

Cultures annuelles

Version française



Cultures annuelles

Version française 2014:

Traduction de l'anglais : Pauline Samain Cervilla, *Etudiante licence professionnelle COSYCA, Université Paul Sabatier, Toulouse 3*

Mise en page : Christophe Nacher *Etudiant licence professionnelle COSYCA, Université Paul Sabatier, Toulouse 3*

Relecture: Pr. Jean-Pierre Sarthou, *Agroécologue-entomologiste, INP-ENSAT/INRA Toulouse*

©Shepherd T.G., Stagnari F., Pisante M. and Benites J. 2008 *Visual Soil Assessment - field guide for annual crops. FAO, Rome, Italie*

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
Rome, 2008

Graham Shepherd, Pédologue,
BioAgriNomics.com, Nouvelle Zélande

Fabio Stagnari, Assistant de recherche, Université de Teramo, Italie

Michele Pisante, Enseignant chercheur,
Université de Teramo, Italie

José Benites, Responsable technique, Division des terres et des eaux, Département des Ressources naturelles, FAO

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention d'entreprises ou de produits de fabricants spécifiques, qu'ils soient ou non brevetés, ne signifie pas que ceux-ci ont été évalués ou recommandés par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture de préférence à d'autres entreprises ou produits de nature similaire qui ne sont pas mentionnés.

ISBN 978-92-5-105937-1

Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce produit d'information peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée.

Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au :

Chef de la Sous-division des politiques et de l'appui en matière de publications électroniques,

Division de la communication,

FAO,

Viale delle Terme di Caracalla,

00153 Rome, Italie

Ou par e-mail à :

copyright@fao.org

© FAO 2008

sommaire

- Introduction	Page 1
- Texture du sol	Page 4
- Structure du sol	Page 6
- Porosité du sol	Page 8
- Couleur du sol	Page 10
- Nombre et couleur des marbrures	Page 12
- Vers de terre	Page 14
- Profondeur d'enracinement	Page 16
- Repérer une zone de tassement du sol	Page 18
- Formation de flaques en surface	Page 20
- Croûte de battance / couverture du sol	Page 22
- Erosion du sol	Page 24
- La gestion du sol en cultures annuelles	Page 26
- Fiche d'évaluation du sol	Page 29

Index des tableaux et des figures

Figure 1 : Matériel nécessaire.	Page: 2
Figure 2 : Triangles des textures.	Page: 5
Tableau 1 : Comment noter la texture du sol.	Page: 5
Figure 3 : Comment évaluer la structure du sol.	Page: 7
Figure 4 : Comment évaluer la porosité du sol.	Page: 9
Figure 5 : Comment évaluer la couleur du sol.	Page: 11
Tableau 2 : Occupation du sol par des marbrures	Page: 12
Figure 6 : Comment évaluer les marbrures du sol.	Page: 13
Figure 7 : (a) Traces de vers de terre sous les résidus de culture, (b) vers de terre à queue jaune.	Page: 15
Figure 8 : Evaluer par prélèvement les vers de terre.	Page: 15
Tableau 3 : Notes visuelles pour les vers de terre.	Page: 15
Figure 9 : Creuser pour évaluer la profondeur d'enracinement potentiel.	Page: 17
Tableau 4 : Note visuelle pour la profondeur d'enracinement.	Page: 17
Figure 10 : Utiliser votre couteau pour déterminer la présence ou l'absence de tassement.	Page: 18
Figure 11 : Identifier la présence de tassement.	Page: 19
Figure 12 : La formation de flaques en surface d'un champ.	Page: 21
Tableau 5 : Note visuelle pour la formation des flaques.	Page: 21
Figure 13 : Comment noter la formation de croûte de battance et la couverture du sol.	Page: 23
Figure 14 : Comment noter l'érosion du sol.	Page: 25
Figure 15 : Semis-direct d'une culture annuelle sur un champ sensible à l'érosion et protégé par un couvert végétal détruit chimiquement.	Page: 27
Figure 16 : Semis d'une culture annuelle en strip-till sur un sol protégé par des résidus de récolte.	Page: 27
Figure 17 : Moisson du blé immédiatement suivie d'une implantation de la culture suivante en semis direct.	Page: 27

Avant-propos

Cette publication est adaptée de la méthodologie développée dans :

Shepherd, T.G. 2008. Visual Soil Assessment. Volume 1. Field guide for pastoral grazing and cropping on flat to rolling country. 2nd édition. Palmerston North, New Zealand, Horizons Regional Council. 106 pp.

Cette publication est financée par la FAO en collaboration avec le Centre de recherche et de formation en agronomie et productions végétales de l'Université de Teramo en Italie.

Remerciements version française

Aux étudiants de la Lp CoSyCA pour leur participation : Marion Bouffil, Marc Vézien, Pierre Cuendet; et bien entendu à Graham Shepherd pour sa méthode.

Liste des acronymes et abréviations

AEC	<i>Adenylate énergy charge</i> (ou charge énergétique en adénylates)
ATP	Adénosine triphosphate
Ca	Calcium
CO ₂	Dioxyde de carbone (Gaz carbonique)
Cu	Cuivre
Fe	Fer
GES	Gaz à effets de serre
K	Potassium
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
N	Azote
P	Phosphore
S	Soufre
NV	Note visuelle
VSA	<i>Visual Soil Assessment</i> (Evaluation visuelle du sol)
Zn	Zinc

Visual Soil Assessment

Introduction

Le maintien des sols en bon état est un élément essentiel pour la durabilité environnementale et économique des cultures annuelles. Une baisse de la qualité du sol a des conséquences importantes sur la croissance des plantes, le rendement, la qualité des grains et les coûts de production, sans compter l'augmentation du risque d'érosion du sol. Et cela se répercute sur la société et l'environnement, car corriger une baisse des propriétés physiques du sol prend du temps et revêt un coût considérable. La sauvegarde des ressources du sol et la réduction de l'empreinte écologique des cultures annuelles sont autant de missions qui incombent aux agriculteurs.

Souvent, nous n'accordons pas assez d'attention :

- au rôle fondamental que joue la qualité des sols dans la production ;
- à l'impact de l'état du sol sur la marge brute ;
- à la planification à long terme nécessaire pour maintenir une bonne qualité du sol ;
- à l'effet des pratiques agricoles sur la qualité du sol.

Les types de sol et les pratiques agricoles sont des éléments déterminants des caractéristiques des cultures annuelles, et, à long terme, ils ont des effets importants sur les bénéfices obtenus. Les agriculteurs, en leur qualité de gestionnaires de la terre, ont besoin d'outils fiables, rapides et faciles à utiliser pour évaluer l'état et la fertilité de leurs sols, et pour prendre les décisions nécessaires à une gestion durable des terres. C'est pour répondre à ce besoin que la méthode d'Évaluation Visuelle des Sols (Visual Soil Assessment, VSA) propose une méthode simple et rapide d'évaluation de l'état et de la fertilité du sol. La méthode VSA peut également être utilisée pour évaluer le potentiel et les limites d'un sol pour des cultures annuelles. Les sols ayant de bons scores VSA permettent généralement d'obtenir de meilleurs rendements pour des coûts opérationnels moindres.

La méthode d'évaluation visuelle des sols (VSA)

La méthode VSA est basée sur une évaluation visuelle d'éléments clés des sols et de la performance des plantes, qui sont des indicateurs précieux de la qualité des sols ; ils sont présentés sur la fiche d'évaluation. À l'exception de la structure du sol, les indicateurs du sol sont des indicateurs dynamiques, c'est-à-dire qu'ils évoluent en fonction des différentes pratiques culturales et pressions extérieures sur les sols. Ainsi, ces indicateurs nous renseignent sur les changements de conditions du sol et sont un outil efficace de suivi et de contrôle.

Évaluation visuelle

À chaque indicateur est attribuée une note visuelle (NV) entre 0 (médiocre), 1 (moyen) et 2 (bon), basée sur la qualité du sol observée, en comparaison avec les photos d'échantillons de sols montrés dans le guide. La notation est flexible, donc si l'échantillon que vous êtes en train d'évaluer ne correspond à aucune des photos mais se situe entre deux, vous pouvez lui attribuer une note intermédiaire : 0,5 ou 1,5. L'évaluation prévoit aussi un coefficient pour chaque indicateur, de 1, 2 ou 3, car certains indicateurs sont plus importants dans l'évaluation de la qualité du sol que d'autres. La note visuelle multipliée par son coefficient donne alors le résultat pour chaque indicateur.

