



ORION

OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION INNOVANTS POUR UNE MEILLEURE MAÎTRISE DE L'EAU ET DU POTENTIEL NUTRITIF DU SOL

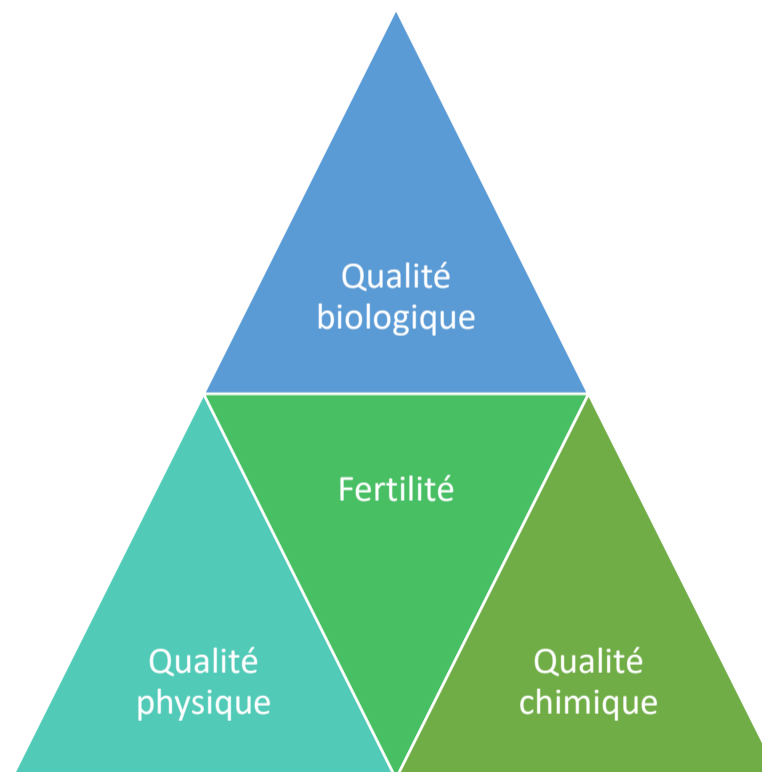
FICHES TECHNIQUES INDICATEURS DE LA QUALITÉ DU SOL

PRÉAMBULE

Les fiches présentées dans ce documents ont été réalisées par les partenaire du projet Orion (Outils d'aide à la décision innovants pour une meilleure maîtrise de l'eau et du potentiel Nutritif du sol) et financées par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.

Ces fiches reprennent un ensemble d'indicateur permettant un diagnostic terrain de la qualité du sol. Dans chaque fiche sont détaillés l'objectif, la mise en place, l'interprétation et les mises en garde à l'utilisation de l'indicateur. Ces indicateurs ont été choisi suite à une recherche bibliographique. Ils ont pour objectif d'être simple d'utilisation, complémentaires et interprétables. Afin de cerner plus précisément son sol, ces fiches peuvent accompagner une analyse physico-chimique laboratoire.

Ces fiches sont accompagnées d'un fichier de notation terrain et un fichier Excel pour le calcul nécessaire à certains des indicateurs.





FICHE N°1

DENSITÉ APPARENTE ET TENEUR EN EAU

OBJECTIF DE L'INDICATEUR

La **densité apparente** du sol correspond à sa masse par unité de volume du sol sec en place. Elle varie de 1 à 1,6 pour les sols minéraux et de 0,16 à 0,45 c/cm³ pour les sols organiques.

La densité est un critère primordial dans l'évaluation des sols. Elle est liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol. Elle permet de calculer la porosité et d'apprécier indirectement la perméabilité, la résistance à la pénétration des racines, la cohésion des horizons et la réserve en eau.

Plusieurs méthodes d'évaluation existent, nous développerons ici la méthode du cylindre, largement référencée et facile à mettre en œuvre.

La mesure de **teneur en eau** est une donnée informative. Elle sera prise en compte dans la plupart des autres tests terrain notamment pour l'infiltration et la respiration.

MATÉRIEL



- 1 cylindre PVC
- 1 truelle, 1 couteau plat
- 1 sachet hermétique
- 1 étuve ou micro-onde (facultatif)
- 1 balance



MISE EN ŒUVRE

Effectuer au minimum 4 mesures par parcelle homogènes.

1- **Enfoncer le cylindre** à une profondeur de 7,5cm. Relever la profondeur exacte: prendre 4 mesures (h) et faire la moyenne. Reporter la moyenne dans le tableau de notation.

2- Creuser tout autour du cylindre et le **retirer délicatement**. Avec la truelle maintenir le sol par en dessous pour qu'il ne sorte pas du cylindre. Retirer l'excès de sol avec un couteau plat

3- Mettre l'échantillon dans un sac plastique hermétique en le touchant le moins possible.

4- **Peser** l'échantillon frais (peser le sac vide et l'échantillon + sac vide)

5- Mélanger l'échantillon et prélever 100g. Les mettre dans un récipient résistant au micro-onde. Peser le récipient vide puis l'échantillon sec + récipient.

6- Placer l'échantillon au **micro-onde** pendant environ 10 minutes par tranche de 3 min. **Noter le poids** à chaque 3 min. Lorsque le poids ne varie plus on considère que l'échantillon est sec. Si une étuve ou un micro onde n'est pas accessible, laissé sécher le sol à l'air libre.

CONDITIONS DE RÉALISATION

- * Cette méthode doit être réalisée à la surface du sol et/ou dans une zone compactée si la parcelle est hétérogène.
- * Réalisez la mesure proche des endroits de prélèvements pour la respiration.
- * Eviter les mesures suite à un fort travail de sol de type labour, ...
- * Cette méthode est peu adaptée au sols caillouteux.
- * Pour une bonne précision des données faire bien attention, au moment du retrait du cylindre, à conserver un maximum de sol.



CALCUL DE L'INDICATEUR

$$\text{Teneur en eau } T_w = \frac{\text{Poids frais (g)} - \text{Poids sec (g)}}{\text{Poids sec (g)}}$$

$$\text{Porosité } P = 1 - \frac{D_{app}}{2,65}$$

$$\text{Densité apparente } D_{app} = \frac{\frac{\text{Poids frais (g)}}{1 - T_w}}{(12 - \text{Hauteur cylindre (cm)}) * 78,5}$$


$$\text{WFPS\%} = \frac{T_w}{D_{app}}$$

WFPS% correspond au pourcentage de pores dans le sol remplis d'eau

INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Texture	Densité idéale	Densité pouvant affecter la croissance racinaire	Densité limitant la croissance racinaire
S/SL	<1,6	1,69	>1,80
LL/LLS	<1,4	1,63	>1,80
SA/AS	<1,4	1,60	>1,75
LM/LMS	<1,30	1,60	>1,75
LA/LAS	<1,4	1,55	>1,65
AL/A/AS+	<1,10	1,49	>1,58
Alo	<1,10	1,39	>1,47

EVALUATION DE L'INDICATEUR

Critère	Avis
Compétence technique	Le prélèvement ne demande pas de compétences techniques particulières. Les mesures sont simples mais doivent être précises.
Applicabilité	Méthode utilisable sur des sols avec une faible teneur en éléments grossier (graviers, cailloux).
Représentativité	Un minimum de 4 mesures est nécessaire. Si possibilité de faire plus multipliez le nombre d'échantillon.
Contraintes techniques	Pas de contraintes pour l'échantillonnage. Laboratoire ou bureau nécessaire pour la pesée et le séchage des échantillons.
Facilité de mise en œuvre	

Document rédigé par : Elodie Derivry, APREL

Avec le soutien financier de : Agence de l'eau – Rhône méditerranée Corse

Sources bibliographiques : USDA, 2001, Soil quality test guide; Arshad et al, Physical test for monitoring Soil quality, 1996; Yoro and GODO, 1989, Les méthodes de mesure de la densité apparente.

