



BAO RES'SOL - 2023



BOÎTE A OUTILS DE SUIVI DE LA RESTAURATION ECOLOGIQUE DES MILIEUX OUVERTS HERBACES

RES'SOL - Novembre 2023

G. Terpereau - C. Mulatero - L. Vahé - M. Delafoulhouze - S. Huc

Financé
par



GOVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Financé par
l'Union européenne
NextGenerationEU



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ

Avec le soutien financier de NextGenerationEU, de France Relance et de l'Office Français de la Biodiversité

La restauration écologique, c'est quoi ?

La restauration écologique désigne, d'après la Société pour la Restauration Ecologique (SER), le « processus d'assistance à la récupération d'un écosystème ayant été dégradé, abîmé ou détruit [...], afin de l'orienter vers une trajectoire de récupération permettant l'adaptation aux changements locaux et globaux, ainsi que la persistance et l'évolution des espèces qui le constituent » (SER, 2019).

Restaurer un écosystème vise donc à rétablir durablement un biotope et une biocénose associée, pour retrouver des fonctionnalités perdues par l'écosystème suite à sa dégradation.

Pourquoi ces fiches ?

Evaluer la réussite des opérations de restauration écologique s'avère souvent complexe : comment suivre l'évolution de l'écosystème restauré au cours du temps, à quoi la comparer, quelles métriques mesurer, sur quelles références s'appuyer ? Autant de questions auxquelles il est parfois difficile de répondre.

L'objectif de ces fiches indicateurs est donc de proposer une **méthodologie standardisée de suivi et d'évaluation des chantiers de restauration écologique des milieux herbacés**. Leur domaine d'application concerne **l'ensemble des milieux ouverts de France métropolitaine, quel que soit le relief et l'aire biogéographique** dans laquelle ils se situent.

Elaborées en commun avec les professionnels français de la restauration écologique, les Conservatoires Botaniques Nationaux (CBN) partenaires du projet, des associations naturalistes et des scientifiques spécialistes des fonctionnalités évaluées, elles présentent un ensemble d'outils mobilisables sur le terrain par tous les acteurs selon leurs buts de restauration, compétences, moyens techniques, financiers, humains et le temps dont ils disposent.

Publiées ici dans une première version en tant que supports d'aide au suivi des sites restaurés, elles ont vocation à être améliorées et à évoluer au fil de leur utilisation, et de vos retours.

Quels sont les outils proposés dans ces fiches ?

Nous avons distingué les protocoles pouvant être utilisés comme descripteurs de ceux constituant de réels indicateurs. Vous pourrez les reconnaître à l'aide des symboles suivants :



Un **indicateur** désigne une caractéristique d'un écosystème qui peut être utilisée pour mesurer la progression des objectifs opérationnels ou des objectifs à long terme de restauration d'un site particulier (e.g., mesures de présence/absence et la qualité des composants biotiques ou abiotiques de l'écosystème) (SER 2016, issue de Conservation Measures Partnership 2013). Il est comparé à une valeur de référence, et doit être reproductible dans l'espace et dans le temps.



Un **descripteur** désigne une observation réalisée à une période donnée, qui permet de décrire l'état de l'écosystème à un instant t.

Définition des sites d'études

Le **site restauré** désigne le site faisant l'objet du chantier de restauration écologique.

Le **site témoin non altéré** - aussi appelé **site de référence** selon la définition de la SER - désigne un « site intact encore existant qui possède des attributs et une phase de succession semblables à celle du site de restauration » (SER, 2019). Ainsi, il s'agit d'un site similaire au site restauré, mais n'ayant pas fait l'objet d'opérations de revégétalisation. Il suit donc une évolution « naturelle ».

Le **site témoin altéré** est un site qui a été dégradé mais qui n'a pas été restauré. Il peut servir de support de comparaison pour évaluer les effets de la restauration par rapport à une restauration passive c'est-à-dire sans intervention humaine mais avec une colonisation végétale spontanée.

→ Comment les utiliser comme outils de comparaison ?

Site témoin altéré		Site de référence	
Connaître l'état de l'écosystème et son évolution en l'absence de restauration (restauration passive)		Connaître l'état cible de l'écosystème à restaurer	
Suivre l'évolution de l'écosystème restauré par rapport à son état initial		Suivre l'évolution de l'écosystème restauré par rapport à son état visé (état final hypothétique)	

Quels indicateurs doivent être utilisés ?

La liste indiquée ici n'est pas exhaustive, et aucun protocole n'est imposé. Il ne s'agit que de propositions. Pensez toutefois qu'il est primordial d'évaluer l'ensemble des fonctionnalités pour avoir une bonne idée de la trajectoire d'évolution prise par l'écosystème et de la réussite de la restauration, car tous ces aspects sont liés les uns aux autres ! Ainsi, essayez au maximum de suivre chacune des thématiques proposées, quitte à privilégier un niveau de suivi plus simple.

En effet, le fonctionnement de la végétation est indissociable de la présence d'un sol structuré et fonctionnel, de pollinisateurs abondants et diversifiés, et avec elle d'une insertion du site restauré au sein du territoire et de son paysage. Il n'est donc pas obligatoire d'utiliser tous les indicateurs, mais nous vous recommandons vivement d'évaluer au moins un indicateur par groupe thématique : pensez aux fonctionnalités de l'écosystème.

Comment lire les fiches ?

Les fiches ont été construites selon quatre thématiques (végétation, sol, pollinisateurs, paysage). La première page de chaque fiche vous permet de savoir si l'indicateur ou le descripteur est adapté à vos objectifs, en répondant aux questions suivantes :

- (1) Pourquoi appliquer cet indicateur et à quelle problématique répond-il ? -> questions écologiques
- (2) L'application de cet indicateur est-elle complexe ? -> niveau de difficulté
- (3) Dans quel contexte le protocole est-il applicable ? -> milieu cible
- (4) Qui peut le mettre en place ? -> compétences requises
- (5) Avec quels moyens ? -> budget, durée, quantité de personnel, matériel, méthodes d'analyses
- (6) Quand le mettre en place ? -> tableau indicatif des rythmes de passage

Les pages suivantes (partie « Protocole ») vous renseignent sur les étapes d'application du protocole, ou des précautions éventuelles à respecter. Un nombre de répétitions est précisé à titre indicatif. Vous trouverez ensuite (partie « Interprétation ») des indications pour interpréter les données que vous aurez ainsi collectées et des suggestions d'analyses. Enfin, les dernières pages comportent des informations complémentaires (« Pour aller + loin »).

Une fiche de relevé de terrain sur laquelle noter vos observations est associée.