La note finale de la qualité du sol pour chaque échantillon est ainsi donnée par la somme des résultats des 10 indicateurs. Reportez cette note finale sur l'échelle de notation indiquée en bas de la fiche d'évaluation pour déterminer la qualité générale de votre sol : médiocre, moyenne, bonne.

Fig 1 : matériel nécessaire

Le matériel nécessaire :

Pour réaliser l'évaluation, vous aurez besoin de :

- une pelle-bêche, pour creuser et prélever un cube de terre de 20 x 20 x 20 cm³ ou 20 cm d'arête ;
- une bassine en plastique (environ 45 cm de long, 35 cm de large et 25 cm de profondeur) ;
- une épaisse planche de bois (environ 26x26 cm²), posée au fond de la bassine en plastique ;
- une bâche en plastique/ un sac plastique robuste (environ 75x50cm) ;
- un couteau (de préférence long de 20cm) ;
- une bouteille d'eau ;
- un mètre (ruban à mesurer) ;
- un guide pratique de la méthode VSA ;
- une fiche d'évaluation du sol à compléter (page 29).



Le protocole

Quand réaliser le test ?

Il devrait être réalisé sur des sols humides et convenablement ressuyés. Si vous n'êtes pas sûrs, vous pouvez effectuer le « test du ver ». Prélevez un peu de terre, faites-en un boudin avec les doigts dans le creux de votre main jusqu'à obtenir un ver d'une longueur de 5 cm et une épaisseur de 4mm. Si la terre craque avant que le ver ne soit formé, ou si vous ne pouvez pas faire de ver du tout (par exemple si le sol est très sableux), vous pouvez réaliser le test. Si vous pouvez former le ver, cela signifie que le sol est trop mouillé pour faire le test.

Réalisation

Durée :

Environ 25 min par test. Pour une évaluation véritablement représentative, comptez environ 4 tests par zone de 5 hectares.

Echantillon de référence :

Prélevez un échantillon de sol (environ 10cm de long, 5cm de large et 15cm d'épaisseur) près d'une clôture ou d'une zone protégée similaire. Cela permettra de disposer d'un échantillon de sol non perturbé pour comparer la couleur du sol. Cet échantillon servira aussi de référence pour évaluer la structure et la porosité du sol.

Zones :

Pour le test, choisissez des sites qui soient représentatifs de la parcelle. L'état du sol dans une parcelle n'est pas homogène. Evitez par exemple les zones de passage de tracteur. Cependant, la méthode VSA peut aussi être utilisée pour mesurer les effets des passages de tracteur sur la qualité du sol, si vous choisissez de prélever un échantillon provenant de ces zones. N'oubliez pas d'écrire sur la fiche d'évaluation la position exacte du prélèvement, de façon à pouvoir réaliser un suivi futur.

Information relative à la zone

Sur la fiche d'évaluation du sol, complétez les tableaux du haut indiquant les caractéristiques de la zone évaluée. Vous pouvez inscrire toutes les informations supplémentaires que vous jugerez nécessaires.

Réalisation du test

Observation initiale :

Avec la pelle, creusez un petit trou (20x20cm, par 30cm de profondeur) et observez la couche superficielle : son uniformité, sa texture, sa friabilité ou sa fermeté. Un couteau pourra vous être utile pour l'évaluer.

Prélever l'échantillon :

Si le sol est uniforme, prélever un cube de 20cm d'arête.

Vous pouvez creuser à la profondeur que vous voulez, mais assurez vous de prélever l'équivalent d'un cube de 20cm d'arête. Si par exemple, les 10 premiers cm de sol sont compactés et que vous souhaitez évaluer leur état, creusez deux trous de 20x20x10cm avec la pelle. Si la zone comprise entre 10 et 20cm de profondeur est marquée par une semelle de labour et vous souhaitez évaluer son état, retirer les premiers 10 cm de sol et creusez deux trous de 20x20x10cm. D'ailleurs, le fait de prélever un échantillon de ce volume au-dessous de la couche superficielle peut fournir de précieuses informations sur l'état du sous-sol et donc sur les conséquences pour la croissance des plantes et sur les pratiques agricoles.

Le test du lâcher :

Laisser tomber l'échantillon de terre, maximum trois fois, d'environ 1m de hauteur sur la planche de bois dans la bassine en plastique. Le nombre de fois que l'échantillon est lâché et la hauteur de chute dépendent de la texture du sol et de comment le sol se fragmente, comme vous le verrez dans la section consacrée à la structure du sol.

Inscrivez systématiquement les notes visuelles correspondant à chaque indicateur sur la Fiche d'évaluation, en comparant votre échantillon avec les photos ou tableaux présentés dans le guide.



Evaluation

- 1) Prenez un petit morceau de sol (la moitié de votre pouce) représentatif de la partie profonde de votre échantillon.
- 2) Mouillez-le à l'aide de la bouteille d'eau, pétrissez-le et malaxez-le dans le creux de votre main en vous aidant de votre pouce et de votre index, jusqu'à ce qu'il soit le plus collant possible.
- 3) Essayez de le modeler en une boule, et évaluez la texture du sol en fonction des critères donnés dans le Tableau 1.

Avec de l'expérience, on peut évaluer la texture directement au toucher en estimant les pourcentages de sables, limons et argiles et en s'aidant du triangle des textures (Figure 2).

Parfois, la note visuelle de texture devra être modifiée du fait de la nature d'un élément de texture. Par exemple, si le sol présente une teneur élevée en matière organique, c'est-à-dire qu'il est humique avec 15 à 30% de matière organique, vous pouvez augmenter la note visuelle de 1 point. Si le sol contient des pierres ou graviers en grande quantité, baissez la note visuelle de 0,5 point.

Enfin, il peut arriver que la note visuelle de texture doive être modifiée en raison des préférences spécifiques d'une culture pour une texture de sol particulière. Par exemple, les asperges préfèrent les sols sablo-limoneux et dans ce cas on peut remonter la note de 0,5 point.



Important

La texture du sol nous renseigne sur la taille des particules minérales, regroupées en trois grandes catégories : sables, limons et argiles. Les sables regroupent les particules ayant une taille supérieure à 0,06mm ; la taille des limons varie entre 0,06 et 0,02 mm, et les particules d'argile sont inférieures à 0,02 mm. Evaluer la texture du sol nous permet de connaître la proportion de ces différents groupes dans le sol. La texture d'un sol influence beaucoup son comportement, notamment au niveau de la rétention et de la disponibilité de l'eau, de la structure, de l'aération, du drainage, de la maniabilité et praticabilité, de la vie dans le sol, et de sa capacité à fournir et retenir les éléments nutritifs.

Bien connaître à la fois la texture d'un sol et la profondeur d'enracinement potentiel permet d'évaluer approximativement le volume de la réserve d'eau de ce sol, qui est un élément clé pour la production.