Pour plus d'informations, contacts :
Elodie Derivry, APREL
derivry@aprel.fr
Claire GOILLON, APREL
goillon@aprel.fr

En partenariat avec :



Ceta St
Anne

Financé par :





FICHE N°2 VITESSE D'INFILTRATION

OBJECTIF DE L'INDICATEUR

L'infiltration est le processus d'entrée de l'eau dans le sol. L'infiltration est dépendante du type de sol, de sa structure, de la compaction et de la teneur en eau au moment de la mesure.

L'eau entrant trop lentement peut conduire à la formation de flaques ou du ruissellement de surface. Une teneur en eau trop importante affecte la capacité du sol à emmagasiner de l'eau supplémentaire. Le taux d'infiltration de l'eau dépend du développement des racines, des galeries des vers de terre, de la structure et la texture du sol et surtout de la présence de matière organique stable.

La mesure de l'infiltration doit se faire sur des sols comparables : texture, teneur en eau, occupation du sol.

MATÉRIEL



- 1 cylindre PVC gradué tous les cm
- 1 maillet
- 1,5 L d'eau minimum
- 1 chronomètre



MISE EN ŒUVRE

Effectuer au minimum 2 à 4 mesures par parcelles homogènes

- 1- Nettoyer la surface du sol. Retirer la végétation.
- 2- Enfoncer le cylindre à une profondeur de 7,5cm (trait).
- 3- Tasser délicatement la zone autour du cylindre pour imperméabiliser.
- 4- Verser l'eau jusqu'au bord du cylindre
- 5- Noter dans la feuille de calcul les temps de passage de l'eau à chaque cm, en secondes.
- 6- Répéter les étapes 4 et 5.

CONDITIONS DE RÉALISATION

- * Comparer des sols ayant une teneur en eau proche
- * Ne pas effectuer de mesures après un travail du sol important (labour, ...).
- * Bien tasser la zone autour du cylindre pour limiter les pertes en eau latérales.
- * Verser délicatement l'eau pour ne pas modifier la surface du sol



INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Taux d'infiltration en mm/h

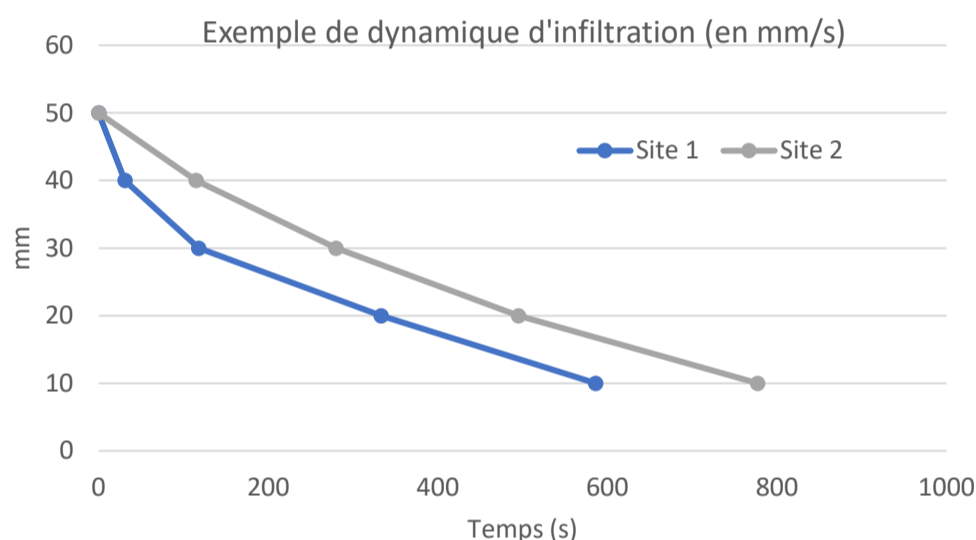
> 8 880
2660 à 8880
880 à 2660
266 à 880
88 à 266
26 à 88
0.66 à 26
< à 0.66

Vitesse d'Infiltration

Très rapide
Rapide
Moyennement rapide
Moyen
Moyennement lent
Lent
Très lent
Imperméable

Source USDA

La texture ou le pourcentage de sables, limons et argiles vont influencer sur la vitesse d'infiltration. Les sols sableux sont naturellement plus filtrants que les sols riches en argile. Ces valeurs sont donc à moduler en fonction du type sol.



La mesure d'infiltration permet d'estimer le taux d'infiltration théorique de l'eau sur la parcelle mais peut également permettre d'observer la dynamique d'infiltration de l'eau. On peut ainsi observer la différence de vitesse d'infiltration entre les premiers millimètres d'eau et les suivants.

Ici on peut voir que l'eau s'infiltré vite sur les premiers millimètres pour le site 1, puis la vitesse d'infiltration diminue. Sur le site 2 la vitesse est plus stable tout au long de l'infiltration.

EVALUATION DE L'INDICATEUR

Critère	Avis
Compétence technique	Pas de compétences techniques particulières nécessaires. Bien suivre le protocole.
Applicabilité	Applicable sur tous types de sol. Comparaison difficile entre les sols si la teneur en eau ou la texture sont différentes.
Représentativité	Faire au minimum 2 séries de mesures. Si possible multiplier le nombre de mesure.
Contraintes techniques	Besoin d'une source d'eau proche ou de transporter la quantité d'eau nécessaire.
Facilité de mise en œuvre	

Document rédigé par : Elodie Derivry, APREL
 Avec le soutien financier de : Agence de l'eau – Rhône méditerranée Corse
 Sources bibliographiques : USDA, 2001, Soil quality test guide; Agr'eau, 2016, Infiltration de l'eau dans les sols ; Sarrantonio

Pour plus d'informations, contacts :
 Elodie Derivry, APREL
 derivry@aprel.fr
 Claire GOILLON, APREL
 goillon@aprel.fr

En partenariat avec :



Financé par :





FICHE N°3 SLAKE TEST

OBJECTIF DE L'INDICATEUR

Le **slake test** est une méthode simple permettant d'évaluer visuellement la cohésion du sol et de ses agrégats face à une situation de forte pluie.

Quand les mottes sont immergées rapidement, elles subissent des contraintes internes résultant du gonflement de la motte et du piégeage de l'air dans les agrégats du sol.

La stabilité du sol est un indicateur de la qualité physique du sol mais également de l'activité biologique qu'il renferme. En effet les liaisons entre les particules du sol sont constamment renouvelées par les processus biologiques. Plus cette activité est forte, plus les liaisons le sont aussi.