Version de la boîte à outils : V1 - 13/11/2023

SOMMAIRE

Notice d'utilisation des fiches indicateurs	2
Sommaire	4
VEGETATION	5
<i>VEG-REC1 : recouvrement par suivi photo</i>	6
<i>VEG-REC2 : recouvrement – suivi terrain par quadrats</i>	10
<i>VEG-REC3 : recouvrement par groupes taxonomiques de végétation</i>	13
<i>VEG-SPP1 : communautés – reprise des espèces semées</i>	17
<i>VEG-SPP2 : communautés – inventaire de la flore vasculaire</i>	20
<i>VEG-SPP3 : communautés – inventaire complet de la végétation</i>	25
<i>VEG-PHYTOSOCIO : relevé phytosociologique</i>	30
<i>Fiche aide VEG</i>	35
<i>EVEE : espèces végétales exotiques envahissantes</i>	39
SOL	43
<i>SOL-PROFIL : description du profil de sol</i>	44
<i>SOL-ANA : analyses physico-chimiques</i>	50
<i>SOL-PH : mesure du pH du sol (pH eau)</i>	56
<i>SOL-ACT-VDT : test bêche vers de terre</i>	61
<i>SOL-ACT-MYC : champignons mycorhiziens à arbuscules – test MPN</i>	67
<i>SOL-ACT-NEM : nématofaune</i>	72
<i>SOL-ACT-THE : mesure du taux de décomposition de la MO – sachets de thé</i>	77
<i>SOL-ACT-LIT : mesure du taux de décomposition de la MO – litter bags</i>	82
<i>SOL-INF : perméabilité du sol – test Beerkan</i>	87
POLLINISATEURS	92
<i>POL : observation des pollinisateurs</i>	93
<i>Fiche aide POL</i>	98
PAYSAGE	99
<i>PAY : suivi paysager</i>	100

Note : les fiches de relevé de terrain sont disposées à la suite de chacune des fiches indicateurs, à l'exception des indicateurs VEG-REC2 et VEG-REC3 pour lesquelles les fiches terrain sont respectivement couplées avec les fiches terrain VEG-SPP2 et VEG-SPP3.

VEGETATION



LISTE DES INDICATEURS

Recouvrement

VEG-REC1
Suivi photo
VEG-REC2
Suivi terrain par quadrats
VEG-REC3
Recouvrement par groupes taxonomiques de végétation

Relevé phytosociologique

VEG-PHYTOSOCIO

Communautés floristiques

VEG-SPP1
Reprise des espèces semées
VEG-SPP2
Inventaire de la flore vasculaire
VEG-SPP3
Inventaire complet de la végétation

Espèces végétales exotiques envahissantes

EVEE



VEG
REC1



Indicateur

Niveau 1
Débutant

RECOUVREMENT PAR SUIVI PHOTO

Ce protocole rapide vise à mesurer indirectement le recouvrement par une série de photographies de quadrats.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

COMMENT EVOLUE LE RECOUVREMENT SUR LE SITE RESTAURE AU COURS DU TEMPS ?

LE RECOUVREMENT DU SITE RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



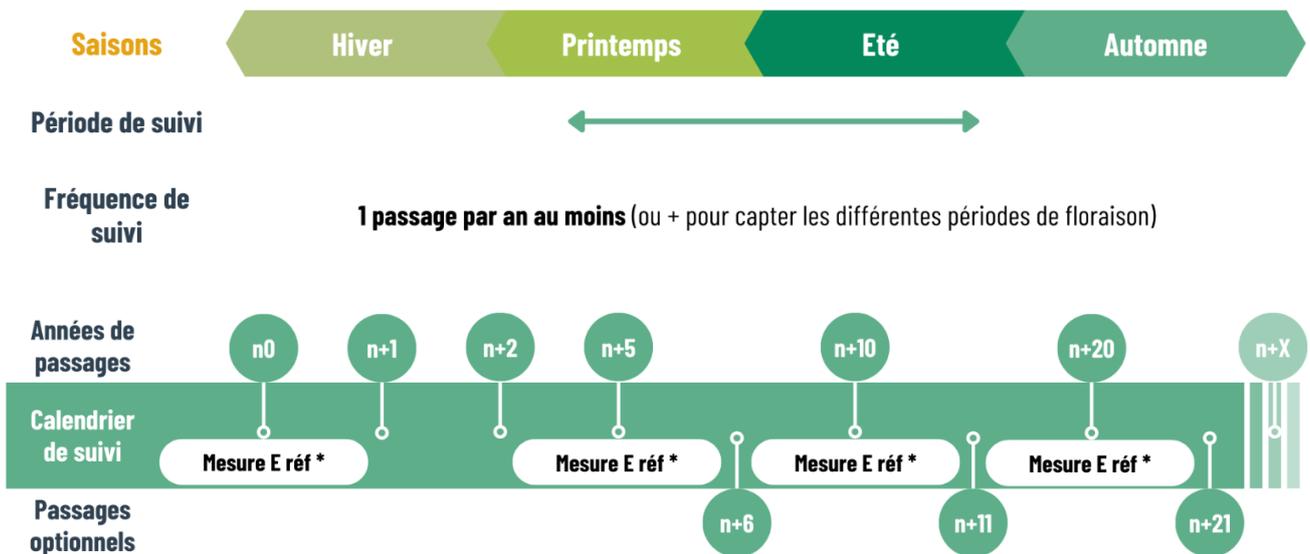
REPOUDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Estimer un taux de recouvrement de la végétation

Evaluer les risques liés à l'érosion

Milieu cible	Compétences requises		Méthode d'analyse des données	
Milieu ouvert herbacé	Savoir utiliser un appareil photographique		Lecture d'images, tableur	
Pour 30 quadrats	Coûts	Durée estimée	Matériel requis	
Préparation	Agent	30 min (1 h si fabrication du quadrat)	1	Logiciel SIG, carte
Relevé de terrain	Agent	< 5 min par quadrat	1	Quadrat 50x50 cm, appareil photo / smartphone, carte/GPS
Analyses	Agent	Demi-journée	1	Lecture d'images, tableur

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Mesure E réf * : effectuer le protocole sur le site de référence pour avoir le % de recouvrement de référence

Conditions d'observation : réalisez vos relevés au stade pleine floraison de la majorité des espèces végétales.

C'est ce critère qui détermine la période de suivi, la date à laquelle il est réalisé peut donc varier d'année en année selon les conditions climatiques rencontrées, le type de milieu et l'altitude du site.

RES'SOL - Août 2023



VEG
REC1



Indicateur

Niveau 1
Débutant

PROTOCOLE

PREPARATION

1 - Réalisez un échantillonnage aléatoire de points couvrant l'ensemble du site sur une carte ou à l'aide d'un logiciel SIG (pour la méthodologie, voir la fiche Aide_VEG). Ils constitueront les emplacements des quadrats.

TERRAIN

2 - Selon la configuration du site*, placez le quadrat au niveau d'un des repères préalablement déterminés.

3 - Prenez une photographie du quadrat, en vous plaçant à la verticale au-dessus du quadrat, parallèlement au sol (cf. illustrations ci-dessous).

4 - Renommez votre photographie et enregistrez-la : ex. Site_VEG-REC_N° Quadrat_Date_Observateur.

5 - Répétez l'opération pour couvrir toute l'étendue du site et ses potentielles hétérogénéités :

(Option 1) ≥ 30 répétitions pour avoir des données statistiquement exploitables.

(Option 2) Moins de 30 répétitions si vous n'avez pas besoin de faire des statistiques ou que c'est impossible (configuration du site).