Fig 2 : triangle des textures

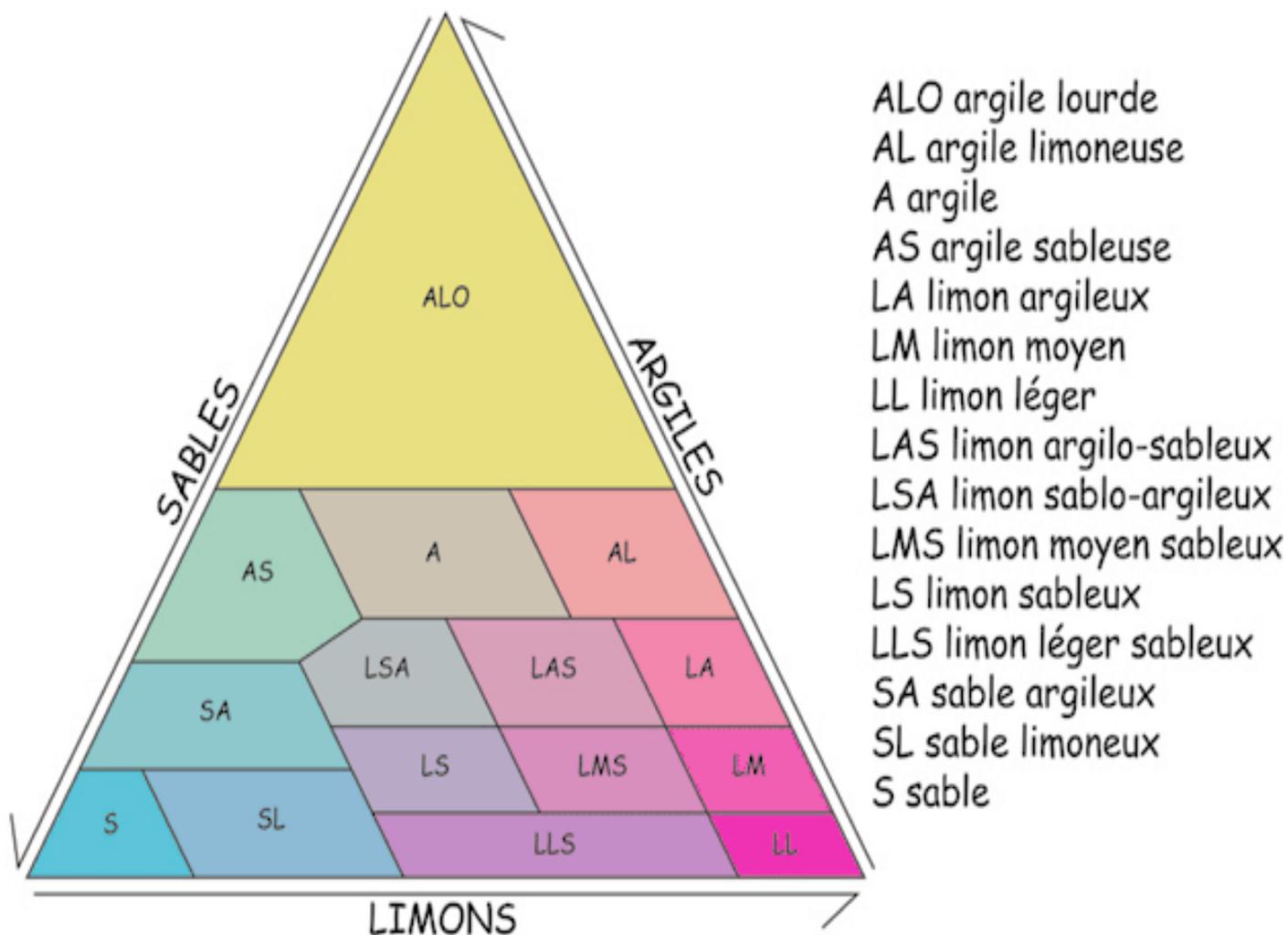


TABLEAU 1 : Comment noter la texture du sol

Note visuelle	Catégorie de textures	Description
2 = bonne	Limoneux	Sensation savonneuse, douce, légèrement collante, pas de granularité. Peut se modeler en une boule homogène qui se fissure lorsqu'on la presse.
1.5 = moyennement bonne	Limono-argileux	Très doux, collant et plastique. Peut se modeler en une boule homogène qui se déforme sans se fissurer.
1 = moyenne	Limono-sableux	Toucher légèrement râpeux et émet un léger son grinçant. Peut se modeler en une boule homogène qui se fissure lorsqu'on la presse.
0.5 = moyennement mauvaise	Sablo-limoneux Argilo-limoneux Argileux	Sablo-limoneux: Toucher râpeux et émet un son grinçant. Peut presque se modeler en une boule, mais qui se désintègre lorsqu'on la presse. Argilo-limoneux, argile: très doux, très collant, très plastique. Peut se modeler en une boule homogène qui se déforme sans se fissurer.
0 = mauvaise	Sableux	Emet un son graveleux et grinçant. Ne peut pas être modelé en une boule



Evaluation

- 1) Avec la pelle, retirez un cube de 20cm d'arrête de la couche superficielle (entre ou sur les passages tracteur)
- 2) Laissez tomber le cube de terre au maximum trois fois d'une hauteur de 1m sur la planche de bois posée au fond de la bassine en plastique. Si de grosses mottes se détachent après la première ou la deuxième chute, lâchez-les à nouveau, individuellement, une ou deux fois. Si une motte se brise en petites unités (structure primaire) après la première ou la deuxième chute, il n'est pas nécessaire de la lâcher à nouveau. Quoiqu'il arrive, ne lâchez pas un morceau de terre plus de trois fois. Pour les sols à texture sableuse ou limono-sableuse, lâchez le cube de sol directement depuis la pelle, une seule fois, d'une hauteur de seulement 50 cm.
- 3) Transférez les morceaux de terre obtenus sur la bâche en plastique
- 4) En forçant légèrement, essayez de séparer à la main chaque motte le long des fissures apparentes. Si les mottes ne se séparent pas facilement, n'insistez pas, cela signifie que les fissures ne sont pas continues et ne permettent pas le passage de l'oxygène, de l'air et de l'eau.
- 5) Placez les morceaux les plus gros à une extrémité de la toile en plastique et les plus fins à l'autre extrémité. Organisez les agrégats de façon à répartir équitablement le poids sur la surface de la bâche. On obtient ainsi une mesure de la répartition des agrégats par taille. Comparez le résultat avec les trois photos ci-dessous et selon les critères donnés.



Important

La structure du sol est extrêmement importante. Elle permet de réguler :

- > l'aération du sol et les taux d'échanges gazeux ;
- > la température du sol ;
- > l'infiltration de l'eau dans le sol et l'érosion ;
- > le mouvement et le stockage de l'eau ;
- > les apports en éléments nutritifs ;
- > la pénétration et le développement des racines ;
- > la facilité de travail du sol ;
- > la praticabilité du sol ;
- > la résistance du sol face aux dégradations potentielles.

Une bonne structure du sol réduit la sensibilité au compactage et augmente les possibilités d'intervention, que ce soit en non-labour, travail simplifié ou pour le passage d'outils entre les rangs.

La structure est évaluée en fonction de la taille, de la forme, de la fermeté, de la porosité et de l'abondance relative des agrégats et des mottes. Des sols présentant une bonne structure sont formés d'agrégats friables, poreux, subangulaires et subarrondis (en forme de noix). Ceux présentant une structure médiocre sont composés de grosses mottes de terre, compactes, denses, très fermes, angulaires et subangulaires, très serrées entre elles et qui présentent une forte résistance à la traction.

Fig 3 : comment évaluer la structure du sol



BON ETAT NV = 2

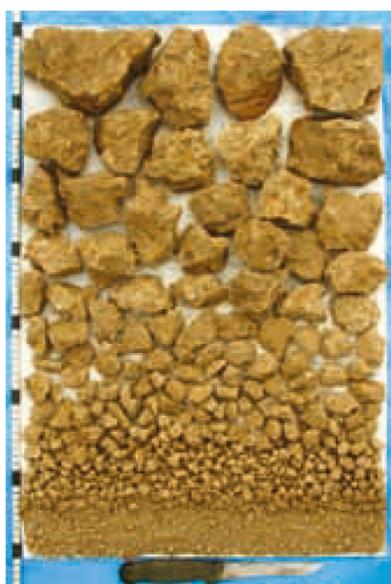
Sol dominé par des agrégats fins et friables sans mottes importantes.

Les agrégats sont généralement arrondis (type noix) et souvent très poreux.



ETAT MOYEN NV = 1

Le sol contient des proportions importantes (50%) à la fois de mottes grossières et d'agrégats fins et friables. Les grosses mottes sont fermes, ont une forme angulaire et présentent peu ou pas de pores.



MAUVAIS ETAT NV = 0

Sol dominé par des mottes grossières avec très peu d'agrégats plus fins. Les mottes grossières sont très fermes, angulaires et ont très peu ou pas de pores.

Evaluation

- 1) Prélevez une tranche de terre (environ 10cm de large, 15cm de long et 20cm de profondeur) à partir d'un côté du trou, et cassez-la en deux.
- 2) Examinez la porosité de la face fraîchement exposée en la comparant avec les trois photos. Examinez les espaces, les trous, les crevasses et les fissures entre et à l'intérieur des mottes et agrégats.
- 3) Etudiez aussi la porosité d'un certain nombre de grosses mottes tirées du test de structure du sol. Cela vous donnera une information supplémentaire sur la porosité des mottes (la porosité intra-agrégat).

