du test dépend également de l'objectif visé. Par exemple, il est possible de comparer une zone de roulement de tracteur avec une zone sans passage, ou bien de comparer une zone sur le rang et entre le rang en culture pérenne. Attention : la texture (argile, sable, limon) et la densité apparente du sol ont un effet très fort sur la vitesse d'infiltration. Comparer des pratiques culturales suppose que la texture soit homogène entre les différentes zones où le test est pratiqué ! Eviter si possible les zones avec beaucoup de cailloux : ils introduisent localement une forte hétérogénéité de la vitesse d'infiltration.

A ne pas confondre : le nombre d'*itérations* définit le nombre de fois où un volume d'eau donné est versé durant la réalisation d'un test. 10 à 15 itérations pour un test sont généralement nécessaires. Le nombre de *répétitions* du test est à déterminer par l'expérimentateur en fonction de la précision des résultats souhaités et de l'hétérogénéité du sol. 6 répétitions du test par modalité étudiée sont généralement à envisager un minimum compte tenu de la variabilité des mesures liée à l'hétérogénéité naturelle du sol.

Dans les parcelles avec beaucoup de galeries de rongeurs (fréquent en arboriculture), il est possible de détecter les galeries souterraines à l'aide d'une tige métallique. Cette tige s'enfoncera très facilement lorsqu'elle passera dans une galerie.

Dans la pratique

Préparer la zone d'étude

Choisir de préférence une zone plane pour réaliser le test afin que l'eau se répartisse de façon homogène. Si le sol est incliné, il est possible de rectifier la pente à l'aide d'une bêche puis en grattant délicatement avec un couteau les premiers centimètres du sol (figure 1). Passer ensuite un soufflet afin d'éliminer le sol gratté (figure 2). Si le sol est enherbé, couper la partie aérienne de la végétation en prenant soin de ne pas arracher les racines (figure 3). Eviter les zones avec des fentes de retrait ou des galeries d'animaux. Une tige métallique peut être utilisée pour un repérage préalable.

Prendre un cylindre, tube PVC de 30 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de haut.

Enfoncer le cylindre de 2 à 3 cm dans le sol à l'aide d'une masse et d'une cale (figure 4). Un colmatage de la bordure extérieure peut être réalisé avec du sol humidifié pour éviter les fuites latérales.

Si le cylindre est biseauté, il sera plus facile de l'enfoncer dans le sol. Pour éviter les fuites d'eau par le côté, il est important d'enfoncer suffisamment le cylindre. Eventuellement former un boudin de terre sur le pourtour extérieur du cylindre pour améliorer l'étanchéité du dispositif.

Le test en images



Se munir du matériel nécessaire



Figure 1a : « Scalper » la surface à l'aide d'un couteau et...



Figure 1b : ...rafraîchir à l'aide d'un soufflet la surface raclée.



Figure 2 : Ou couper à ras la végétation.

Mesurer le temps d'infiltration

Pour un test, préparer 10 bouteilles d'eau remplies avec un volume correspondant à une lame d'eau de 1 cm dans le cylindre (*voir astuce*). Au temps $t=0$ verser rapidement le premier volume d'eau (figure 5) et déclencher le chronomètre. Noter le temps d'infiltration nécessaire à l'infiltration complète du volume d'eau. L'eau doit être totalement ressuyée en surface. Il s'agit de la première itération. Une fois l'eau ressuyée, noter le temps et verser immédiatement un second volume d'eau. Il s'agit de la seconde itération. Répéter ainsi l'opération jusqu'à obtenir des temps d'infiltration constants.

Lors des premières itérations, l'eau s'infiltrera d'autant plus rapidement que le sol est sec (processus de réhumectation du sol). Parfois il suffit de quelques secondes pour que l'eau s'infiltrer : prévoir suffisamment de bouteilles à l'avance et être réactif ! Lors de la première réalisation du test, il est difficile de prévoir le nombre d'itérations nécessaires pour atteindre des temps constants d'infiltration et le nombre de répétitions du test nécessaire. Un premier essai à proximité de la zone à tester permet de se « faire la main » sans perturber la zone d'étude.

Analyser et interpréter les résultats

Noter dans un tableau le cumul des volumes d'eau versés et les temps d'infiltration correspondants (une itération par ligne). Représenter graphiquement les cumuls d'eau infiltrée (en ordonnée) en fonction des temps d'infiltration (en abscisse) ; figure 7.

Le temps d'infiltration augmente progressivement (l'eau versée remplit les pores du sol) puis atteint généralement un régime stable (l'eau contenue dans les pores s'écoule).

Calculer la vitesse d'infiltration durant le régime stable, c'est-à-dire lorsque la courbe prend une allure linéaire. Dans l'exemple de la figure 7, la vitesse d'écoulement a été calculée après la 4^{ème} itération.

L'intérêt de ce test réside essentiellement dans la comparaison de différentes situations : comparaison de l'effet de différentes techniques culturales, différentes parcelles et de différentes zones dans une parcelle.

Lors de l'interprétation des résultats, il ne faut pas oublier que de nombreux facteurs influent sur la vitesse d'écoulement de l'eau dans le sol. Ne pas hésiter à croiser les résultats avec des tests complémentaires (mesure de densité apparente du sol, détermination du nombre de vers de terre) si l'on souhaite mieux comprendre l'origine des différences observées.

Pour définir le volume d'eau correspondant à une lame d'eau de 1cm utiliser la formule suivante : V en Litres = $\pi \times (\text{rayon du cylindre en cm})^2 \times \text{hauteur de la lame d'eau en cm} \times 0,001$. Si le temps d'infiltration est trop lent, il est possible de diviser le volume d'eau par deux.