(Option 3) >> 30 répétitions si vous souhaitez un travail très précis. Faites alors des tests statistiques pour connaître le nombre exact de réplicats à réaliser.

* Des configurations linéaires étroites contraignent généralement au positionnement des quadrats.

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Illustrations de la mise en place du protocole



A : végétation = 100%

B : végétation = 65%, sol nu = 50%

C : aide à la lecture du recouvrement

Crédits photographiques : Guillaume TERPEREAU (CBNA, photo A) - Camille MULATERO (CBNPMP, photo B)

Schéma : Lannuzel & Cambecèdes (2022), d'après Braun-Blanquet



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Prenez les photographies à la même période phénologique (stade pleine floraison de la majorité des espèces).
- × Essayez de conserver la même orientation par rapport au soleil et une exposition identique pour faciliter les comparaisons entre années. Veillez à ne pas faire d'ombre sur le quadrat lors de la prise de vue ! Prenez donc les photographies à la même tranche horaire pour conserver une luminosité comparable.
- × Afin de limiter les potentiels effets de bords, positionnez les quadrats à au moins 2 mètres des bordures extérieures du site - si possible.
- × Pour obtenir davantage d'informations sur la trajectoire de l'écosystème restauré, vous pouvez comparer son évolution avec celle des sites témoins non altéré et altéré, en utilisant exactement le même protocole.
- × Si vous choisissez des repères fixes, pensez qu'ils doivent être retrouvés les années suivantes : veillez donc à les choisir et décrire/situer précisément.

Astuces



Si la végétation est haute, vous pouvez prendre les deux angles de votre quadrat et les « refermer » sur la végétation en les rapprochant pour les joindre. La végétation sera ainsi entourée par le quadrat sans être couchée.

Pour faciliter la lecture du recouvrement, vous pouvez utiliser un quadrat subdivisé avec des ficelles (cf. photo B).

RES'SOL - Août 2023



VEG
REC1



Indicateur

Niveau 1
Débutant

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

COMMENT EVOLUE LE RECOUVREMENT SUR LE SITE RESTAURE AU COURS DU TEMPS ?

→ A partir des photographies enregistrées, mesurez le pourcentage de recouvrement de végétation, du sol nu, de litière et de la fraction minérale (pierres ou blocs rocheux > 10 cm, moins soumis à l'érosion). Puis, évaluez l'évolution de la surface au sol couverte par la végétation entre les années, en comparant vos résultats avec les photos prises les années précédentes.

LE RECOUVREMENT DU SITE RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

→ Comparez le pourcentage de recouvrement moyen estimé à l'aide des quadrats avec celui mesuré sur le site de référence/témoin non altéré. Comparez-le également avec les valeurs sur le(s) site(s) témoin(s).

Vous pouvez effectuer des analyses statistiques, ou bien comparer les photographies prises sur le terrain.



Avertissements sur les analyses

- × **La valeur moyenne du recouvrement sur le site restauré peut être inférieure à 100%, sans que la restauration ne soit un échec !**

Il faut comparer la valeur obtenue à la valeur du site de référence - qui n'est pas toujours égale à 100% selon le type de milieu.

Le recouvrement du site de référence (témoin non altéré) est celui mesuré en n0. Il est actualisé en n+5, n+10 et n+20 etc.

- × Pour limiter l'érosion, en particulier sur de fortes pentes (>35%), il est préférable d'atteindre un recouvrement supérieur à 70%.

En particulier, pour les zones de haute montagne ou talus fortement pentus, il est conseillé d'obtenir un tel recouvrement à la fin des deux premières périodes de végétation, soit en n+2 (*Krautzer et al., 2006*).

Pentes > 35%

=>

Recouvrement > 70%



- × **Un fort recouvrement suivi d'une baisse relative ne signifie pas forcément l'échec de la restauration.**

En effet, des espèces annuelles peuvent coloniser rapidement le site restauré sans perdurer dans le temps, alors que les espèces vivaces semées nécessitent un temps d'établissement plus long.

- × Essayez de **connaître la gestion du site** : y a-t-il du pâturage, une fauche, des roulages d'engins ... cela peut influencer le recouvrement. Pensez donc à bien renseigner la fiche diagnostic pour interpréter les résultats.

- × Attention : il est impératif de **combiner suivi du recouvrement et évolution des communautés végétales avant de conclure à un résultat satisfaisant** ! En effet, un fort recouvrement peut être observé du fait de la présence d'espèces indésirables (rudérales) voire d'espèces exotiques envahissantes.

Pour aller + loin

Autres protocoles : VEG-REC2, VEG-REC3, VEG-SPP2, VEG-SPP3, EVEC

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

Bibliographie : KRAUTZER, B., WITTMANN, H., 2006. *Restoration of alpine ecosystems*. In : VAN ENDEL, J., ARONSON, J. *Restoration ecology*. Blackwell Publishing, 2005, pp. 208-220.

LANNUZEL L., CAMBECEDES J., 2022. *Guide technique. Pratiques d'implantation et de gestion des plantes messicoles. Préserver la flore sauvage des milieux ouverts à vocation agricole*. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi photo du recouvrement en restauration écologique : fiche indicateur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.



**VEG
REC1**



Indicateur

**Niveau 1
Débutant**

RECOUVREMENT PAR SUIVI PHOTO

Ce protocole rapide vise à mesurer indirectement le recouvrement par une série de photographies de quadrats.

Nom du site : Commune :

Coordonnées GPS : X (lat.) = Y (long.) =

Date :

Observateurs (organisme) :

Pente (%) : Exposition :

Historique du site :

Type d'habitat (EUNIS) :

Nombre de quadrats photographiés :

N° de la photo	N° du quadrat	Point GPS	Remarques

Méthodologie de quadrats utilisée (fixe / aléatoire) :

Type de semis (modalité, type de semences) :

Remarques générales (labour précoce, passage d'engins, ...) :

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi photo du recouvrement en restauration écologique : fiche de relevé terrain. RES'SOL.* Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 1 p.



VEG REC2



Indicateur

Niveau 2
Intermédiaire

RECOUVREMENT – SUIVI PAR QUADRATS

Ce protocole vise à estimer visuellement le recouvrement sur le terrain à l'aide de quadrats.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

COMMENT EVOLUE LE RECOUVREMENT SUR LE SITE RESTAURE AU COURS DU TEMPS ?