Important

Il est important d'évaluer la porosité du sol en même temps que sa structure. En effet, la porosité, et en particulier la macroporosité, influence la circulation de l'air et de l'eau dans le sol. Des sols ayant une bonne structure présentent une importante porosité entre et à l'intérieur des agrégats, tandis que les sols ayant une structure médiocre peuvent ne pas avoir de macropores et peu de micropores à l'intérieur des mottes, empêchant ainsi leur drainage et leur aération.

Une mauvaise aération entraîne la production de CO₂, de méthane et de gaz sulfurés. De plus, cela diminue l'accès des plantes à l'eau et aux nutriments, en particulier pour l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et le soufre (S). Le S et le N ne sont assimilables par les plantes que sous forme de sulfate (SO₄²⁻), de nitrates (NO₃⁻) et d'ammonium (NH₄⁺). Par conséquent, les plantes ont besoin de sols aérés pour assimiler et utiliser efficacement le S et le N. Le nombre, l'activité et la biodiversité des microorganismes et des vers de terre sont également plus importants dans des sols bien aérés, de sorte que la décomposition et le recyclage de la matière organique se fait plus efficacement.

La présence de pores dans les sols permet le développement et la multiplication des racines superficielles essentielles à l'absorption des nutriments. Les racines sont incapables de pénétrer et de se développer dans des sols trop compacts, limitant sérieusement la capacité des plantes à utiliser l'eau et les nutriments disponibles dans le sol. Une forte résistance à la pénétration ne limite pas seulement l'assimilation de l'eau et des nutriments, mais cela réduit aussi considérablement l'efficacité des engrais et augmente la sensibilité des plantes aux maladies racinaires.

Les sols ayant une bonne porosité produisent généralement moins de gaz à effet de serre (GES). Avec une porosité importante et un bon drainage, les pores atteignent moins rapidement le niveau critique de saturation en eau générant la production de gaz à effet de serre. Voilà pourquoi il faut essayer autant que possible de garder la note visuelle de porosité du sol au dessus de 1.

Fig 4 : comment évaluer la porosité du sol



BON ETAT NV = 2

Les sols présentent de nombreux macropores et micropores entre et à l'intérieur des agrégats, combiné à une structure bien visible.



ETAT MOYEN NV = 1

On trouve nettement moins de macro et micropores entre et à l'intérieur des agrégats, mais on en trouve quand même par endroits si on examine le sol de près. Le sol est moyennement consolidé.



MAUVAIS ETAT NV = 0

On ne distingue aucun macro et micropore, la motte est massive, compactée et sans structure. La surface de la motte est lisse avec peu ou pas de fissures et peut présenter des angles aigus sur les bords.

Evaluation

- 1) Comparez la couleur d'une tranche de sol de la parcelle avec un échantillon de sol pris en bordure ou dans une zone protégée, non cultivée.
 - 2) En utilisant les trois photos et les critères d'évaluation donnés, évaluez les différences de couleurs entre les deux échantillons.
- Comme la couleur de la couche superficielle du sol peut varier beaucoup selon les types de sol, les photos montrent le degré de différence plutôt que la couleur du sol en tant que telle.

Important

La couleur du sol est un très bon indicateur de la qualité du sol, car elle permet de mesurer indirectement d'autres propriétés utiles du sol qui ne peuvent pas être mesurées de façon simple et précise. En général, on retient que plus la couleur du sol est noire, plus il contient de matière organique. Un changement de couleur peut ainsi indiquer un changement au niveau de la matière organique dû à des pratiques agricoles particulières. La matière organique du sol joue un rôle important de régulation dans la plupart des processus biologiques, chimiques ou physiques qui sont déterminants pour la santé du sol. Elle favorise l'infiltration et la rétention de l'eau, aide à élaborer et à stabiliser la structure du sol, amortit les impacts des passages, réduit le potentiel d'érosion éolienne et hydrique. Enfin, la matière organique nous indique si le sol fonctionne comme un puits à carbone ou bien comme émetteur de GES. La matière organique constitue aussi une ressource alimentaire importante pour les organismes du sol et sert de réservoir d'éléments nutritifs pour les plantes. Une diminution de la matière organique réduit la fertilité du sol et sa capacité à fournir des éléments nutritifs : les besoins des cultures en N, P, K et S augmentent nettement, alors que d'autres macro et oligo-éléments sont lixiviés plus rapidement. En découle une dépendance croissante aux apports d'engrais pour pallier la baisse d'éléments nutritifs.

De plus, la couleur du sol peut être un indicateur utile de la capacité de ressuyage du sol et de son degré d'aération. En effet, la couleur du sol n'est pas seulement due à la quantité de matière organique mais est aussi influencée par la forme chimique (ou l'état d'oxydation) du fer (Fe) et du manganèse (Mn). Les sols bruns, brun-jaune, rouge-brun ou rouges, sans marbrures, sont des sols bien aérés et ressuyés où le fer et le manganèse se trouvent sous leur forme oxydée, d'oxydes ferriques (Fe^{3+}) et manganiques (Mn^{3+}).

Au contraire, des couleurs gris-bleu sont caractéristiques de sols peu ressuyés et peu aérés, conditions qui réduisent le fer et le manganèse en oxydes ferreux (Fe^{2+}) et manganeux (Mn^{2+}).

Un manque d'aération et un engorgement prolongés entraînent une série de réactions de réduction chimique et biochimique qui produisent des toxines telles que l'hydrogène sulfuré, le dioxyde de carbone, le méthane, l'éthanol, l'acétaldéhyde et l'éthylène, qui à leur tour endommagent le système racinaire. Cela réduit la capacité des plantes à assimiler l'eau et les nutriments, et diminue leur potentiel de croissance. Dans les sols sujets à l'engorgement, on trouve plus facilement des ravageurs et des maladies, telles que *Rhizoctonia*, *Pythium* ou fusariose, qui provoquent le dépérissement et la pourriture des racines.

Fig 5 : comment évaluer la couleur du sol



BON ETAT NV = 2

Couche superficielle du sol de couleur brun sombre, assez proche de la couleur de l'échantillon de référence.



ETAT MOYEN NV = 1

La couleur de la couche superficielle du sol étudié est globalement plus pâle que celle de l'échantillon de référence, mais faiblement.



MAUVAIS ETAT NV = 0

La couleur du sol est nettement plus pâle que celle de l'échantillon de référence.

Evaluation

Prenez un échantillon de sol (environ 10cm de large x 15cm de long x 20cm de profondeur) sur le côté du trou et comparez avec les trois photographies et le tableau de pourcentage (tableau 2) pour déterminer le pourcentage de sol occupé par les marbrures.

Les marbrures sont des taches ou des zones de couleur différente parsemées sur la couleur dominante du sol.

Important

Le nombre et la couleur des marbrures donnent une bonne idée de la capacité de ressuyage du sol et de son aération. Les marbrures servent aussi à avertir d'une détérioration de la structure du sol due à un compactage sous les roues de tracteur ou à une surexploitation de la parcelle. Une mauvaise structure du sol réduit le nombre de canaux et de pores pour la circulation de l'eau et de l'air, et, par conséquent, peut provoquer un engorgement et un manque d'oxygénation prolongé. Les conditions anaérobiques (sans oxygène) réduisent le fer et le manganèse, qui passent d'une forme oxydée brun rouge (Fe^{3+} et Mn^{3+}) à une forme grise, d'oxydes ferreux et manganéux (Fe^{2+} et Mn^{2+}). Les marbrures se développent selon des nuances d'orange ou de gris, selon le degré d'oxydation ou de réduction du fer et du manganèse. Au fur et à mesure que l'oxygène vient à manquer, les taches orange puis grises apparaissent et finissent par prédominer. De nombreuses marbrures de couleur grise indiquent un sol très mal ressuyé et très mal aéré durant une bonne partie de l'année. La présence de seulement quelques taches orange et grises (10 à 25%) dénote des sols assez mal ressuyés sujets à des engorgements périodiques. Les sols qui ne présentent que quelques marbrures orange sont des sols assez bien ressuyés, tandis que l'absence totale de marbrures est caractéristique de sols très bien ressuyés.