Le ressuyage total du volume d'eau est une appréciation visuelle délicate si le sol est irrégulier. Choisir une règle de décision visuelle facilement répétable et la conserver durant l'expérimentation. Le ressuyage total du volume d'eau est une appréciation visuelle délicate si le sol est irrégulier. Choisir une règle de décision visuelle facilement répétable et la conserver durant l'expérimentation.

Pour éviter la déstructuration du sol lors du versement de l'eau, il est préférable d'utiliser un film plastique « antisplash » (sac plastique découpé au diamètre du cylindre, par exemple). En versant l'eau sur le film plastique, elle se répartie de manière homogène dans le cylindre et ne creuse pas le sol. Ce film est ensuite rapidement ôté (figure 6).



Figure 3 : Enfoncer le cylindre PVC dans le sol (1 à 2 cm)



Figure 4 : Verser le volume d'eau. Chronométrer jusqu'au ressuyage complet de l'eau. Répéter l'opération.

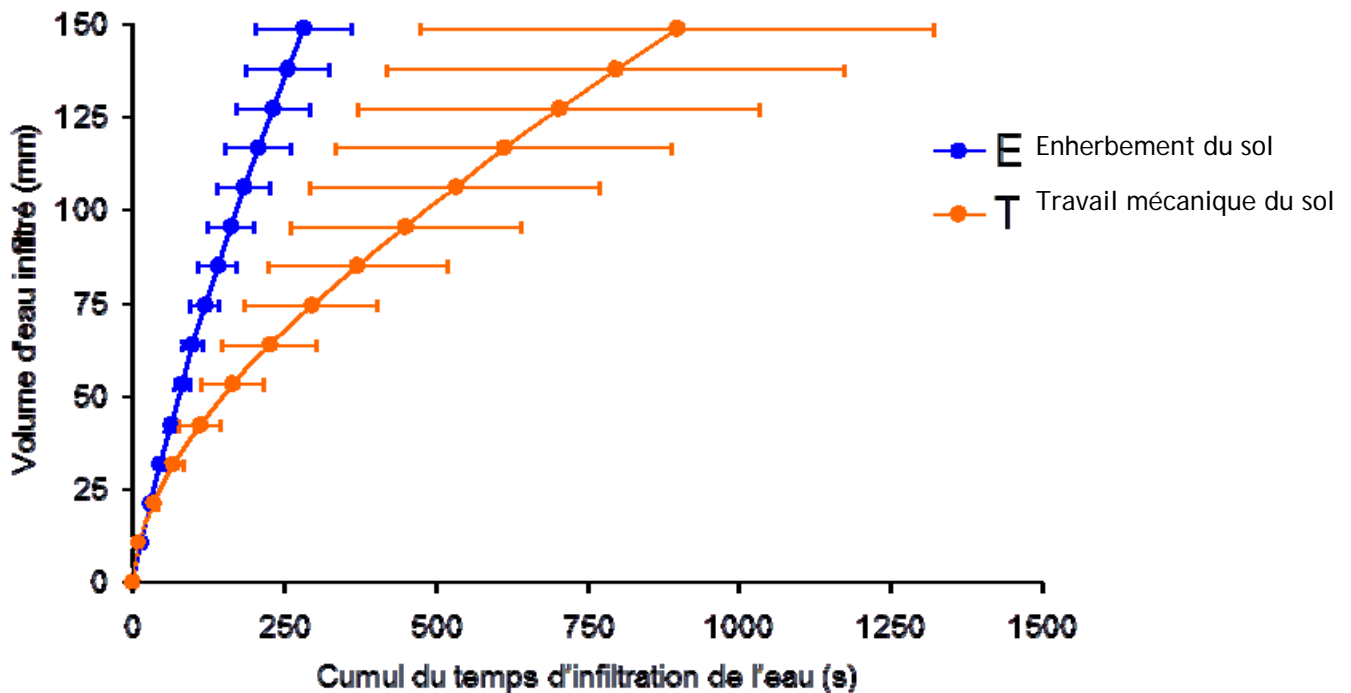


Figure 5 : Utiliser un voile « antisplash » pour éviter la déstructuration du sol



Pour observer les galeries de vers de terre, il est possible en fin de test d'incorporer dans l'eau du bleu de méthylène. Le bleu va colorer les galeries qui sont directement connectées avec les pores de la surface (particulièrement dans les sols peu pourvus en matière organique). Il faudra alors décaper successivement les horizons à 10, 20 ou 30 cm de profondeur, rafraichir la surface au couteau et noter le nombre de macropores colorés et le nombre de ceux non colorés. (attention : utiliser des gants !)

Figure 7 : Représentation graphique de la vitesse d'infiltration de l'eau dans un rang de pêcher. Données INRA et GRAB.



Pour en savoir plus

Haverkamp et al., 1996

Braud et al., 2005

Projet SolAB www.itab.asso.fr/programmes/solab.php

Test adapté par Yvan Capowiez et testé par les expérimentateurs du projet SolAB

Rédaction et mise en page : Claude-Eric Parveaud (GRAB/ITAB), Flora Loridat, Adeline Cadillon et Aude Coulombel (ITAB)

Coordination : Laetitia Fourrié (ITAB)

Crédits photo : ITAB/ISARA-Lyon



MINISTÈRE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE



Le projet SolAB (n°8037) a reçu l'appui du Compte d'Affectation Spéciale du Développement Agricole et Rural (CASDAR) du ministère de l'agriculture. Document finalisé avec l'appui financier de FranceAgriMer.

avec la contribution française du compte d'affectation spéciale Développement agricole et rural