



SOL ANA



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les caractéristiques physico-chimiques des horizons de sol étudiés s'obtiennent par analyse en laboratoire. Elles sont essentielles à la connaissance du sol du site à restaurer et sont à relier aux résultats des autres suivis.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUELLES SONT LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES HORIZONS DE SOL DU SITE RESTAURE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :

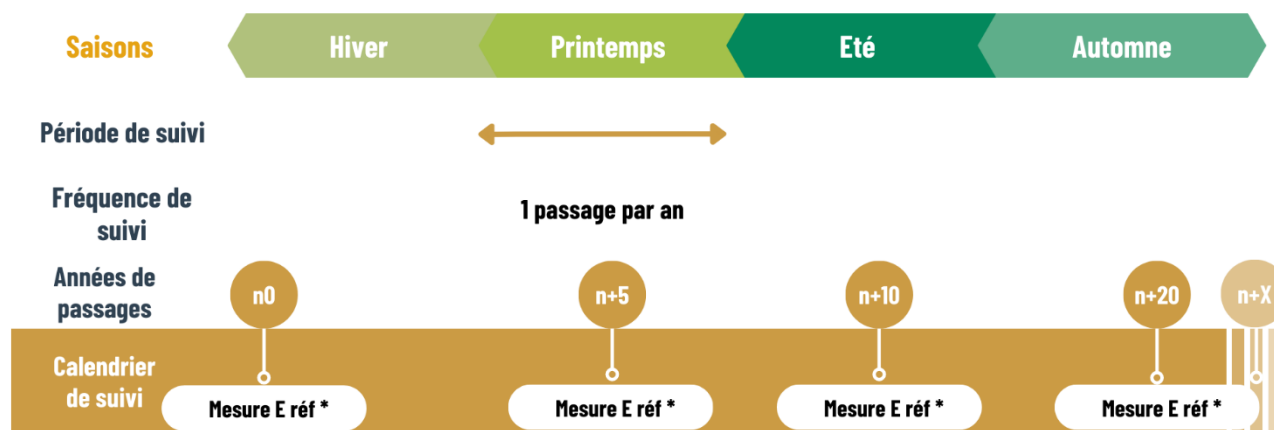


REpondre AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Evaluer les propriétés physico-chimiques des sols

Milieu cible	Compétences requises	Méthode d'analyse des résultats		
Tout milieu	Savoir lire et interpréter une analyse de laboratoire	Tableur, logiciel de traitement statistique (+ prestation laboratoire pour les comptages d'individus)		
Pour 1 échantillon	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent	10 à 15 min	1	Bêche ou tarière Sac type congélation Marqueur indélébile
Analyses	Prestation (environ 60 €) + agent	Demi-journée	1	Prestation auprès d'un laboratoire spécialisé Tableur ou logiciel de traitement statistique

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Mesure E réf * : effectuer également le protocole sur le site de référence pour comparaison

Conditions d'observation

Evitez un sol trop froid, trop chaud, trop sec ou gorgé d'eau. Il doit être frais ou humide.

Evitez de prélever après un épisode météorologique extrême ou très long.

Privilégiez la période d'activité biologique maximale, vers mars-avril en plaine, mai-juin en montagne. Ceci vous permettra de coordonner ces relevés avec ceux des autres protocoles de suivi des sols ou de végétation, et ainsi de mutualiser les interprétations.

Réalisez ce suivi avant toute intervention sur le sol – travail du sol, fertilisation – ou plusieurs semaines après.

NB : la période choisie dépend des conditions météorologiques de l'année en cours, et du milieu dans lequel vous travaillez : en montagne, une installation vers le mois de mai ou juin est peut-être plus appropriée, en fonction de l'altitude du site.



SOL
ANA



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

PROTOCOLE

→ 1^{ère} étape indispensable : description du profil de sol étudié -> fiche SOL-PROFIL

Si possible, suivez la méthodologie RMQS

(cf. Jolivet et al., 2018, dans la partie « Pour aller + loin – Ressources » pour le protocole).