Une mauvaise aération réduit l'absorption de l'eau par les plantes et peut entraîner leur flétrissement. Cela peut aussi diminuer l'assimilation des nutriments, en particulier N, P, K, S et Cu. De plus, une mauvaise aération retarde la dégradation des résidus organiques, et peut entraîner les réactions de réduction chimique et biochimique mentionnées plus haut. En outre, dans les sols qui sont fortement tachetés et mal aérés, le développement de maladies fongiques telles que *Rhizoctonia*, *Pythium* et *Fusarium*, la pourriture des racines, la pourriture du pied et la pourriture de la couronne, peuvent entraîner le dépérissement des racines. Si votre note visuelle de marbrures est = 1, c'est que votre sol a besoin d'être aéré.

TABLEAU 2 : occupation du sol par des marbrures

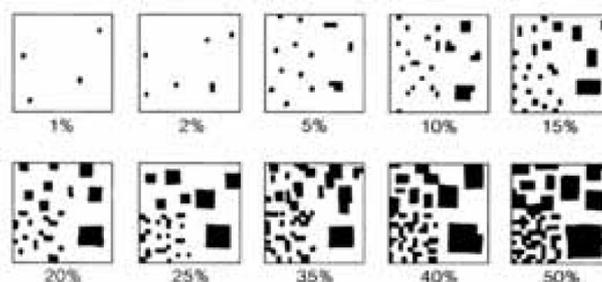


Fig 6 : comment évaluer les marbrures du sol



BON ETAT NV = 2

Il n'y a quasiment pas de marbrures.



ETAT MOYEN NV = 1

Le sol présente des marbrures fines et moyennes, orange ou grises (10 à 25%)



MAUVAIS ETAT NV = 0

Le sol présente de nombreuses à très nombreuses marbrures (>50%) de taille moyenne, de couleur orange-rouille ou grise.

Evaluation

A partir de l'échantillon de sol utilisé pour évaluer la structure du sol, comptez les vers de terre à la main, et comparez avec les catégories du tableau 2. Les vers de terre varient en taille et en nombre selon les espèces et la saison. Par conséquent, pour comparer d'une année sur l'autre, le nombre de vers de terre doit être évalué à la même période de l'année et lorsque les taux d'humidité et la température du sol sont bons.

Ici, le nombre de vers de terre est présenté pour un cube de 20cm d'arrête. Habituellement, les nombres de vers de terre sont rapportés par mètre carré. Pour comparer avec d'autres données, un cube de 20 cm d'arrête équivaut à 1/25 m², il faut donc multiplier le nombre de vers de terre par 25 pour le transposer au mètre carré.

Important

Les vers de terre sont un bon indicateur de l'état et de la santé biologique du sol, car les espèces et leur densité de population sont très sensibles aux changements des propriétés du sol et aux pratiques agricoles. Grâce à leur travail d'enfouissement, à leur alimentation, leur digestion et leurs déjections, les vers de terre ont un effet déterminant sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol. Ils déchirent et décomposent les résidus végétaux, les transforment en matière organique et relâchent des nutriments minéraux. Comparé à une terre non digérée par les vers de terre, les déjections de vers de terre peuvent contenir jusqu'à 5 fois plus d'azote assimilable par les plantes, 3 à 7 fois plus de P assimilable, 11 fois plus de K assimilable, et 3 fois plus de Mg assimilable. Elles peuvent aussi contenir plus de Ca assimilable et une forme assimilable de Mo, avec des quantités plus importantes d'eau, de matière organique et un pH plus élevé. De plus, les vers de terre fonctionnent comme des aérateurs biologiques et des conditionneurs physiques du sol, en améliorant :

- La porosité du sol
- L'aération du sol
- La structure du sol et la stabilité des agrégats
- La rétention d'eau
- L'infiltration de l'eau
- Le ressuyage

Ils permettent aussi de réduire l'érosion et le ruissellement de surface. Ils favorisent la croissance des plantes en sécrétant des hormones de croissance et en augmentant la densité et le développement des racines du fait de leur croissance rapide dans les canaux de vers de terre enrichis en nutriments. Les vers de terre peuvent laisser de 25 à 30 tonnes de déjections/ha/an à la surface du sol, et 70% de leurs déjections se trouvent sous la surface. Par conséquent, les vers de terre jouent un rôle très important dans les sols cultivés et améliorent la croissance des plantes, les rendements et les taux de protéines de façon significative.

Par ailleurs, les vers de terre augmentent la population de microorganismes, leur activité et leur diversité. Les actinomycètes peuvent se multiplier par 6 ou 7 durant le passage de la terre dans le tube digestif des vers, et, avec d'autres microorganismes, ils jouent un rôle important dans la décomposition de la matière organique en humus. Les microorganismes du sol, tels que les champignons mycorhiziens, jouent eux aussi un rôle important dans la fourniture des nutriments. Ils digèrent le sol et les engrais, et rendent assimilables les nutriments fixés dans le sol, tels que le phosphore. Les microorganismes retiennent aussi des quantités significatives d'éléments nutritifs dans leur biomasse, et les restituent à leur mort.

Fig 7: (a) traces de vers de terre sous les résidus de culture, (b) vers de terre à queue jaune



Par ailleurs, ils produisent les hormones de croissance et des composés qui stimulent la croissance racinaire et ils favorisent une bonne aération, structure, infiltration et rétention de l'eau dans le sol. Les micro-organismes permettent en outre de diminuer la pression des maladies et des ravageurs. Les bénéfices tirés des microorganismes peuvent permettre d'augmenter la production agricole et de diminuer les apports d'engrais.

Le nombre de vers de terre (et leur biomasse) est déterminé par la quantité de nourriture disponible en matière organique et micro-organismes, elle-même déterminée par les cultures, la quantité et la qualité des résidus de surface, l'utilisation de couverts végétaux et les méthodes de travail du sol. Les populations de vers de terre peuvent être jusqu'à trois fois plus importantes en système de non-labour comparé à un sol travaillé de façon conventionnelle. Le nombre de vers de terre est aussi déterminé par : l'humidité du sol, la température, la texture, l'aération, le pH, les nutriments (dont le Ca), ainsi que le type et la quantité de N utilisé. La sur-utilisation d'engrais acidifiants à base de sels, tels que les produits composés d'ammoniac, et certains insecticides et fongicides, peuvent réduire encore plus le nombre de vers de terre.

Les sols doivent présenter une grande diversité d'espèces de vers de terre avec une combinaison de : (i) mangeurs de surface qui vivent dans ou près de la surface pour décomposer les résidus végétaux et le fumier, (ii) les espèces de couches superficielles qui enfouissent, ingèrent et mélangent les 20 à 30 premiers cm du sol, et (iii) les espèces des couches profondes qui amènent en profondeur et mélangent la litière végétale et la matière organique.

Les espèces de vers de terre peuvent aussi indiquer l'état général du sol. Par exemple, un grand nombre de vers de terre à queue jaune (*Octolasion cyaneum*) peut être révélateur d'un mauvais état du sol.

Fig 8: évaluer par prélèvement les vers de terre

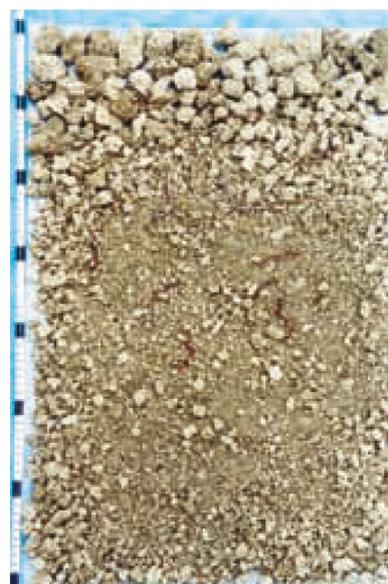


TABLEAU 3 : Note visuelle pour les vers de terre

Note visuelle	Nombre de vers de terre (par 20 cm ³ de terre)
2 = bonne	> 30 (avec de préférence 3 espèces ou plus)
1 = moyenne	15-30 (avec de préférence 2 espèces ou plus)
0 = médiocre	< 15 (avec une espèce prédominante)

Evaluation

Creusez un trou pour identifier la profondeur d'un horizon plus tassé limitant la progression des racines, et comparez avec les valeurs du tableau 3. En creusant, soyez attentif à la présence de racines et d'anciens canaux radiculaires, de tunnels de vers de terre, fissures et crevasses dans lesquelles les racines peuvent se développer.