Un sol peu stable sera plus sensible à l'érosion en cas de fort évènement climatique, mais aussi à la formation de croûte de battance. Un sol bien structurée présentera de nombreux avantages pour la production.

MATÉRIEL



- 1 kit Slake Test* ou des verres transparents (pots de moutarde vides) et des paniers en grillages (voir photo)
- Eau
- 1 chronomètre



MISE EN ŒUVRE

Utiliser les mottes de terre séchées préalablement pour la teneur en eau (fiche n°1).

- 1- Prélever au minimum 4 petites mottes séchées par répétition (soit environ 16 mottes par sol).
- 2- Remplir chaque verre d'eau et immerger les paniers en grillage.
- 3- Déposer délicatement les mottes.
- 4- La stabilité de la motte est notée en fonction du temps nécessaire à la motte pour être désintégrée pendant 5 minutes d'immersion et la proportion de sol restant après 5 cycles extraction-immersion (sortir et replonger le panier 5 fois de suite).
- 5-Classifier le sol à l'aide du tableau *Interprétation des résultats* et calculer la moyenne des notes obtenues.

CONDITIONS DE RÉALISATION

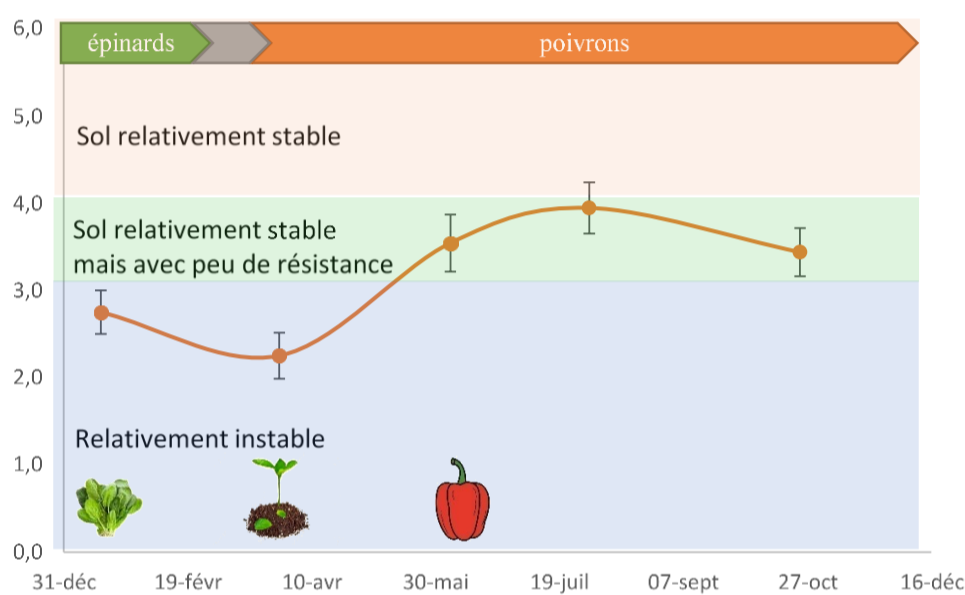
- * Utiliser des mottes sèches : micro-onde, étuve ou laissées au soleil pendant plusieurs jours
- * Ne pas effectuer de mesures après un travail du sol important (labour, ...).
- * Dans la mesure du possible utiliser des mottes « naturelles », ne pas tasser à la main.
- * Mesure délicate si le sol contient trop de cailloux
- * Peut être utilisé pour comparer plusieurs sol mais aussi plusieurs horizons sur un même sol.



INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Classe de stabilité	Critère de sélection pour chaque classe de stabilité	Interprétation
0	Sol trop instable pour être analysé	Sol instable
1	Perte de 50% de la motte après 5 sec d'immersion	
2	Perte de 50% de la motte après 5 à 30 sec d'immersion	
3	Perte de 50% de la motte après 30 à 300 sec d'immersion ou – de 10% de sol restant après 5 cycles d'immersion	Sol relativement stable mais peu résistant
4	10 à 25% de sol restant après 5 cycles d'immersion	
5	25 à 75% de sol restant après 5 cycles d'immersion	Sol relativement stable
6	75 à 100% de sol restant après 5 cycles d'immersion	

Source USDA



Dans le cadre du projet Orion nous avons réalisé des mesures de slake test tout au long des cultures pour observer l'évolution de la stabilité du sol en fonction de la température, de l'occupation ou encore du travail du sol. Pour un diagnostic d'une parcelle, une mesure par an à l'automne ou au printemps permettra d'avoir une idée globale de l'activité biologique sur la parcelle.

Exemple de suivi slake test d'une parcelle en maraichage sous abris

EVALUATION DE L'INDICATEUR

Critère	Avis
Compétence technique	Pas de compétences techniques particulières nécessaires. Bien suivre le protocole.
Applicabilité	Applicable à la plupart des types de sol. À éviter sur sol caillouteux.
Représentativité	Faire au minimum 16 séries de mesures. Prélever les échantillons à une même profondeur de sol.
Contraintes techniques	Fabrication du matériel ou achat du kit Slack test*
Facilité de mise en œuvre	

Document rédigé par : Elodie Derivry, APREL

Avec le soutien financier de : Agence de l'eau – Rhône méditerranée Corse

Sources bibliographiques : USDA, 2001, Soil quality test guide; Herrick J.E., W.G. Whitford, A.G. de Soyza, J.W. Van Zee, K.M. Havstad, C.A. Seybold, and M. Walton. 2001. Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations; Website : Sol quality for Environmental Health, NRSC East National Technology Support Center.

* Kit Slake Test commercialisés par la société VertCarbone

Pour plus d'informations, contacts :
Elodie Derivry, APREL
derivry@aprel.fr
Claire GOILLON, APREL
goillon@aprel.fr

En partenariat avec :



Ceta St Anne

Financé par :





FICHE N°5 VERS DE TERRE – TEST BÊCHE

OBJECTIF DE L'INDICATEUR

Les vers de terre sont des acteurs indispensables du fonctionnement du sol. L'indice ver de terre est basé sur l'analyse des communautés lombriciennes et leurs interactions. On dénombre trois catégories écologiques :

- les **épigés** ou vers de compost (1 à 5cm), vivant à la surface du sol et très actifs dans l'évolution de la matière organique ;

- les **anéciques** ou lombric commun (10 à 110cm), créent des galeries verticales favorisant l'infiltration et les échanges de matière entre les horizons ;

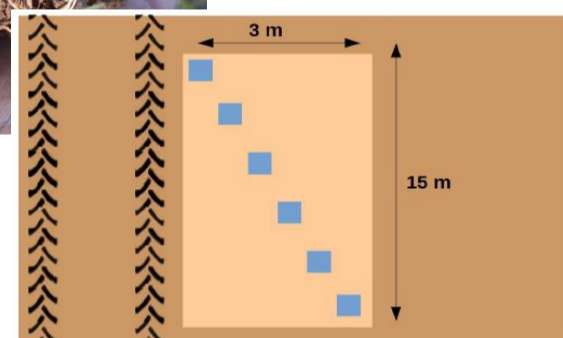
- les **endogés** (5 à 20cm), créent des réseaux de galeries horizontales très ramifiées dans lesquels ils déposent leurs déjections et favorisent la rétention en eau des sols.