LE RECOUVREMENT DU SITE RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



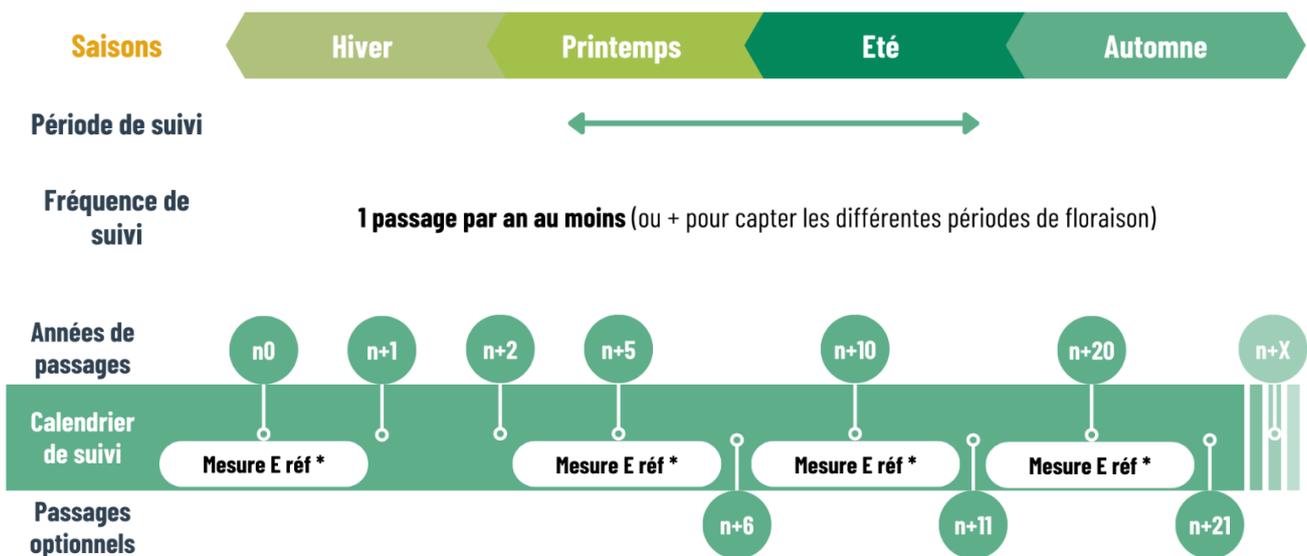
REPOUDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Estimer un taux de recouvrement de la végétation

Evaluer les risques liés à l'érosion

Milieu cible	Compétences requises			Méthode d'analyse des données
Milieu ouvert herbacé	Analyses statistiques			Tableur, logiciel de traitement statistique
Pour 30 quadrats	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Préparation	Agent	30 min (1 h si fabrication du quadrat)	1	Logiciel SIG, carte
Relevé de terrain	Agent	< 5 min par quadrat	1	Quadrat 50x50 cm, carte/GPS
Analyses	Agent	Demi-journée	1	Tableur ou logiciel de traitement statistique

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Mesure E réf * : effectuer le protocole sur le site de référence pour avoir le % de recouvrement de référence

Conditions d'observation : réalisez vos relevés au stade pleine floraison de la majorité des espèces végétales.

C'est ce critère qui détermine la période de suivi, la date à laquelle il est réalisé peut donc varier d'année en année selon les conditions climatiques rencontrées, le type de milieu et l'altitude du site.

RES'SOL – Août 2023



VEG REC2



Indicateur

Niveau 2
Intermédiaire

PROTOCOLE

PREPARATION

1 - Réalisez un échantillonnage aléatoire de points couvrant l'ensemble du site sur une carte ou à l'aide d'un logiciel SIG (pour la méthodologie, voir la fiche Aide_VEG). Ils constitueront les emplacements des quadrats.

TERRAIN

2 - Selon la configuration du site*, placez le quadrat au niveau d'un des repères préalablement déterminés.

3 - Estimez le pourcentage de recouvrement global de la végétation, du sol nu, de la fraction minérale (pierres et blocs rocheux > 10 cm, moins soumis à l'érosion) et de la litière à l'intérieur du quadrat, puis reportez les valeurs sur la fiche de relevé [pour la lecture des %, voir l'encadré « Précautions » ci-dessous].

4 - Répétez l'opération pour couvrir toute l'étendue du site et ses potentielles hétérogénéités :

(Option 1) ≥ 30 répétitions pour avoir des données statistiquement exploitables.

(Option 2) Moins de 30 répétitions si vous n'avez pas besoin de faire des statistiques ou que c'est impossible (configuration du site).

(Option 3) >> 30 répétitions si vous souhaitez un travail très précis. Faites alors des tests statistiques pour connaître le nombre exact de réplicats à réaliser.

* Des configurations linéaires étroites contraignent généralement au positionnement des quadrats.

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Vous pouvez combiner ce suivi à un relevé des espèces : voir la fiche VEG-SPP2

Illustrations de la mise en place du protocole



A : végétation = 50%, sol nu = 55%, litière = 10%, blocs = 3%

B : végétation = 65%, sol nu = 50%

C : aide à la lecture du recouvrement

Crédits photographiques : Guillaume TERPEREAU (CBNA, photo A) - Camille MULATERO (CBNPMP, photo B)

Schéma : Lannuzel & Cambecèdes (2022), d'après Braun-Blanquet



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Le recouvrement total peut dépasser 100% : en effet, c'est l'emprise aérienne de la végétation qui doit être projetée au sol pour lire le % de recouvrement. Or, elle peut être supérieure à son emprise au sol (% sol nu ≠ 100% - % végétation).
- × Afin de limiter les potentiels effets de bords, positionnez les quadrats à au moins 2 mètres des bordures extérieures du site - si possible.
- × Pour obtenir davantage d'informations sur la trajectoire de l'écosystème restauré, vous pouvez comparer son évolution avec celle des sites témoins non altéré et altéré, en utilisant exactement le même protocole.
- × Si vous choisissez des repères fixes, pensez qu'ils doivent être retrouvés les années suivantes : veillez donc à les choisir et décrire/situer précisément (ex. plaque métallique, piquet en bois marqué à la bombe fluorescente si le site n'est pas fauché, ...).

Astuces



Si la végétation est haute, vous pouvez prendre les deux angles de votre quadrat et les « refermer » sur la végétation en les rapprochant pour les joindre. La végétation sera ainsi entourée par le quadrat sans être couchée.

Pour faciliter la lecture du recouvrement, vous pouvez utiliser un quadrat subdivisé avec des ficelles (cf. photo B).

RES'SOL - Août 2023



VEG
REC2



Indicateur

Niveau 2
Intermédiaire

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

COMMENT EVOLUE LE RECOUVREMENT SUR LE SITE RESTAURE AU COURS DU TEMPS ?

→ A partir des relevés effectués, évaluez l'évolution de la surface au sol couverte par la végétation, le sol nu, la litière et les blocs rocheux entre les années.

LE RECOUVREMENT DU SITE RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

→ Comparez le pourcentage de recouvrement moyen estimé à l'aide des quadrats avec celui mesuré sur le site de référence/témoin non altéré. Comparez-le également avec les valeurs sur le(s) site(s) témoin(s).



Avertissements sur les analyses

- × **La valeur moyenne du recouvrement sur le site restauré peut être inférieure à 100%, sans que la restauration ne soit un échec !**

Il faut comparer la valeur obtenue à la valeur du site de référence - qui n'est pas toujours égale à 100% selon le type de milieu.

Le recouvrement du site de référence (témoin non altéré) est celui mesuré en n0.

Il est actualisé en n+5, n+10 et n+20 etc.

- × Pour limiter l'érosion, en particulier sur de fortes pentes (>35%), il est préférable d'atteindre un recouvrement supérieur à 70%.