Sinon : 1 – Placez-vous sur une zone homogène du point de vue de la végétation, et effectuez un prélèvement de terre à l'aide d'une bêche ou d'une tarière dans un ou plusieurs horizons. Collectez environ 500 g de sol.

→ **Nombre d'échantillons conseillé** : choisissez des zones homogènes (usage du sol et végétation) de manière à couvrir l'ensemble du site. A titre d'exemple, nous avons échantillonné au moins 3 zones sur des sites de 500 à 700 m². Faites au moins 3 prélèvements par zone. Pour être représentatif de l'ensemble de la zone choisie, faites vos prélèvements en diagonale sur la zone, en W, ou dans un cercle de 20 m de rayon autour du premier point échantillonné.

→ Vous pouvez constituer un échantillon composite par zone à partir de plusieurs prélèvements : homogénéisez ensuite vos prélèvements pour constituer cet échantillon (avantages : coût moindre car 1 seul échantillon ; inconvénients : perte d'informations sur les potentielles hétérogénéités, pas d'analyses statistiques possibles).

→ Rappel : le choix du (ou des) horizon(s) à étudier vient suite à la description du profil de sol (cf. fiche SOL-PROFIL)

2 – Mettez votre échantillon dans un sac numéroté selon le code choisi (ANA-Site_modalité_date_zone_numéro de répétition).

3 – Si possible, envoyez l'ensemble de vos échantillons au laboratoire dans la foulée. Sinon, conservez-les au frais (à 8-10°C) pendant 2 jours maximum avant l'envoi.

NB : ce protocole est fourni à titre d'exemple. Vous devez suivre les consignes du laboratoire auquel vous commandez l'analyse, notamment pour ce qui est du nombre de répétitions à effectuer.

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Illustrations de la mise en place du protocole

A



B



Crédits photographiques : Camille MULATERO (photo A, CBNPMP) – Manuel DELAFOULHOUZE (photo B, CBNPMP)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × **Se référer aux indications du laboratoire pour les prélèvements des échantillons de sol.**
- × Pour les milieux ouverts herbacés, le sol ne doit pas être engorgé en eau. Il doit être humide ou frais, non sec, pas trop chaud ni gelé. Un sol assez profond et peu caillouteux sera plus propice à la réalisation de ce protocole.
- × Afin de limiter les potentiels effets de bords, choisissez des zones de prélèvements à au moins 2 mètres des bordures extérieures du site – si possible, et à l'écart des perturbations (roulages d'engins, ...).
- × Vous pouvez analyser plus d'un horizon : soit en choisissant de faire des prélèvements dans plusieurs horizons distincts, soit en analysant un horizon composite (ex. : 0-30 cm, 30-60 cm, ...).
- × Privilégiez l'envoi des échantillons en début ou milieu de semaine. Vous éviterez ainsi le risque que vos échantillons soient stockés en centre de tri durant le weekend avant d'être livrés.

RES'SOL – Août 2023



SOL ANA



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

INTERPRETATION

Objectif : caractériser les horizons du sol avant et après restauration

QUELLES SONT LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES HORIZONS DE SOL DU SITE RESTAURE ?

➔ Lecture de la fiche d'analyses renvoyée par le laboratoire.