Regardez également s'il existe un horizon de sur-épaississement des racines (du fait d'une forte difficulté de pénétration) et si les racines sont forcées de croître horizontalement (syndrome de l'angle droit). De plus, observez la fermeté et l'étanchéité du sol : si le sol est gris et fortement gleyifié en raison d'un engorgement prolongé et s'il y a un horizon plus dur tel qu'un tassement d'origine humaine ou une semelle de labour, ou bien un horizon naturel comme une couche de fer, silice ou calcite. Une transition abrupte entre une couche de sol fin, lourd, et une couche de sol grossier (sable / gravier) limite également le développement des racines. Une estimation approximative de la profondeur d'enracinement potentiel peut être faite aussi sur un talus routier ou une évacuation ouverte, toujours en étudiant les propriétés énoncées ci-dessus.

Important

La profondeur d'enracinement potentiel est la profondeur de sol que les plantes peuvent potentiellement exploiter avant d'atteindre un horizon offrant une trop forte résistance au développement de leurs racines. Cette profondeur nous renseigne sur la capacité du sol à fournir un milieu adapté à l'enracinement des plantes. Plus l'enracinement potentiel est profond, plus la capacité de rétention en eau du sol est importante. Durant les périodes de sécheresse, les racines profondes peuvent accéder à de plus grandes réserves d'eau, ce qui atténue le stress hydrique et favorise la survie des cultures non-irriguées. L'exploration d'un important volume de sol par des racines profondes signifie que les plantes ont aussi accès à plus de macro- et micronutriments, ce qui accélère leur croissance et améliore les rendements ainsi que la qualité de la récolte.

À l'inverse, dans les sols ayant une faible profondeur d'enracinement, causée par un horizon trop compacté (semelle de labour, ...), la croissance et le développement vertical des racines sont limités, et les racines sont obligées de se développer sur les côtés. Cela limite l'absorption de l'eau et des nutriments par les plantes, réduit l'efficacité des engrais, favorise la lixiviation et diminue les rendements. Une forte résistance à la pénétration des racines peut aussi augmenter le stress et la sensibilité des plantes aux maladies racinaires. En outre, un horizon tassé entrave la circulation de l'air, de l'oxygène et de l'eau à travers le profil du sol. Une mauvaise infiltration de l'eau augmente la probabilité d'engorgement du sol et sa sensibilité à l'érosion en nappe ou par rigoles.

La profondeur d'enracinement potentiel peut aussi être limitée par :

- Un changement abrupt de texture
- Le pH
- La toxicité aluminique
- Des carences en nutriments
- La salinité
- La sodicité
- Une nappe phréatique proche de la surface ou fluctuante
- De faibles niveaux d'oxygène

Des conditions anaérobies (anoxie), causées par la désoxygénation et par un engorgement prolongé, limitent aussi la profondeur d'enracinement à cause de l'accumulation à des niveaux toxiques de sous-produits de réactions de réduction chimiques et biochimiques (hydrogène sulfuré, sulfure de fer, dioxyde de carbone, méthane, éthanol, acétaldéhyde et éthylène).

Les cultures ayant un système racinaire vigoureux et profond permettent d'augmenter la teneur en matière organique du sol et stimulent la vie du sol en profondeur. L'action physique des racines, les micro-organismes du sol et les substances colloïdales qu'ils produisent participent à améliorer la structure, la porosité, le stockage de l'eau, l'aération du sol et le drainage en profondeur. Un système racinaire profond et dense offre d'énormes possibilités d'accroissement de la production tout en présentant des avantages environnementaux importants. Les cultures sont moins dépendantes des apports en engrais, azotés et autes, pour se développer, et les nutriments disponibles sont plus susceptibles d'être assimilés, réduisant ainsi les pertes par lixiviation.

Fig 9 : creuser pour évaluer la profondeur d'enracinement potentiel



La profondeur d'enracinement potentiel s'étend jusqu'au bas de la flèche, en dessous de laquelle le sol est extrêmement ferme et compact, sans traces de racines ou d'anciens canaux radiculaires, sans tunnels de vers de terre et sans aucune fissure ou crevasse dans lesquelles les racines pourraient s'infiltrer.

TABLEAU 4 : note visuelle pour la profondeur d'enracinement

Note visuelle	Profondeur d'enracinement potentiel (m)
2 = Bonne	> 0.8
1.5 = Moyennement bonne	0.6–0.8
1.0 = Moyenne	0.4–0.6
0.5 = Moyennement mauvaise	0.2–0.4
0 = Mauvaise	< 0.2

Repérer une zone de tassement du sol

Evaluation

- 1) Examinez la présence d'un horizon tassé en donnant de rapides coups de couteau sur le côté du profil de sol qui a été creusé pour évaluer la profondeur d'enracinement potentiel, en partant du haut et en progressant systématiquement et rapidement vers le fond du trou (ref. Fig. 10). Observez la facilité ou au contraire la difficulté d'enfoncer le couteau dans le sol à mesure que vous descendez le long du profil. Une zone tassée fortement développée se présente comme très compacte, avec une forte résistance à la pénétration de la lame. Soyez particulièrement attentif à la partie inférieure de la couche superficielle et à la partie supérieure de la couche profonde, car c'est là que surviennent fréquemment les semelles de labour.
- 2) Après avoir identifié la présence d'une zone tassée, vous pouvez évaluer le degré de tassement de cette zone. Prélevez un échantillon de terre de la largeur de votre main et évaluez sa structure, sa porosité et le nombre et la couleur des marbrures, et recherchez également la présence de racines. Comparez avec les photographies et les critères énoncés dans la figure 11.

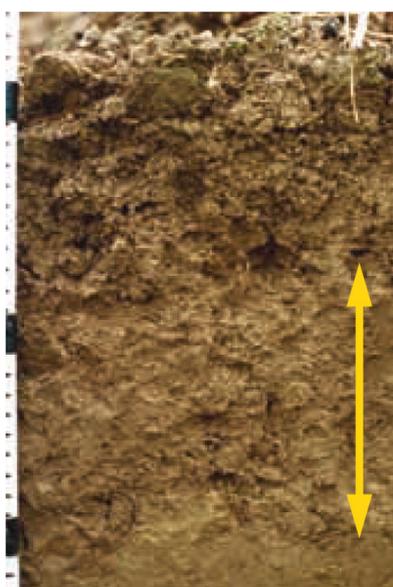
Fig 10 : utiliser votre couteau pour déterminer la présence ou l'absence de tassement



Fig 11 : identifier la présence de tassement

**PAS DE ZONE TASSEE**

Le sol présente une faible résistance à la pénétration du couteau. On trouve facilement et en grand nombre des racines, des anciens canaux radiculaires, des tunnels de vers de terre et des fissures. La couche superficielle du sol est friable avec une structure très visible et une importante porosité.

**ZONE MOYENNEMENT TASSEE**

Le sol présente une résistance moyenne à la pénétration de la lame. Il est dur avec une structure peu visible et une porosité évaluée à 0,5 à 1 point. On trouve quelques racines et anciens canaux radiculaires, quelques tunnels de vers de terre et quelques fissures. L'échantillon peut présenter quelques marbrures orange et grises. Notez la semelle de labour moyennement développée dans la moitié inférieure de la couche arable (flèche).

**ZONE TRES TASSEE**

Le sol présente une forte résistance à la pénétration de la lame. Il est très compact, très dur et massif (c'est à dire sans structure apparente du sol) et a une porosité nulle. Il n'y a pas de racines ni d'anciens canaux radiculaires, pas de tunnels ni de fissures. L'échantillon peut présenter de nombreuses marbrures orange et grises. Notez la semelle de labour fortement développée dans la moitié inférieure de la couche arable (flèche).

Evaluation

Évaluez le degré de formation de flaques en fonction de votre observation ou de votre souvenir général du temps qu'il faut pour les voir disparaître après une période pluvieuse au printemps, et comparez-le avec le tableau 4.