En particulier, pour les zones de haute montagne ou talus fortement pentus, il est conseillé d'obtenir un tel recouvrement à la fin des deux premières périodes de végétation, soit en n+2 (Krautzer et al., 2006).

Pentes > 35%

=>

Recouvrement > 70%



- × **Un fort recouvrement suivi d'une baisse relative ne signifie pas forcément l'échec de la restauration.** En effet, des espèces annuelles peuvent coloniser rapidement le site restauré sans perdurer dans le temps, alors que les espèces vivaces semées nécessitent un temps d'établissement plus long.

- × Essayez de **connaître la gestion du site** : y a-t-il du pâturage, une fauche, ... cela peut influencer le recouvrement. Pensez donc à bien renseigner la fiche contexte pour interpréter les résultats.

- × Attention : il est impératif de **combiner suivi du recouvrement et évolution des communautés végétales avant de conclure à un résultat satisfaisant** ! En effet, un fort recouvrement peut être observé du fait de la présence d'espèces indésirables (rudérales) voire d'espèces exotiques envahissantes.

→ Nous vous conseillons de réaliser en parallèle le protocole VEG-SPP2.

Pour aller + loin

Autres protocoles :

VEG-REC1, VEG-REC3, VEG-SPP2, VEG-SPP3, EVEC

Ressources :

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

Bibliographie :

KRAUTZER, B., WITTMANN, H., (2006). *Restoration of alpine ecosystems*. In : VAN ENDEL, J., ARONSON, J. *Restoration ecology*. Blackwell Publishing, 2005, pp. 208-220.

LANNUZEL L., CAMBECEDES J., 2022. Guide technique. Pratiques d'implantation et de gestion des plantes messicoles. Préserver la flore sauvage des milieux ouverts à vocation agricole. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi du recouvrement par quadrats en restauration écologique : fiche indicateur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.



VEG REC3



Indicateur

Niveau 4
Expert

RECOUVREMENT - GROUPES TAXONOMIQUES DE VEGETATION

Distinguer le % de couverture de flore, bryophytes, lichens, Poacées ou espèces rudérales apporte des précisions sur la dynamique de végétation.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUEL EST LE RECOUVREMENT DES GROUPES DE VEGETATION ? COMMENT EVOLUE-T-IL DANS LE TEMPS ?

LE RECOUVREMENT DU SITE RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



REPENDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Estimer un taux de recouvrement des groupes de végétation et de leur dynamique Evaluer les risques liés à l'érosion

Milieu cible

Milieu ouvert herbacé

Compétences requises

Savoir reconnaître les groupes de végétation, les familles et leur écologie
Analyses statistiques

Méthode d'analyse des données

Tableur, logiciel de traitement statistique

Pour 30 quadrats

Coûts

Durée estimée

Nombre de personnes

Matériel requis

Préparation

Agent

30 min
(1 h si fabrication du quadrat)

1

Logiciel SIG/carte

Relevé de terrain

Agent

De 2 à 4 h

1 à 2

Quadrat 50x50 cm, carte/GPS

Analyses

Agent

Demi-journée

1

Tableur ou logiciel de traitement statistique

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE

Saisons



Période de suivi



Fréquence de suivi

1 passage par an au moins (ou + pour capter les différentes périodes de floraison)

Années de passages



Calendrier de suivi



Passages optionnels



Mesure E réf * : effectuer le protocole sur le site de référence pour avoir le % de recouvrement de référence

Conditions d'observation : réalisez vos relevés au stade pleine floraison de la majorité des espèces végétales.

C'est ce critère qui détermine la période de suivi, la date à laquelle il est réalisé peut donc varier d'année en année selon les conditions climatiques rencontrées, le type de milieu et l'altitude du site.

RES'SOL - Août 2023



VEG REC3



Indicateur

Niveau 4
Expert

PROTOCOLE

PREPARATION

1 – Réalisez un échantillonnage aléatoire de points couvrant l'ensemble du site sur une carte ou à l'aide d'un logiciel SIG (pour la méthodologie, voir la fiche Aide_VEG). Ils constitueront les emplacements des quadrats.

TERRAIN

2 – Selon la configuration du site*, placez le quadrat au niveau d'un des repères préalablement déterminés.

3 – Estimez le pourcentage de recouvrement global de la flore vasculaire (dont Poacées, Fabacées et rudérales), de bryophytes, de lichens, du sol nu, de la fraction minérale (*pierres et blocs rochoux > 10 cm, moins soumis à l'érosion*) et de la litière à l'intérieur du quadrat, puis reportez les valeurs sur la fiche de relevé [pour la lecture des %, voir l'encadré « Précautions » ci-dessous].

4 – Répétez l'opération pour couvrir toute l'étendue du site et ses potentielles hétérogénéités :

(Option 1) ≥ 30 répétitions pour avoir des données statistiquement exploitables.

(Option 2) Moins de 30 répétitions si vous n'avez pas besoin de faire des statistiques ou que c'est impossible (configuration du site).

(Option 3) >> 30 répétitions si vous souhaitez un travail très précis. Faites alors des tests statistiques pour connaître le nombre exact de réplicats à réaliser.

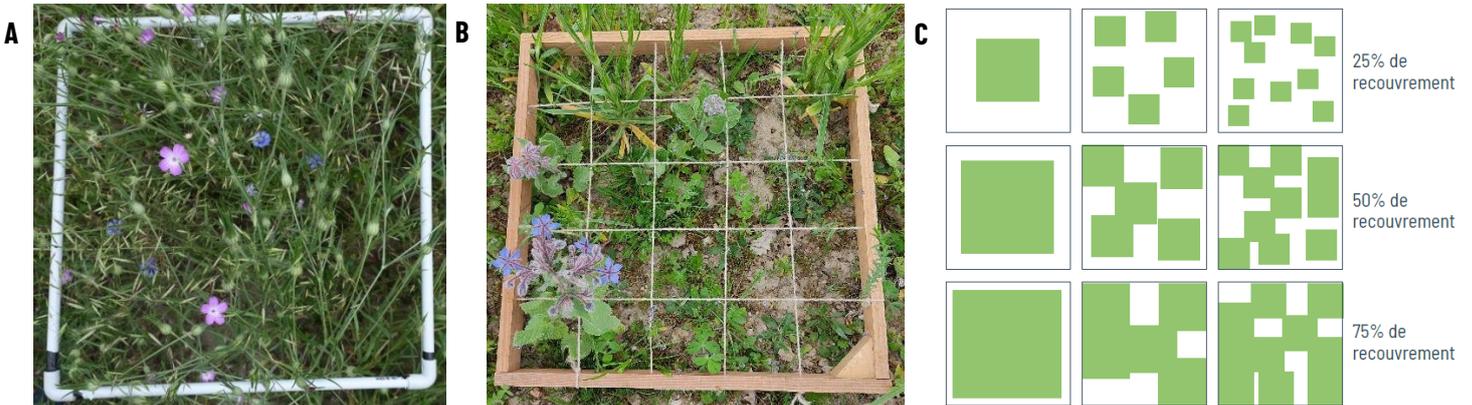
* Des configurations linéaires étroites contraignent généralement au positionnement des quadrats.