Le protocole de comptage a été mis en place par l'OPVT (Observatoire Participatif des Vers de Terre, https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php).

MATÉRIEL



- 1 bêche plate
- 6 seaux
- 1 mètre
- 6 boîtes avec couvercle
- Gants



POSITIONNEMENT DES BLOCS SUR LA PARCELLE, SOURCE OPVT

MISE EN ŒUVRE

- 1- Positionner 6 blocs de façon homogène sur une zone représentative de la parcelle (Figure ci-dessus). Délimiter les blocs avec des piquets (carré de 20cm*20cm).
- 2- Extraire les 6 blocs de sol avec la bêche: dimension 20cm*20cm*25cm de profondeur. Mettre la terre dans un seau. Prévoir un seau par bloc de sol.
- 3- Effriter les blocs pour récupérer les vers de terre.
- 4- Placer les vers dans des boites avec un fond d'eau et bien penser à fermer avec un couvercle pour ne pas que les vers s'échappent.
- 5- Compter le nombre de vers obtenus et procéder à l'identification à l'aide de la clé d'identification.
- 6- Reporter les résultats sur la fiche de notation.

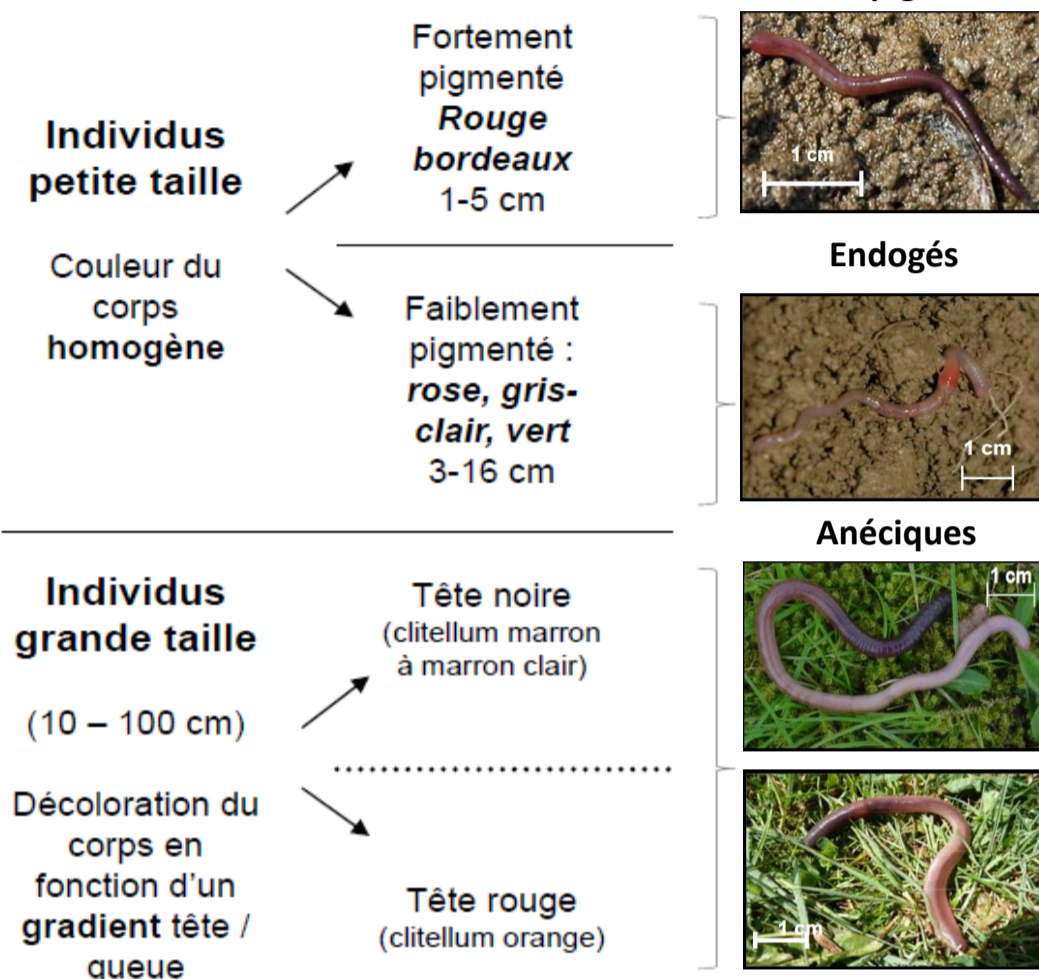
CONDITIONS DE RÉALISATION

- * Ne pas effectuer sur un sol gelé, saturé en eau ou trop sec.
- * Limiter le piétinement autour de la zone de prélèvement.
- * Positionner les blocs en dehors des zones de passages.
- * Lorsque l'on creuse le trou, ne pas prélever les vers de terre en dehors de la bêchée.
- * Veiller à ne pas laisser s'échapper les vers de terre qui sortent du bloc sous l'effet des vibrations.
- * Récupérer chaque bout de ver de terre.



INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Clé d'identification simplifiée



Etat biologique	Etat satisfaisant	Etat intermédiaire	Etat dégradé
	Aucune préconisation	Surveillance	Mesure de gestion
Abondance anéciques (i/m ²)	Dépend de l'occupation du sol et des paramètres intrinsèques du sol (pédologie, texture, MO, pH)		<5
Abondance des endogés (i/m ²)	Se reporter au référentiel OPVT		<20
Abondance totale			<40
Richesse spécifique et indice de diversité			Richesse <3 Diversité <1

Source OPVT, Ademe

Pour en savoir plus : Consultez le guide Déterminer les vers de terres, disponible à l'adresse : https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/e107_files/downloads/OPVT_Determiner_les_Vers_de_Terre.pdf

EVALUATION DE L'INDICATEUR

Critère	Avis
Compétence technique	Pas de compétences techniques particulières nécessaires. Bien suivre le protocole.
Applicabilité	Applicable à tous les types de sol.
Représentativité	Effectuer 6 prélèvements, répartis de façon homogène sur la parcelle pour une bonne représentativité.
Contraintes techniques	Peut être assez long sur des sols lourds ou argileux.
Facilité de mise en œuvre	

Document rédigé par : Elodie Derivry, APREL
 Avec le soutien financier de : Agence de l'eau – Rhône méditerranée Corse
 Sources bibliographiques : Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT) ; ADEME, Les Bio-Indicateurs de l'état des sols, 2017

Pour plus d'informations, contacts :
 Elodie Derivry, APREL
 derivry@aprel.fr
 Claire GOILLON, APREL
 goillon@aprel.fr

En partenariat avec :



Financé par :





FICHE N°6 RESPIRATION MICROBIENNE

OBJECTIF DE L'INDICATEUR

La respiration du sol se traduit par la libération de dioxyde de carbone résultant de l'activité biologique dans le sol des micro-organismes, des racines et des macro-organismes tels que les vers de terre, les nématodes et les insectes.

Le dioxyde de carbone émis par le sol est un gaz incolore et inodore qui pénètre dans l'atmosphère et dépasse chaque année la quantité émise par l'ensemble des activités humaines (Volk, 1994). L'activité des organismes dans le sol est considérée comme un facteur positif pour la qualité du sol.