Important

La formation de flaques et le nombre de jours que l'eau reste à la surface nous donnent des renseignements sur le taux d'infiltration de l'eau dans le sol, sur une nappe phréatique proche de la surface, et sur le seuil de saturation du sol. Un engorgement prolongé épuise les réserves d'oxygène du sol, entraînant des conditions anaérobies (anoxie) qui provoquent un stress racinaire et restreignent la respiration et la croissance des racines.

Les racines ont besoin d'oxygène pour respirer. C'est au printemps qu'elles sont les plus vulnérables à la formation de flaques et à l'engorgement des sols. En effet, au printemps, les racines et les tiges des plantes grandissent rapidement, les taux de respiration et transpiration augmentent et les besoins en oxygène sont alors élevés. Les racines sont également sensibles à l'engorgement en été, quand les taux de transpiration sont les plus élevés. De plus, la formation de flaques provoque la mort des racines fines responsables de l'assimilation des nutriments et de l'absorption de l'eau. Une baisse de l'absorption de l'eau au moment où la plante transpire abondamment entraîne le dessèchement rapide des feuilles et le flétrissement de la plante.

Un engorgement prolongé augmente également le risque de ravageurs et de maladies (y compris *Rhizoctonia*, *Pythium* et *Fusarium*), et réduit la capacité des racines à surmonter les effets nocifs des agents pathogènes au niveau de la couche superficielle du sol. Le stress des plantes induit par une mauvaise aération et une saturation prolongée des sols peut rendre les cultures moins résistantes aux attaques d'insectes ravageurs tels que les pucerons, les chenilles légionnaires, le ver gris ou la larve de taupin. Les plantes s'affaiblissent, accusent un retard de croissance au printemps, elles finissent par se décolorer et mourir.

L'engorgement et la désoxygénation se traduisent aussi par une série de réactions de réduction chimiques et biochimiques indésirables, dont les sous-produits sont toxiques pour les racines. Le nitrate assimilable par les plantes (NO_3^-) est réduit par dénitrification en nitrite (NO_2^-) et en oxyde d'azote (N_2O), un puissant gaz à effet de serre. Les ions sulfates, assimilable par la plante (SO_4^{2-}), est réduit en sulfure, y compris en hydrogène sulfuré (H_2S), en sulfure de fer (FeS) et en sulfure de zinc (ZnS).

Le fer est réduit à des ions solubles ferreux (Fe^{2+}), et le manganèse à des ions manganeux (Mn^{2+}). En plus des sous-produits toxiques libérés, le résultat est une diminution de la quantité de N et S disponibles pour les plantes. La respiration anaérobie des micro-organismes produit également du dioxyde de carbone et du méthane (deux GES), de l'hydrogène, de l'éthanol, de l'acétaldéhyde et de l'éthylène. Toutes ces substances inhibent la croissance des racines quand elles sont accumulées en trop grandes quantités dans le sol. Contrairement à la respiration aérobie, la respiration anaérobie produit insuffisamment d'énergie sous forme d'adénosine triphosphate (ATP) et d'adénylate (AEC) pour permettre la croissance des plantes et des microbes.

La tolérance du système racinaire à la formation de flaques et à l'engorgement du sol dépend d'un certain nombre de facteurs : la période de l'année ; le type de culture ; la température du sol et de l'air ; le type de sol ; l'état du sol ; la variation des nappes phréatiques, et enfin le taux d'apparition et la gravité de l'anaérobiose (ou anoxie), elle-même fonction de la teneur initiale du sol en oxygène et du taux de consommation d'oxygène.

La présence prolongée de flaques en surface rend le sol plus vulnérable aux passages de tracteur, réduisant ainsi l'accès du matériel à la parcelle. L'engorgement peut donc retarder considérablement la préparation du sol et les dates de semis. Par ailleurs, l'engorgement retarde le réchauffement du sol (la température augmente au fur et à mesure que l'eau s'évapore) et peut donc retarder encore plus la date de semis lorsque la température dans le lit de semence est en dessous de la température critique spécifique à la culture.

Fig 12 : la formation de flaques en surface d'un champ



TABLEAU 5 : Note visuelle pour la formation des flaques

Note visuelle	Formation de flaques due à la saturation du sol en eau	
	Nombre de jours où la flaque reste présente *	Description
2 = bonne	≤1	Un jour après un épisode pluvieux, il n'y a plus de flaques en surface sur des sols qui étaient proches de la saturation
1 = moyenne	2-4	Des flaques se forment durant 2 à 4 jours après un épisode pluvieux sur des sols saturés.
0 = mauvaise	>5	D'importantes flaques se forment durant 5 jours ou plus après un épisode pluvieux sur des sols saturés.

* : en supposant que peu ou pas d'air emprisonné dans le sol au moment de la formation de flaques

 **Evaluation**

Observez le degré de formation de croûtes de battance en surface et la couverture du sol, et comparez avec les photos et les critères donnés. Les croûtes de surface sont mieux évaluées après des épisodes pluvieux suivis d'une période de séchage, et avant la mise en place d'une culture.

 **Important**

La présence d'une croûte en surface, ou croûte de battance, réduit l'infiltration et la rétention de l'eau dans le sol, et augmente le ruissellement. Les croûtes de battance réduisent également l'aération du sol, provoquant ainsi des conditions anaérobies, et elles favorisent l'engorgement en surface, ce qui peut empêcher l'accès des machines pendant des mois. Les croûtes sont souvent plus prononcées dans les sols à texture fine, mal structurés, avec des agrégats instables et des argiles dispersées.

Couvrir le sol durant l'interculture aide à prévenir la formation de croûtes en minimisant la dispersion de la surface du sol par la pluie ou l'irrigation. Les couverts végétaux et leurs systèmes racinaires apportent de la matière organique et favorisent la vie du sol, notamment des vers de terre. L'action physique des racines, les micro-organismes du sol et les substances colloïdales qu'ils produisent participent au développement de la structure, à l'aération et au drainage du sol et empêchent la formation de croûtes en surface. Par conséquent, l'infiltration de l'eau dans le sol augmente, tandis que le ruissellement, l'érosion et le risque d'inondations soudaines, diminuent. Les couverts végétaux permettent également de réduire l'érosion et de limiter la formation de croûte de battance, en interceptant les gouttes de pluie à fort impact avant qu'elles ne viennent frapper le sol. Le système racinaire du couvert végétal réduit l'érosion par la stabilisation de la surface du sol, tenant le sol en place lors des fortes précipitations. En outre, le couvert fonctionne comme une éponge, en retenant l'eau de pluie suffisamment longtemps pour qu'elle parvienne à s'infiltrer dans le sol. Enfin, la mise en place d'un couvert végétal permet de réduire nettement le risque d'érosion éolienne.

La qualité de l'eau est ainsi améliorée, avec une eau moins chargée en sédiments et nutriments, et contenant moins de bactéries coliformes. L'adoption de méthodes de conservation du sol peut permettre de diminuer l'érosion des sols jusqu'à 90% et le ruissellement de l'eau jusqu'à 40%. La surface doit être recouverte au moins à 70% pour offrir une bonne protection. Une couverture de 30% n'offre pas une protection suffisante.

Fig 13 : comment noter la formation de croûte de battance et la couverture du sol



BON ETAT NV = 2

Peu ou pas de croûte de battance ; ou la surface est couverte à 70% (par des débris ou des plantes).

ETAT MOYEN NV = 1

La croûte de battance est épaisse de 2 à 3mm et est très craquelée ; ou la surface est recouverte entre 30 et 70% (par des débris ou des plantes).

MAUVAIS ETAT NV = 0

La croûte de battance présente une épaisseur supérieure à 5mm et est continue, sans craquellement ; ou la surface est recouverte à 30% (par des débris ou des plantes).

Surface cover photos: courtesy of A. Leys



Evaluation

Évaluez le degré d'érosion du sol en vous basant sur des observations visuelles ou sur votre connaissance du passé récent de la parcelle.



Important

L'érosion réduit le potentiel de production des sols en raison des pertes en éléments nutritifs et en matière organique. Elle entraîne une réduction de la profondeur d'enracinement potentiel, et une diminution de la réserve utile en eau. L'érosion peut aussi avoir des effets hors site significatifs, tels qu'une diminution de la qualité de l'eau du fait de la présence de sédiments, d'éléments nutritifs et de bactéries coliformes dans les eaux de rivières.