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Vous pouvez combiner ce suivi à un relevé des espèces : voir la fiche VEG-SPP3

Illustrations de la mise en place du protocole



A : végétation = 100% **B** : végétation = 65% (dont Fabacées = 15%), sol nu = 50%, litière = 0%, blocs = 0% **C** : aide à la lecture du recouvrement

Crédits photographiques : Guillaume TERPEREAU (CBNA, photo A) – Camille MULATERO (CBNPMP, photo B)

Schéma : Lannuzel & Cambecèdes (2022), d'après Braun-Blanquet



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Le recouvrement total peut dépasser 100% : en effet, c'est l'emprise aérienne de la végétation qui doit être projetée au sol pour lire le % de recouvrement. Or, elle peut être supérieure à son emprise au sol (% sol nu ≠ 100% - % végétation).
- × Afin de limiter les potentiels effets de bords, positionnez les quadrats à au moins 2 mètres des bordures extérieures du site – si possible.
- × Pour obtenir davantage d'informations sur la trajectoire de l'écosystème restauré, vous pouvez comparer son évolution avec celle des sites de référence (témoin non altéré) et site témoin altéré, en utilisant exactement le même protocole.
- × Si vous choisissez des quadrats fixes, pensez qu'ils doivent être retrouvés les années suivantes : veillez donc à choisir des repères et à les décrire/situer précisément (ex. plaque métallique, piquet en bois marqué à la bombe fluorescente si le site n'est pas fauché, ...).

Astuces



Si la végétation est haute, vous pouvez prendre 2 morceaux de votre quadrat (à angles séparables, photo A) et les « refermer » sur la végétation en les rapprochant pour les joindre. La végétation sera ainsi entourée par le quadrat sans être couchée.

Pour faciliter la lecture du recouvrement, vous pouvez utiliser un quadrat subdivisé avec des ficelles (cf. photo B).

RES'SOL – Août 2023



**VEG
REC3**



Indicateur

**Niveau 4
Expert**

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

QUEL EST LE RECOUVREMENT DES DIFFERENTS GROUPES TAXONOMIQUES DE VEGETATION ? COMMENT EVOLUE-T-IL SUR LE SITE RESTAURE AU COURS DU TEMPS ?

→ A partir des relevés que vous avez effectués, évaluez l'évolution de la surface au sol couverte par la flore vasculaire, les bryophytes, les lichens, le sol nu, la litière et la fraction minérale entre les années.

→ Évaluez - au sein de la flore - le % de Poacées (renseigne sur la stabilisation racinaire), de Fabacées (capacité à enrichir le sol) et de rudérales (indicatrices de perturbations du milieu).

[Voir le tableau « Aide » ci-dessous]

LE RECOUVREMENT DU SITE RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

→ Comparez le pourcentage de recouvrement moyen estimé à l'aide des quadrats avec celui mesuré sur le site de référence (témoin non altéré), pour chaque groupe. Comparez-le également avec les valeurs sur le(s) site(s) témoin(s).

Aide à l'interprétation

Paramètre	Atout	Contrainte
Fort % de sol nu (terre nue + éléments fins < 10 cm)	<ul style="list-style-type: none"> × Fort potentiel de colonisation par la végétation (dans les 1^{ères} années seulement, au-delà si le % augmente voir « Contrainte ») × Habitat favorable à divers insectes 	<ul style="list-style-type: none"> × Risques accrus d'érosion hydrique et/ou éolienne par entraînement du sol à nu
Beaucoup de litière (mulch, paille, feuilles mortes, ...)	<ul style="list-style-type: none"> × Protection freinant le risque d'érosion 	<ul style="list-style-type: none"> × Faible développement de la végétation : veillez à ce que cela ne reflète pas un manque d'activité biologique (dépérissement végétatif avec beaucoup de matières mortes végétales se dégradant lentement) → Évaluez la capacité de dégradation de la matière organique (voir fiches SOL-ACT-THE et SOL-ACT-LIT)
% de fraction minérale élevé (éléments > 10 cm)	<ul style="list-style-type: none"> × Recouvrement maximal peut-être déjà atteint 	<ul style="list-style-type: none"> × Faible potentiel de colonisation par la végétation
Fort % de Poacées	<ul style="list-style-type: none"> × Bonne stabilisation du sol par les racines 	
Fort % de Fabacées	<ul style="list-style-type: none"> × Ressource fourragère de qualité 	<ul style="list-style-type: none"> × Sol enrichi en nutriments
Beaucoup d'espèces rudérales		<ul style="list-style-type: none"> × Milieu probablement perturbé : renseignez-vous sur le contexte du site, son historique, les menaces présentes, ...
Fort % de bryophytes et lichens	<ul style="list-style-type: none"> × Strates pionnières qui colonisent le milieu et favorisent l'arrivée d'espèces herbacées par succession écologique 	

RES'SOL - Août 2023



VEG
REC3



Indicateur

Niveau 4
Expert



Avertissements sur les analyses

- × **La valeur moyenne du recouvrement sur le site restauré peut être inférieure à 100%, sans que la restauration ne soit un échec !**
Il faut comparer la valeur obtenue à la valeur du site de référence - qui n'est pas toujours égale à 100% selon le type de milieu.
Le recouvrement du site de référence (témoin non altéré) est celui mesuré en n0.
Il est actualisé en n+5, n+10 et n+20 etc.
- × Pour limiter l'érosion, en particulier sur de fortes pentes (>35%), il est préférable d'atteindre un recouvrement supérieur à 70%.
En particulier, pour les zones de haute montagne ou talus fortement pentus, il est conseillé d'obtenir un tel recouvrement à la fin des deux premières périodes de végétation, soit en n+2 (Krautzer et al., 2006).
- × **Un fort recouvrement suivi d'une baisse relative ne signifie pas forcément l'échec de la restauration.**
En effet, des espèces annuelles peuvent coloniser rapidement le site restauré sans perdurer dans le temps, alors que les espèces vivaces semées nécessitent un temps d'établissement plus long.
- × Essayez de **connaître la gestion du site** : y a-t-il du pâturage, une fauche, ... cela peut influencer le recouvrement.
Pensez-donc à bien renseigner la fiche contexte pour interpréter les résultats.
- × Attention : il est impératif de **combiner suivi du recouvrement et évolution des communautés végétales avant de conclure à un résultat satisfaisant !** En effet, un fort recouvrement peut être observé du fait de la présence d'espèces indésirables (rudérales) voire d'espèces exotiques envahissantes.
→ Nous vous conseillons de réaliser en parallèle le protocole VEG-SPP3.

Pentes > 35%
=>
Recouvrement > 70%



Pour aller + loin

Autres protocoles :

VEG-SPP3, SOL-ACT-THE, SOL-ACT-LIT, EVEC

Ressources :

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

Bibliographie :

KRAUTZER, B., WITTMANN, H., (2006). *Restoration of alpine ecosystems*. In : VAN ENDEL, J., ARONSON, J. *Restoration ecology*. Blackwell Publishing, 2005, pp. 208-220.