La respiration est fortement corrélée à la saisonnalité et varie avec la température et la teneur en eau du sol. Ces données seront nécessaires à l'interprétation des résultats.

Le test développé ici utilise le kit Solvita®. Ce kit n'est pas encore disponible en France mais peut-être commandé sur Internet (<https://solvita.com/>).

MATÉRIEL



- Boite hermétique Solvita
- Réactif Solvita faible concentration en CO₂
- Une petite pelle



MISE EN ŒUVRE

- 1- Prélever un échantillon de sol à l'aide d'une petite pelle. Bien respecter les conditions de réalisation ci-dessous.
- 2- Relever la température du sol. Elle servira à ajuster la valeur de respiration.
- 3- Homogénéiser le sol et le tamiser grossièrement pour retirer les cailloux et grosses particules.
- 4- Peser 90 g de sol et le mettre dans la boîte hermétique
- 5- Ajouter la bandelette colorimétrique et laisser reposer pendant 24h. Retirer le film protecteur sur la bandelette en faisant attention à ne pas toucher le réactif et ne pas le faire entrer en contact direct avec le sol ! Ne pas secouer le récipient. Refermer fermement et noter le temps de départ.
- 6- Après 24h, retirer la bandelette et lire le résultat en comparant avec l'échelle colorimétrique.

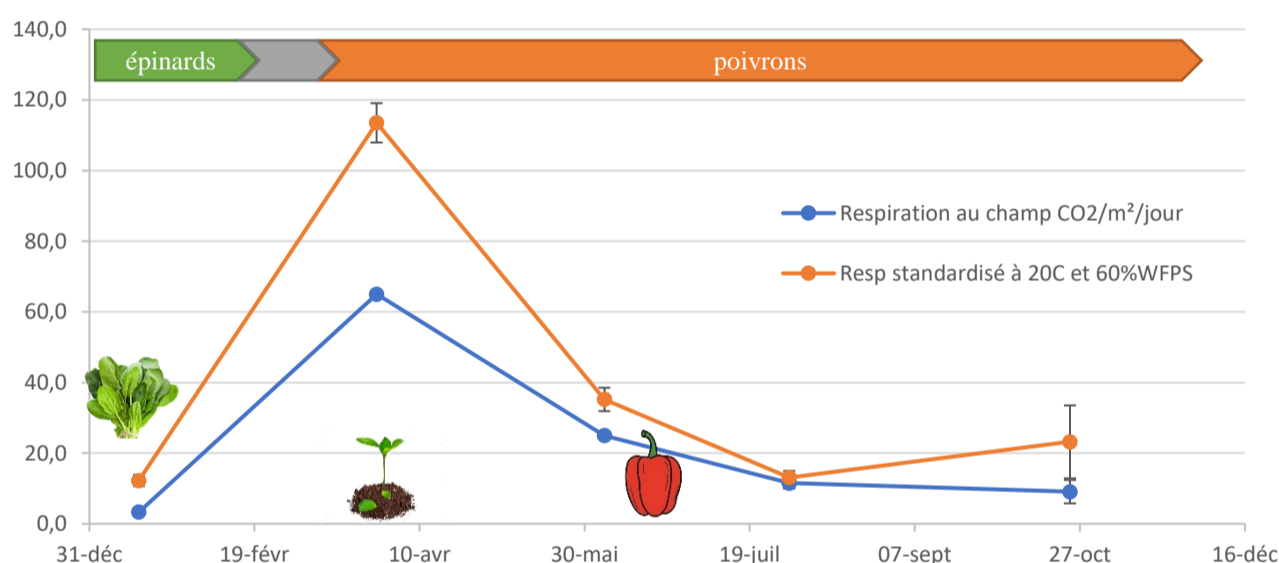
CONDITIONS DE RÉALISATION

- * Le prélèvement de sol doit se faire sur un sol frais, et dans un état hydrique normal : ni trop humide, ni trop sec. Prélever à la truelle ou au couteau mais éviter de prélever des carottes de sols qui compressent le sol et créent une « croute » qui inhibent la diffusion de l'air.
- * Pour que l'échantillon ait une teneur en eau optimale, il doit être fait 2 à 5j après une irrigation ou une pluie. Si le sol est trop humide ou trop sec la respiration sera moins importante.
- *Prendre garde à ne pas respirer (rejet de CO₂) lors de l'ouverture et du positionnement de la bandelette.



INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Référence couleur Solvita®	Respiration du sol (g CO ₂ /m ² /jour)	Classe	Condition du sol
0-1	0	Pas d'activité biologique	Le sol n'a pas d'activité biologique et est théoriquement stérile
1 – 2,5	0,4-2	Très faible activité	Le sol est très dépourvu en matière organique et a une très faible activité biologique
2,5 – 3,5	2-6	Activité modérée à faible	Le sol est peu pourvu en matière organique et l'activité biologique est faible
3,5 – 4	6-10	Activité moyenne	Le sol se rapproche ou s'éloigne d'un état biologique idéal.
4 – 5	10-25	Activité idéale	Le sol à une activité biologique idéale et le taux de matière organique et en adéquation avec les populations de micro-organismes actifs.
5 – 6	25-65	Forte activité anormale	Le sol a un taux très élevé d'activité microbienne et un fort niveau de matière organique disponible, peut-être dû à un apport récent de matière organique fraîche ou de fumier.



Exemple de suivi de la respiration d'une parcelle en maraichage sous abris

Dans le cadre du projet Orion nous avons réalisé des mesures de respiration tout au long des culture pour observer les variations de respiration en fonction de la température, de l'occupation du sol ou encore du travail du sol.

Pour un diagnostic d'une parcelle, une mesure par an à l'automne ou au printemps permettra d'avoir une idée globale de l'activité biologique sur la parcelle.

EVALUATION DE L'INDICATEUR

Critère	Avis
Compétence technique	Pas de compétences techniques particulières nécessaires.
Applicabilité	Applicable à tous les types de sol.
Représentativité	Effectuer 3 répétitions dans une zone homogène et représentative.
Contraintes techniques	Peu de matériel nécessaire, la seule contrainte étant la faible disponibilité du kit en France. Coût élevé (500\$ pour 50 bandelettes).
Facilité de mise en œuvre	

Document rédigé par : Elodie Derivry, APREL

Avec le soutien financier de : Agence de l'eau – Rhône méditerranée Corse

Sources bibliographiques : Parkin et al, 1996, Field and laboratory tests of soil respiration. Volk, 1994, The soil's breath. Woods end research, 1997. Guide to Solvita testing and managing your soil

Pour plus d'informations, contacts :
Elodie Derivry, APREL
derivry@aprel.fr
Claire GOILLON, APREL
goillon@aprel.fr

En partenariat avec :



Ceta St Anne

Financé par :





FICHE N°7 SACHETS DE THÉ

OBJECTIF DE L'INDICATEUR

La méthode des sachets de thé est une méthode simple, peu coûteuse et standardisée permettant de mesurer la vitesse de décomposition de la matière organique (MO) dans un sol. Cette méthode permet d'évaluer la faculté des microorganismes présents dans le sol à transformer la MO végétale. La méthode consiste à enfouir des sachets de deux types de thé : thé vert et thé rooibos pendant 3 mois et d'évaluer le taux de décomposition des deux types de thés. Le thé vert possède un C/N de 12 alors que celui du rooibos est de 43. Selon les types de sol, les deux types de thés ne vont donc pas se décomposer à la même vitesse.