La surexploitation peut entraîner une dégradation considérable du sol associée à une perte de matière organique et de structure. Cela peut également entraîner la formation de croûtes de surface, de semelles de labour, et diminuer l'infiltration de l'eau dans le sol (entraînant ainsi une augmentation du ruissellement de surface). Si la surface du sol n'est pas protégée sur un terrain en pente, de grandes quantités de sol peuvent être érodées par ravinement, rigoles et par une érosion en nappe. Le coût de la restauration du sol, nécessitant souvent de gros travaux, peut être très élevé.

La capacité d'érosion hydrique sur des sols en pente est déterminée par un certain nombre de facteurs, comprenant:

- le pourcentage de couverture végétale sur la surface du sol ;
- la quantité et l'intensité des précipitations ;
- le taux d'infiltration de l'eau dans le sol ;
- la pente et la nature du sous-sol et du substrat rocheux.

La diminution de la teneur en matière organique et la détérioration de la structure du sol du fait de sa surexploitation, peuvent aussi entraîner une perte significative de sol par érosion éolienne.

Fig 14 : comment noter l'érosion du sol

**BON ETAT NV = 2**

Peu ou pas d'érosion hydrique. Il y a moins de 15cm de différence entre la profondeur de la couche superficielle en bas et en haut de pente. L'érosion éolienne n'est pas un problème, seuls de petits panaches de poussière émanent du tracteur travaillant le sol. La plupart de la terre entraînée par le vent retombe sur la parcelle.

**ETAT MOYEN NV = 1**

L'érosion hydrique est moyennement importante avec une quantité significative de rigoles et d'érosion en nappe. La couche superficielle dans les zones de bas de pente est 15-30 cm plus profonde que sur les hauts de pente, et l'accumulation de sédiments dans les fossés peut être importante.

L'érosion éolienne est moyenne, avec des panaches de poussière importants qui peuvent émaner du tracteur les jours de vent. Une quantité considérable de terre est entraînée par le vent hors de la parcelle, mais est contenue dans l'exploitation.

**MAUVAIS ETAT NV = 0**

L'érosion hydrique est une préoccupation majeure avec ravinement, rigoles et érosion en nappe. La couche superficielle dans les zones de bas de pente est plus profonde de 30 cm que sur les crêtes, et l'apport de sédiments dans les fossés peut être élevé.

L'érosion éolienne est une préoccupation majeure. De grands nuages de poussière peuvent se produire en cultivant les jours de grand vent. Une quantité importante de terre arable peut être perdue de la parcelle et déposée ailleurs dans les environs.

La gestion du sol en cultures annuelles

De bonnes pratiques de gestion du sol sont nécessaires pour maintenir des conditions optimales de production et pour obtenir des rendements élevés. Pour ce faire, les pratiques agricoles doivent viser à maintenir le sol dans un état favorable à la croissance des plantes, notamment au niveau de l'aération, de la température, des éléments nutritifs et de l'infiltration de l'eau. La structure du sol doit favoriser le développement de systèmes racinaires efficaces capables d'optimiser l'utilisation de l'eau et des éléments nutritifs. Une bonne structure du sol permet également l'infiltration et la circulation de l'eau dans le sol, réduisant ainsi la formation de flaques, le ruissellement et l'érosion hydrique.

Les pratiques agricoles de conservation du sol, telles que le non-labour et les techniques culturales simplifiées, qui comprennent la mise en place de couverts végétaux temporaires et le maintien en surface des résidus de récolte, permettent de protéger l'environnement et de minimiser le risque de dégradation des sols en protégeant la surface du ruissellement et de l'érosion.

La conservation du sol nécessite de limiter les passages de tracteur et autres engins lourds, de façon à diminuer la compaction et ne pas créer de semelles de labour. Cela permet d'améliorer la praticabilité du sol et d'optimiser la date de semis, qui dépend alors moins des conditions climatiques au printemps et en automne. Ces pratiques permettent d'améliorer les caractéristiques physiques du sol, favorisent l'activité biologique du sol, et augmentent la diversité des micro-organismes. Elles améliorent la résilience et la qualité du sol, et réduisent les coûts de production.

Contrairement à un travail classique du sol, les pratiques de conservation permettent également au sol d'emmagasiner plus de carbone capturé à partir du dioxyde de carbone atmosphérique (CO_2), transformant le sol en un puits de CO_2 . D'ailleurs, si les niveaux de matière organique du sol augmentent significativement, on peut penser obtenir des crédits carbone. En outre, le travail de conservation utilise moins de combustibles fossiles, génère moins de gaz à effet de serre et a une empreinte écologique plus faible, ce qui permet de valoriser les productions au niveau des consommateurs.

A l'inverse, le travail du sol classique peut avoir un impact négatif sur l'environnement et une empreinte écologique plus importante. Un travail classique entraîne une diminution de la teneur en matière organique du sol, une augmentation des émissions de gaz à effet de serre (avec la libération de 5 fois plus de CO_2), et utilise plus de combustibles fossiles (6 fois plus de consommation de carburant). Ces pratiques dégradent la structure du sol, augmentent la sensibilité à l'érosion, et affectent négativement la microflore et microfaune (réduction à la fois du nombre d'espèces et de leur biomasse). La différence fondamentale entre le travail du sol classique et les pratiques de conservation, est le rapport à l'environnement et la viabilité économique. Sur le long terme, les effets cumulés du labour conventionnel sont négatifs, alors que les effets cumulés des pratiques de conservation sont positifs.

Fig 15 : semis-direct d'une culture annuelle sur un champ sensible à l'érosion et protégé par un couvert végétal détruit chimiquement.



Fig 16 : semis d'une culture annuelle en strip-till sur un sol protégé par des résidus de récolte



Fig 17 : moisson du blé immédiatement suivie d'une implantation de la culture suivante en semis direct



Référence

Shepherd, T. G., Stagnari, F., Pisante, M. and Benites, J. 2008. *Visual Soil Assessment – Field guide for annual crops*. FAO, Rome, Italy.

FICHE D'ÉVALUATION DU SOL – INDICATEURS VISUELS POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES SOLS EN CULTURES ANNUELLES

Propriétaire :	Utilisation du sol :
Localisation :	Position GPS :
Profondeur du sol :	Date :
Type de sol (appellation courante) :	Classification pédologique :
Comportement au ressuyage :	

Texture (couche sup. 1m)	Sableuse	Sablo-limoneuse	Limoneuse	Argileuse	Autre
Conditions d'humidité	Sec	Légèrement humide	Humide	Très humide	Mouillé
Conditions météorologiques saisonnières	Sec	Humide	Froid	Chaud	Moyen

INDICATEURS VISUELS DE LA QUALITÉ DU SOL	Note 0 = mauvais 1 = moyen 2 = bon	Coefficient	Résultat
Texture du sol		X3	
Structure du sol		X3	
Porosité du sol		X3	
Couleur du sol		X2	
Nombre et couleur des marbrures		X2	
Vers de terre (nombre =) (taille moy. =)		X3	
Profondeur d'enracinement (m)		X3	
Formation de flaques en surface		X1	
Croûte de battance/couverture du sol		X2	
Erosion du sol		X2	
NOTE FINALE (somme des résultats)			

Évaluation de la qualité du sol	Note finale
Médiocre	< 15
Moyenne	15 - 30
Bonne	>30

La présente publication de **Visual Soil Assessment** est un guide pratique pour la réalisation d'analyses de sol quantitatives, permettant d'obtenir des résultats reproductibles au moyen d'instruments très simples. Au-delà des paramètres du sol proprement dits, les spécificités des catégories de cultures sont aussi prises en compte dans l'évaluation des conditions du sol. La méthodologie **Visual Soil Assessment** se décline ainsi en une série de livrets séparés correspondant à des catégories de cultures spécifiques. Cette publication s'adresse aux scientifiques, aux techniciens de terrain et aux agriculteurs qui souhaitent analyser l'état de leur sol et observer son évolution dans le temps.

ISBN 978-92-5-105941-8



TC/D/10007E/1/02.08/1000