En particulier, on accordera de l'importance à l'interprétation des éléments suivants (par ordre de complexité) :

1° Paramètres indispensables

- **C_{org}, N_{tot}** -> taux de carbone organique et d'azote total. Ces paramètres sont le reflet des stocks de carbone et d'azote dans les horizons de sols. *L'azote est indispensable à la croissance des plantes, et constitue une source de nutriments pour les organismes du sol. Vous pouvez demander un complément d'analyses pour évaluer le carbone actif, qui sera utilisé par les organismes du sol.*
- **Taux de MO** -> quantité de matière organique (source de nutriments pour la végétation notamment, après minéralisation).
- **Rapport C/N** -> indicateur de la dynamique du carbone et de l'activité biologique de dégradation de la matière organique. *Il existe des valeurs seuils. Ce rapport doit être équilibré pour que la décomposition de la matière organique puisse être réalisée par les organismes du sol et que les éléments ainsi minéralisés soient rendus biodisponibles pour les plantes.*
- **pH** -> dans l'idéal, prendre les mesures **pH eau + pH KCl** pour étudier **pH eau et ΔpH** (différence entre les deux valeurs). *Ex. : un ΔpH élevé va indiquer une acidité potentielle liée à des protons libérés par la capacité d'échange cationique.*

2° Paramètres importants

- **Granulométrie** -> proportions des **5 fractions** : argiles, limons fins, limons grossiers, sables fins, sables grossiers. Ces teneurs renseignent sur la fonction de pédotransfert (érodibilité, ...). *La granulométrie conditionne notamment la rétention de l'eau dans les horizons de sol, leur porosité, leur compaction ou leur teneur en dioxygène.*
Un **rapport taux de C_{org}/teneur en argiles > 1/10** est généralement signe d'une **bonne qualité structurale des horizons de sol étudiés**, (très bonne si le rapport dépasse 1/8), soit un rapport taux de MO/teneur en argiles de 17% ou 24% respectivement (Johannes et al., 2017).

Rmq. : un rapport C/N équilibré et l'activité biologique favorisent la décomposition de la MO. Les éléments ainsi minéralisés sont soit lessivés dans les eaux (défavorable à la végétation), soit captés par les plantes, soit captés par les argiles pour former le complexe argilo-humique (avec des ions H⁺/Ca²⁺/Mg²⁺, ...). Ce complexe permet des échanges en éléments minéraux avec les racines.

ATTENTION : ces résultats sont à mettre en relation avec les pratiques de gestion en place sur le site restauré, qui influencent les propriétés des sols. Plus l'échantillon de sol est riche en argiles, plus la teneur en MO doit être élevée pour observer une bonne qualité structurale des horizons étudiés (menaces = compaction, manque d'oxygène, ...) (Johannes et al., 2017).

3° Autres paramètres intéressants à évaluer

- **Teneur en CaCO₃** -> taux de calcaire sur les sols carbonatés. Vous pouvez observer si vos sols sont carbonatés via la valeur du pH (pH > 7) ou en réalisant un test d'effervescence à l'acide chlorhydrique (HCl). *L'intensité de l'effervescence est un indicateur de la teneur en CaCO₃.*
- **CEC** -> capacité d'échange cationique (dans l'idéal mesurée au pH du sol). *Elle détermine les échanges en éléments minéraux comme expliqué auparavant.*
- **Bases échangeables** -> calcium (Ca²⁺), magnésium (Mg²⁺), potassium (K⁺), sodium (Na⁺), ... *Pour un contexte donné, leurs teneurs peuvent indiquer des carences ou excès en ces éléments qui conditionnent la croissance des végétaux.*
- **P biodisponible** -> phosphore biodisponible pour les plantes (*attention à la méthode utilisée par le laboratoire*)
- **NH₄⁺, NO₃⁻** -> formes d'azote minérales, directement assimilables par les végétaux (*à demander en complément d'analyses*)
- **Conductivité du sol** -> elle peut indiquer une perturbation potentielle pour la végétation

4° Pour approfondir

- **Teneur en polluants** -> proportions de métaux lourds, POP (polluants organiques persistants), plastiques et microplastiques. *Ces informations peuvent être importantes à obtenir dans le cas d'opérations de réhabilitation des sols.*
- **ADNe** -> ADN environnemental pour connaître les organismes biologiques présents dans les horizons de sol.
- **Respiration du sol** (activité biologique)

Comparez toujours ces résultats à ceux obtenus sur le site de référence et le(s) site(s) témoin(s).