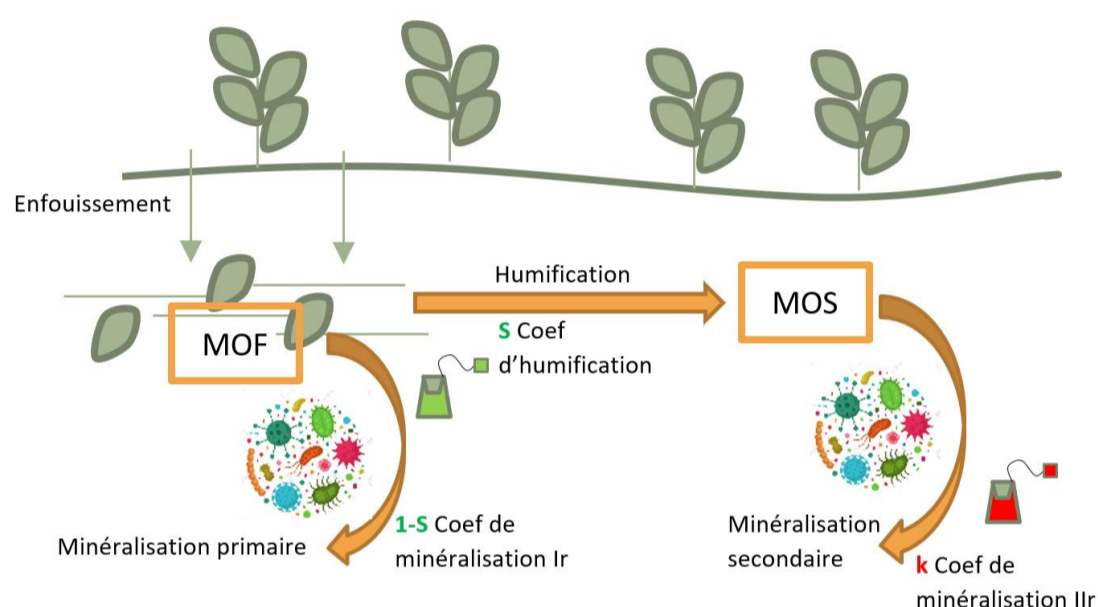
La quantité de thé vert décomposée reflète la capacité du sol à minéraliser des matières facilement décomposables, permettant de fournir des nutriments à une culture sur une brève période. On peut ainsi calculer un coefficient **S** indicateur de la capacité du sol à huméfier la matière organique fraîche (**MOF**)

A l'inverse, la quantité de thé rooibos dégradée permet d'estimer la capacité du sol à minéraliser des matières plus difficilement décomposables, servant à alimenter une culture à plus long terme. On peut alors calculer un coefficient **k**, indicateur de la capacité du sol à déstocker de la matière organique stable (**MOS**).

MATÉRIEL



- 3 sachets de thé vert Lipton
- 3 sachets de thé rouge Rooibos Lipton
- une petite pelle
- 6 grands piquets + étiquettes



MISE EN ŒUVRE

- 1- Marquer les sachets sur la face blanche des étiquettes. Donner par exemple un numéro au thé vert et une lettre au rooibos pour ne pas les confondre au déterrage.
- 2- Peser les sachets de thé
- 3- Pour chaque parcelle, creuser deux trous de 5 cm de diamètre, 8 cm de profondeur et séparés d'au moins 15 cm.
- 4- Déposer les sachets de thé vert et de rooibos dans chaque trou et laisser la ficelle et l'étiquette à la surface.
- 5- Refermer les trous et placer un grand piquet pour faciliter le repérage. Noter la date d'enfouissement.
- 6- Répéter cette opération au moins deux fois de plus sur chaque parcelle en séparant les zones d'au moins 1m. Au total, il y aura au moins 6 sachets enfouis par parcelle.
- 7- Attendre entre 80 à 90 jours. Retrouver les sachets.
- 8- Retirer délicatement les sachets de thé sans tirer sur la ficelle ou le tissu du sachet. Relever la date.
- 9- Retirer toute la terre et les racines et laisser les sachets sécher soit en plein soleil soit au four pendant 48h.
- 10- Sortir le thé du sachet. Peser le thé sec.

CONDITIONS DE RÉALISATION

* La pose des sachets de thé doit être réalisée dans un sol frais, et dans un état hydrique normal : ni trop humide, ni trop sec.



INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Le test des sachets de thé permet d'obtenir deux types de données :

- le taux de décomposition et le pourcentage de décomposition pour les deux types de thé
- des indices relatifs à la capacité du sol à huméfier, minéraliser ou déstocker de la matière organique

1. Calcul du taux de dégradation et pourcentage de décomposition

Taux de dégradation (mg/jours) : $P_i - P_f$ (en mg) / nb de jour

Pourcentage de décomposition (%) : $[(P_i - P_f) \times 100] / P_i$

Avec
P_i = poids initial de matière sèche de thé sans le sachet
P_f = Poids final de matière sèche de thé sans le sachets

1. Indice de minéralisation et d'humification

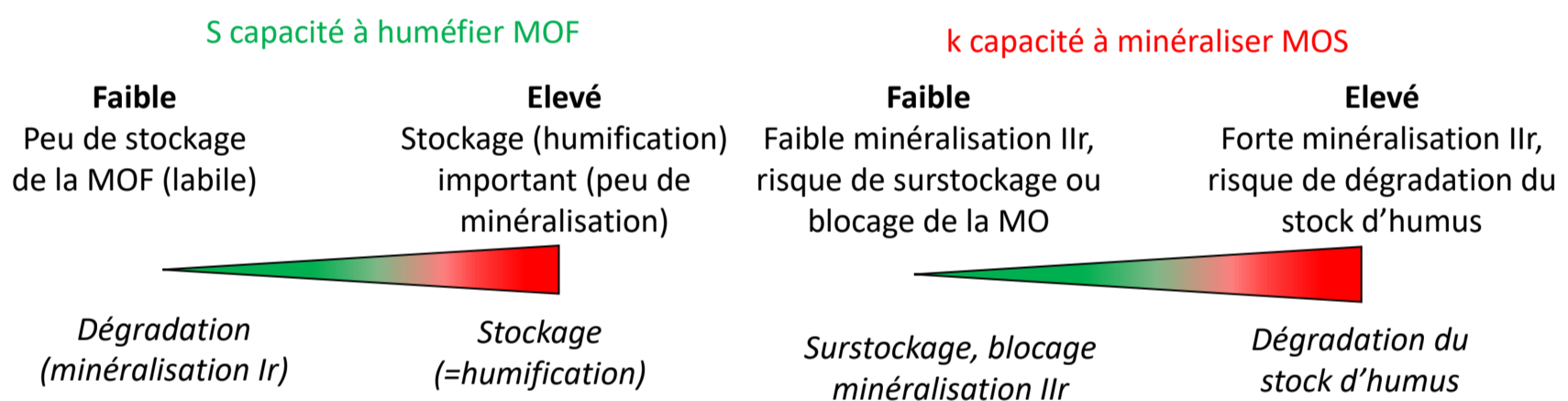
S = capacité du sol à huméfier +/- de matière organique fraîche (MOF)