LANNUZEL L., CAMBECEDES J., 2022. Guide technique. Pratiques d'implantation et de gestion des plantes messicoles. Préserver la flore sauvage des milieux ouverts à vocation agricole. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi du recouvrement de végétation par groupes taxonomiques en restauration écologique : fiche indicateur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 4 p.



COMMUNAUTES - GERMINATION DES ESPECES SEMEES

Ce protocole permet d'évaluer la réussite du semis, ou d'alerter sur d'éventuels dysfonctionnements.

VEG
SPP1



Indicateur

Niveau 2
Intermédiaire

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUEL EST LE TAUX DE GERMINATION DES ESPECES SEMEES SUR LE SITE RESTAURE ?

QUEL EST LEUR TAUX DE RECOUVREMENT A L'EHELLE DU SITE RESTAURE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :

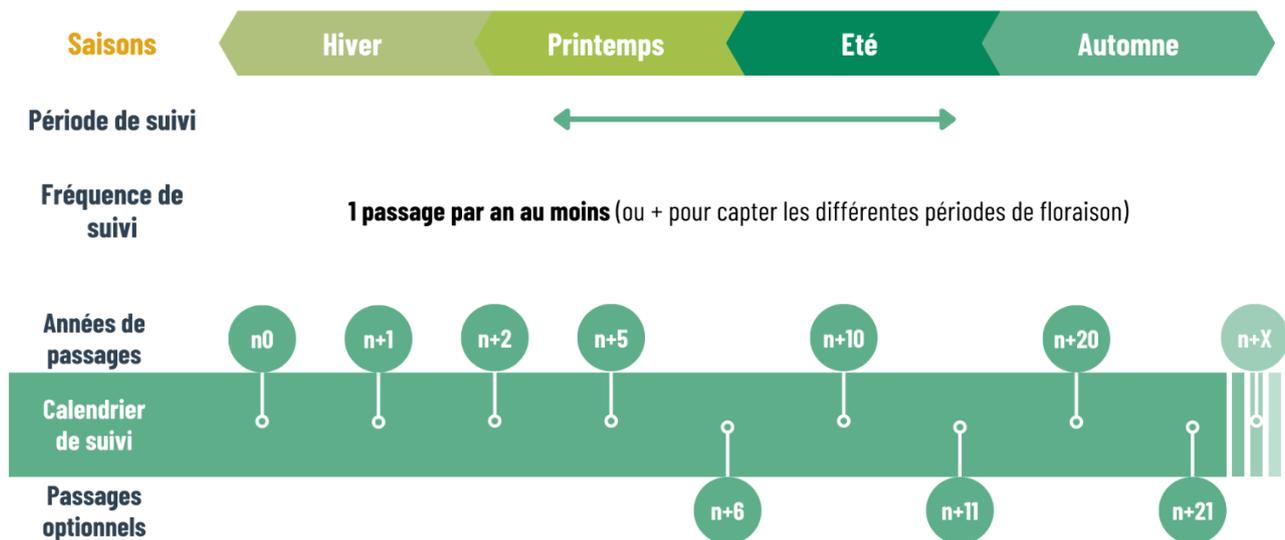


REPOUDRE A L'OBJECTIF SUIVANT :

Evaluer la germination des espèces semées et leur répartition

Milieu cible	Compétences requises			Méthode d'analyse des données
Milieu ouvert herbacé	Savoir reconnaître les espèces végétales de la liste semée			Observations de terrain, tableur
Pour une zone de 500 m ²	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Préparation	Agent	1 h	1	Liste des espèces semées
Relevé de terrain	Agent	1 h	1 à 2	Liste des espèces semées (option : flores, loupe)
Analyses	Agent	30 min	1	Tableur

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Conditions d'observation : réalisez vos relevés au stade pleine floraison de la majorité des espèces végétales.

C'est ce critère qui détermine la période de suivi, la date à laquelle il est réalisé peut donc varier d'année en année selon les conditions climatiques rencontrées, le type de milieu et l'altitude du site.

RES'SOL - Août 2023



VEG SPP1



Indicateur

Niveau 2
Intermédiaire

PROTOCOLE

PREPARATION

1 – Pré-remplissez la fiche de relevé terrain en notant l'ensemble des espèces qui ont été semées sur le site (vous trouverez les références sur les sacs des mélanges, ou votre facture).

TERRAIN

2 – Parcourez l'ensemble du site restauré et cochez toutes les espèces semées que vous observez.

3 – Estimez le recouvrement de chaque espèce relevée à l'échelle de la zone restaurée : choisissez l'une des quatre classes sur la fiche de relevé terrain.

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Soyez vigilant à la phénologie des espèces : certaines sont plus précoces que d'autres, donc toutes les espèces ne seront pas en fleur au même moment. Vous pouvez alors planifier plusieurs passages sur le site, ou bien apprendre à identifier les espèces à leurs feuilles ou fruits.

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

QUEL EST LE TAUX DE GERMINATION DES ESPECES SEMEES SUR LE SITE RESTAURE ?

→ A partir des relevés que vous avez effectués, évaluez le taux de germination des espèces que vous avez semées :

Taux de germination = nombre d'espèces semées observées / nombre total d'espèces semées.

QUEL EST LEUR TAUX DE RECouvreMENT A L'ECHELLE DU SITE RESTAURE ?

→ A partir de vos relevés, observez si le site restauré est couvert de façon homogène par l'ensemble des espèces semées, ou bien si une ou quelques espèces sont particulièrement dominantes et colonisent le site aux dépens des autres.



Avertissements sur les analyses

- × Le mélange semé est généralement composé d'espèces pionnières, de bisannuelles et de vivaces : **ces espèces n'ont pas le même rythme de développement ni la même pérennité**. Certaines espèces ne vont se développer que les premières années (notamment les pionnières), alors que d'autres germeront plus tard du fait de leur développement plus lent.
- × Essayez de **connaître la gestion du site** : y a-t-il du pâturage, une fauche, ... ainsi que son insertion au sein des continuités écologiques. La connexion avec d'autres parcelles permet en effet la dispersion des graines, des flux d'espèces, ce qui favorise la diversité écologique.
- × La présence d'espèces de la banque de semences du sol n'est pas problématique, sauf dans le cas où elle est synonyme de l'arrivée d'espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Dans un tel cas, une gestion s'impose pour ne pas les laisser coloniser le site restauré.

Pour aller + loin

Autres protocoles : VEG-REC1, VEG-SPP2, VEG-SPP3 ; EVEE

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

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Germination des espèces semées après restauration : fiche indicateur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 2 p.



COMMUNAUTÉS – INVENTAIRE DE LA FLORE VASCULAIRE

Ce protocole permet de lister l'ensemble des espèces végétales présentes à l'intérieur des quadrats.

VEG
SPP2



Indicateur

Niveau 4
Expert

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUELLES SONT LES ESPECES VEGETALES PRESENTES SUR LE SITE RESTAURE ?