NB : les paramètres évalués dans les analyses sont modulables, vous pouvez demander au laboratoire des analyses plus ou moins fines selon vos objectifs et contextes de restauration.



SOL
ANA



Indicateur

Niveau 3
Confirmé



Avertissements sur les analyses

- × **Il ne s'agit pas d'une lecture agronomique des résultats !** Indiquez bien que vous travaillez sur de la restauration et soyez donc prudents vis-à-vis des interprétations déjà inscrites sur les feuilles de résultats d'analyses du laboratoire.
La grille de lecture doit être adaptée aux enjeux et contexte de la restauration engagée.
- × Il est important de connaître le type de sol et l'historique de gestion de la parcelle afin d'interpréter les résultats liés aux propriétés du sol et aux pratiques.
- × **La fiche rendue par le laboratoire peut contenir beaucoup de résultats. L'important est de regarder : le pH, le taux de matière organique, le carbone organique (Corg) et l'azote total (Ntot) et le rapport C/N, la granulométrie et enfin le trio azote, phosphore et potassium (N, P, K).**
 - > pour P et K, vous pouvez simplement regarder dans les premières années si leur quantité est élevée ou non.
 - > le plus important est de bien faire l'étude complète sur un même horizon si vous souhaitez vous intéresser à la restauration des fonctionnalités du sol. Ce n'est donc pas grave si vous n'analysez qu'un seul horizon (par exemple celui de surface). L'analyse de plusieurs horizons vous apportera toutefois une connaissance plus précise des caractéristiques de votre sol sur son profil.
- × On ne va **pas interpréter ni analyser précisément les résultats** car ils peuvent varier au cours de l'année. Par contre, on va regarder où notre sol se situe de façon générale sur le plan physique et chimique puisque cela va influencer le choix des végétaux, leur développement ainsi que l'activité biologique.
- × **Croisez ces résultats avec ceux des autres indicateurs et descripteurs de sol testés** : profil et test bêche, activité des vers de terre et de la nématofaune, taux d'infiltration de l'eau, ... Mettez-les également en lien avec le contexte du site, ainsi que la végétation qui s'y développe.

Pour aller + loin

Autres protocoles :

Mesure du pH (SOL-PH), profil de sol - test bêche (SOL-PROFIL), autres protocoles de suivi des sols, protocoles de suivi de la végétation

Ressources :

JOLIVET C., ALMEIDA-FALCON J-L., BERCHE P., BOULONNE L., FONTAINE M., GOUNY L., LEHMANN S., MAITRE B., RATIE C., SCHELLENBERGER E. & SOLER-DOMINGUEZ N., 2018. *Manuel du Réseau de mesures de la qualité des sols. RMQS2 : deuxième campagne métropolitaine, 2016 - 2027*. Version 3, INRA, US 1106 InfoSol, Orléans, France

Disponible en ligne sur : <https://www.gissol.fr/publications/manuel-du-reseau-de-mesures-de-la-qualite-des-sols-rmqs2-edition-2018-4352>

La classification des habitats EUNIS est disponible sur le site de l'INPN : https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/7

Bibliographie :

BAIZE D. (2020). *Réflexions à propos des analyses de terre et de sols*. Etude et gestion des sols, Vol. 27, pp. 351-359

BALLOY B., BISPO A., BOUTHIER A., CHENU C., CLUZEAU D., et al. (2017). Tour d'horizon des indicateurs relatifs à l'état organique et biologique des sols. Ministère en charge de l'Agriculture, 61 p. Disponible sur : <https://hal.inrae.fr/hal-02788601>

JOHANNES A., MATTER A., SCHULIN R., WEISSKOPF P., BAVEYE P.C., BOIVIN P. (2017). *Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter?* Geoderma, Vol. 302, pp. 14-21

DOI : <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.04.021>

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Analyses physico-chimiques des sols en restauration écologique : fiche indicateur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 4 p.