1-S = capacité du sol à minéraliser l'année de l'apport

k = capacité du sol à déstocker +/- de la matière organique stable (MOS)
 avec

S = 1 - (fraction décomposée du thé vert / fraction hydrolysable thé vert)

k = $\ln((\text{fraction labile thé rouge} / (\text{fraction non décomposée thé rouge} - (1 - \text{fraction labile}))) / \text{temps})$



EVALUATION DE L'INDICATEUR

Critère	Avis
Compétence technique	Pas de compétences techniques particulières nécessaires.
Applicabilité	Applicable à tous les types de sol. Peu de références pour le maraichage.
Représentativité	Effectuer 3 répétitions dans une zone homogène et représentative.
Contraintes techniques	Peu de matériel nécessaire. Les références de thés correspondant à la méthode standardisée ne sont disponibles que sur internet.
Facilité de mise en œuvre	

Document rédigé par : Elodie Derivry, APREL

Avec le soutien financier de : Agence de l'eau – Rhône méditerranée Corse

Sources bibliographiques : Keuskamp J.A., Dingemans B.J.J., Lehtinen T., Sarneel J.M. & Hefting M.M. (2013) Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution* 4:1070-1075. Venoy – Chambre d'agriculture d'Yonne, (2019) Présentation de l'opération « Tea-Bag ». Chambre d'Agriculture d'Alsace, (2018) Comment mesurer l'activité biologique des sols.

Pour plus d'informations, contacts :
 Elodie Derivry, APREL
 derivry@aprel.fr
 Claire GOILLON, APREL
 goillon@aprel.fr

En partenariat avec :



Ceta St Anne

Financé par :





FICHE N°8 TEST BÊCHE ET MINI PROFIL

OBJECTIF DE L'INDICATEUR

Le test bêche et le mini-profil de sol permettent de diagnostiquer directement sur le terrain l'état de structure du sol, mais aussi son fonctionnement, la présence d'activité biologique, le développement racinaire, les zones de tassement, ou encore les traces d'hydromorphie.

Ce test est un test simplifié du profil cultural classique développé par Gautronneau et Manichon en 1987. Il a été élaboré en 2007 par Yvan Gautronneau, Joséphine Peigné et Jean-François Vian (Isara Lyon). Il est très visuel et permet d'acquérir des informations qualitatives sur le sol observé. La méthode présentée ici a été légèrement adaptée pour les besoins du maraichage. A travers ce test nous observerons la structure des mottes et leur cohésion, la texture du sol, le développement racinaire, les traces d'activité biologiques, les résidus d'hydromorphie,... C'est un élément clé dans la compréhension du fonctionnement du sol.

MATÉRIEL



- Une bêche
- Une bêche
- Un couteau à lame plate
- Un mètre
- La fiche de notation terrain



MISE EN ŒUVRE

1. Choisir la bonne zone d'observation

Le choix de l'emplacement va dépendre de ce que l'on cherche à observer. Si l'on souhaite observer la structure générale d'une parcelle qui correspond à ce que va rencontrer la plante, choisir en endroit exempt de passage de roue. Il est également préférable d'éviter les zones sous les ouvrants pour les cultures sous serres. Se positionner sur une zone plane et représentative de la parcelle (éviter les zones humides et les zones sèches).

Si on souhaite observer une caractéristique particulière d'une zone : tassement, hydromorphie, ... se placer dans ce type de zone.

Il est important de multiplier les zones de prélèvement pour une meilleure précision des résultats.

2. Observer la surface du sol

Avant de creuser la bêchée, observer l'état de surface du sol. Noter la présence ou non de macroporosité, le pourcentage de cailloux, la présence de turricules, de croute de battance ou de fentes de retrait.

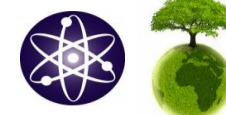
3. Prélever la bêchée

La zone du test bêche doit être délimitée précisément. Elle comporte une zone de prétranchée et une zone interdite où aura lieu le prélèvement. Cette zone est dite « interdite » car aucun piétinement ne doit perturber la structure du sol.

Prélever une bêchée de la largeur de la bêche, de 15 à 20 cm d'épaisseur et d'environ 25 cm de profondeur.

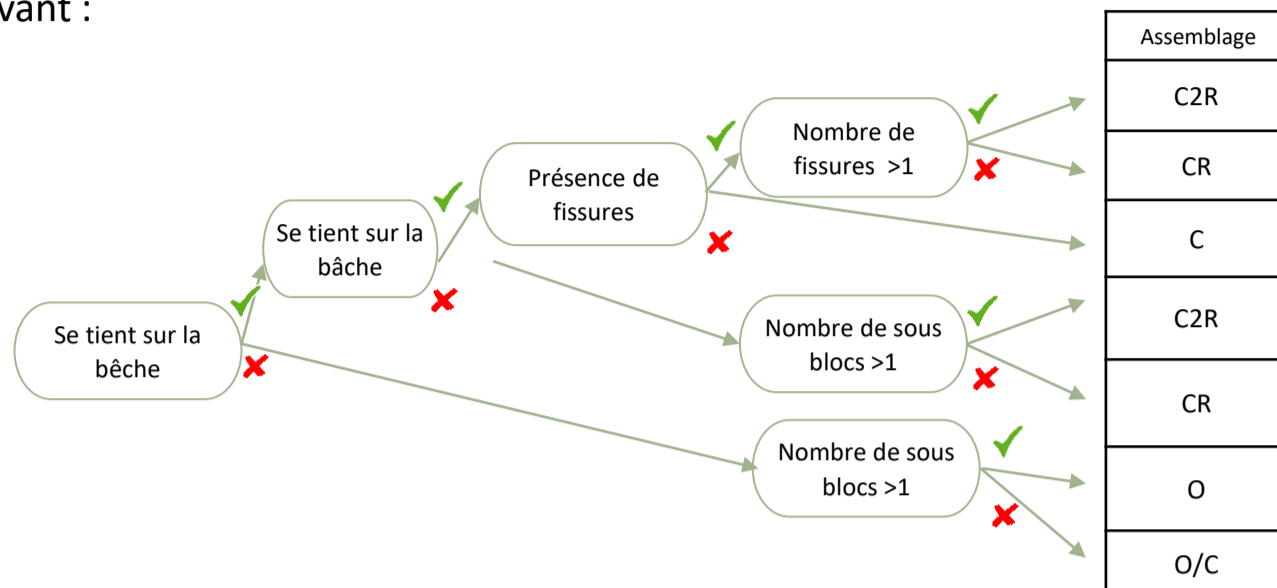


Source Isara



4. Observation du bloc sur la bêche

Après avoir extrait le bloc, observer la tenue du bloc sur la bêche, puis sur la bêche, en suivant l'arbre de décision suivant :



Mode d'assemblage et état de compaction associé :

O -> Structure ouverte, sol poreux, peu ou pas de tassement

C -> Structure continue, sol plus ou moins compacté

O/C -> Structure ouverte à tendance continue, structure ouverte en train de reprendre en masse

On peut rajouter le suffixe R qui indique la présence d'une (R) ou plusieurs fissures (2R). Plus il y a de fissures ou de sous blocs moins le tassement est important.

Sur la bêche observer également la présence ou non de différents horizons. Noter la profondeur de chaque horizon. Pour chaque horizon déterminer :

- la compaction

meuble (M)	Le couteau pénètre facilement jusqu'au manche
peu compact (PC)	Un effort est nécessaire pour enfoncer le couteau jusqu'au manche
moyennement compact (MC)	Le couteau s'enfonce jusqu'au manche avec difficulté
compact (C)	Le couteau ne s'enfonce pas jusqu'au manche même avec un effort important
très compact (TC)	Le couteau ne s'enfonce que de quelques millimètres

- l'humidité du sol

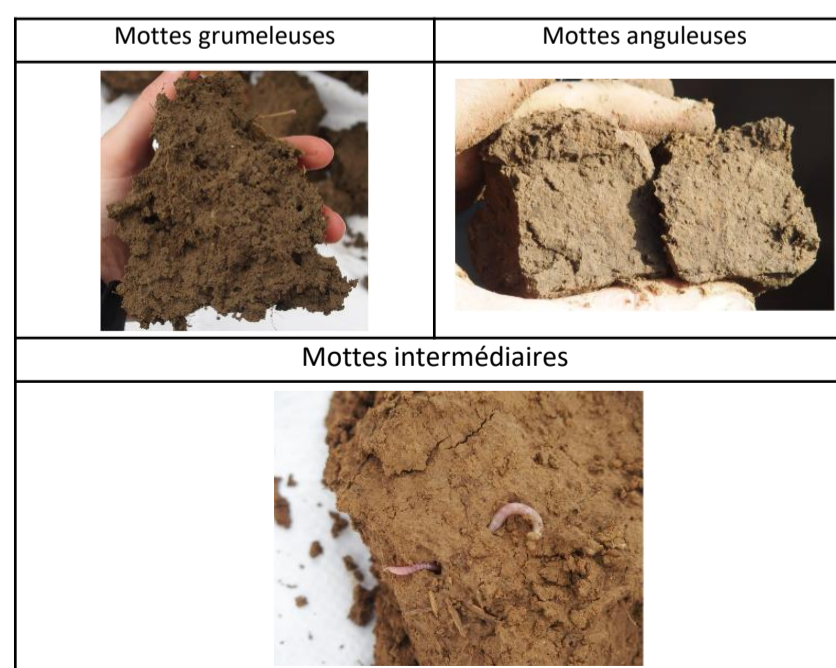
sec (S)	Pas d'humidité détectable.
frais (F)	Sensation de fraîcheur, sans mouiller
humide (H)	Echantillon humide, proche de la capacité au champ, absence d'eau libre
très humide (TH)	De l'eau libre commence à apparaître
noyé (N)	Eau libre fortement présente, saturant les pores

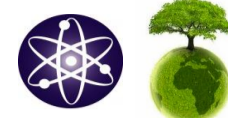
- la couleur (feuille de notation)

5. Etat interne des mottes

Pour chaque horizon, fractionner les blocs en mottes de 3 à 5 cm. Pour chaque motte il s'agira de déterminer leur état de structure :

- terre fine : toute les particules inférieures à 3cm de diamètre
- mottes grumeleuses : mottes arrondies avec une surface rugueuse/grumeleuse et une porosité importante visible à l'œil
- mottes anguleuses : surface lisse, plane et sans porosité visible à l'œil
- motte intermédiaires : même caractéristiques que les mottes anguleuses mais avec des macropores d'origine biologique.





6. Déterminer la classe de tassement

En fonction du mode d'assemblage et de la proportion des types de mottes déterminés précédemment, repérer la classe de chaque horizon.

Assemblage	TF/GR +++	Int+++ avec Tf/Gr+	Int+++ avec Ag+	Ag+++ avec Tf/Gr +	Ag+++ avec Int +
C2R	1	2	3	3	4
CR	2	3	3	4	4
C	2	3	4	5	5
O	1	1	2	2	3
O/C	1	1	2	3	4

Légende et interprétation

TF : Terre Fine
 Gr : mottes grumeleuses
 Int : mottes intermédiaires
 Ag : mottes anguleuses
Classe 1 : structure compactée, peu de porosité, tassement sévère, action corrective nécessaire
Classe 2 : tassement à surveiller, envisager une action corrective
Classe 3 : tassement modéré, à surveiller
Classe 4 : léger tassement
Classe 5 : structure ouverte, poreuse, aucun tassement

7. Activité biologique et fonctionnement du sol

Plusieurs observations peuvent aider à mieux comprendre le fonctionnement du sol et l'activité de la faune du sol.

- Bioturbation des mottes**

La bioturbation est la conséquence de l'activité des vers de terre.

Dans le cas d'un **horizon non motteux** la notation de bioturbation se fait à l'échelle de l'horizon dans son ensemble :

B- pas ou peu de bioturbation	B+ bioturbation majoritaire
Agrégats anguleux résultant de l'action du climat et/ou travail du sol. Pas ou peu d'agrégats biologiques	Agrégats majoritairement arrondis, issus de l'activité biologique. Pas ou peu d'agrégats anguleux


Dans le cas d'un horizon motteux, la notation de bioturbation se fait sur les mottes. Noter globalement la classe de bioturbation dominante.

B0 pas de bioturbation	B1 Peu de bioturbation	B2 En cours de régénération	B3 Régénération très développée
Absence totale de traces de bioturbation	Quelques traces, surtout des macropores	Nombreuses traces. Présence de portions tassés non bioturbées.	Nombreuses traces, sur toute la surface de la motte.

- Autres observations**

- Noter la présence de vers de terre, de galeries et la catégorie écologique de vers dominant
- Noter la présence de résidus de culture
- Noter les traces d'asphyxie ou d'hydromorphie

EVALUATION DE L'INDICATEUR

Critère	Avis
Compétence technique	Pas de compétences techniques particulières nécessaires.
Applicabilité	Applicable à tous les types de sol. Plus compliqué en sol caillouteux.
Représentativité	Effectuer plusieurs répétitions dans une zone homogène
Contraintes techniques	Peu de matériel nécessaire.
Facilité de mise en œuvre	

Document rédigé par : Elodie Derivry, APREL

Avec le soutien financier de : Agence de l'eau – Rhône méditerranée Corse

Sources bibliographiques : Chambre d'Agriculture de Gironde, 2018. Boîte à outils de Caractérisation de la Qualité des sols. Gautronneau et Manichon, 1987. Guide méthodique du profil cultural. Chambre d'Agriculture du Tarn, 2008. Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols. Isara Lyon, 2016. Test Bêche, guide d'utilisation. Turillon et al., Guide méthodique du test bêche Structure et action des vers de terre – Projet Sol D'Phy – juillet 2018

Pour plus d'informations, contacts :
 Elodie Derivry, APREL
 derivry@aprel.fr
 Claire GOILLON, APREL
 goillon@aprel.fr

En partenariat avec :



Financé par :