Y A-T-IL DES ESPECES A ENJEUX (ESPECES CIBLES, PROTEGEES, EEE) ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :

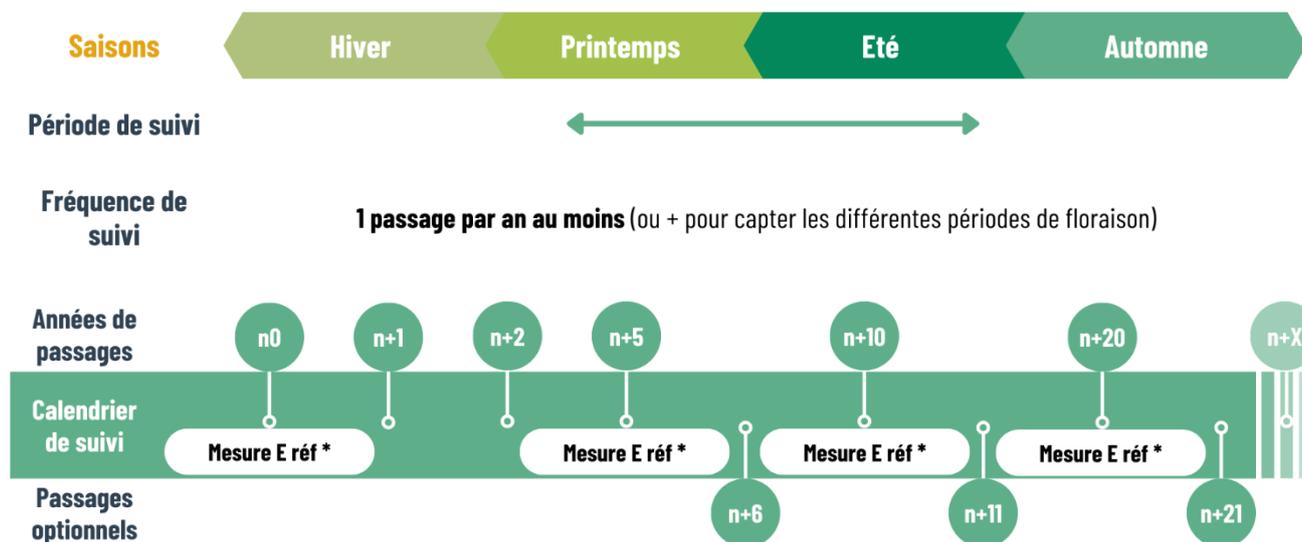


REPONDRE A L'OBJECTIF SUIVANT :

Identifier les cortèges de végétation et leur recouvrement

Milieu cible	Compétences requises	Méthode d'analyse des données		
Milieu ouvert herbacé	Savoir reconnaître toutes les espèces quel que soit leur stade phénologique, analyses statistiques	Tableur, logiciel de traitement statistique		
Pour 30 quadrats	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Préparation	Agent	30 min (1 h si fabrication du quadrat)	1	Logiciel SIG/carte
Relevé de terrain	Agent	De 2 à 4 h	1 à 2	Quadrat 50x50 cm, carte/GPS, flores, loupe
Analyses	Agent	Demi-journée	1	Tableur ou logiciel de traitement statistique

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Mesure E réf * : effectuer le protocole sur le site de référence pour avoir le cortège d'espèces cibles

Conditions d'observation : réalisez vos relevés au stade pleine floraison de la majorité des espèces végétales.

C'est ce critère qui détermine la période de suivi, la date à laquelle il est réalisé peut donc varier d'année en année selon les conditions climatiques rencontrées, le type de milieu et l'altitude du site.

RESSOL - Août 2023



VEG SPP2



Indicateur

Niveau 4
Expert

PROTOCOLE

PREPARATION

1 – Réalisez un échantillonnage aléatoire de points couvrant l'ensemble du site sur une carte ou à l'aide d'un logiciel SIG (pour la méthodologie, voir la fiche Aide_VEG). Ils constitueront les emplacements des quadrats.

TERRAIN

2 – Selon la configuration du site*, placez le quadrat au niveau d'un des repères préalablement déterminés.

3 – Recensez l'ensemble des espèces de la flore vasculaire que vous identifiez au sein du quadrat, et notez-les sur la fiche de relevé. Cochez la colonne correspondant au quadrat dans lequel vous les observez pour indiquer leur présence.

ATTENTION : il faut impérativement passer à la même date phénologique pour comparer les recouvrements spécifiques entre années !

4 – Répétez l'opération pour couvrir toute l'étendue du site et ses potentielles hétérogénéités :

(Option 1) ≥ 30 répétitions pour avoir des données statistiquement exploitables.

(Option 2) Moins de 30 répétitions si vous n'avez pas besoin de faire des statistiques ou que c'est impossible (configuration du site).

(Option 3) >> 30 répétitions si vous souhaitez un travail très précis. Faites alors des tests statistiques pour connaître le nombre exact de réplicats à réaliser.

* Des configurations linéaires étroites contraignent généralement au positionnement des quadrats.

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Vous pouvez combiner ce suivi à un relevé du recouvrement : voir la fiche VEG-REC2

Illustration de la mise en place du protocole



Crédits photographiques : Guillaume TERPEREAU (photo A, CBNA) – Lucile VAHE (photo B, CBNA)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Afin de limiter les potentiels effets de bords, positionnez les quadrats à au moins 2 mètres des bordures extérieures du site - si possible.
- × Pour obtenir des informations précises sur la trajectoire de l'écosystème restauré, comparez son évolution avec celle des sites témoin altéré et non altéré (site de référence), en utilisant exactement le même protocole. Pensez à effectuer un inventaire sur le site de référence régulièrement (tous les 5 ans) afin d'actualiser la liste des espèces cibles.
- × Il est possible, pour plus de précision, de réaliser plusieurs passages au cours de l'année afin d'observer les évolutions saisonnières de la végétation en lien avec sa phénologie. Toutefois, en plus de rendre la détermination spécifique plus complexe (stade cotylédons, ...), cette acquisition supplémentaire d'informations rend les analyses plus conséquentes.

Astuce



Si la végétation est haute, vous pouvez prendre les deux angles de votre quadrat et les « refermer » sur la végétation en les rapprochant pour les joindre. La végétation sera ainsi entourée par le quadrat sans être couchée.

RES'SOL - Août 2023



VEG
SPP2



Indicateur

Niveau 4
Expert

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

QUELLES SONT LES ESPECES VEGETALES PRESENTES SUR LE SITE RESTAURE ?

→ Liste des espèces inventoriées sur l'ensemble des quadrats.

Vous pouvez effectuer des analyses de similarité ou dissimilarité (avec des graphiques comme des ACP, PCoA) basées sur la composition des cortèges de chaque quadrat pour comparer le site restauré avec le site de référence ou le(s) site(s) témoin(s).

Vous pouvez également noter lors du relevé quelles sont les espèces semées, celles de la banque du sol, les rudérales, les annuelles ou vivaces, etc. Cela vous donnera des informations sur la dynamique de la végétation.

Y A-T-IL DES ESPECES A ENJEUX (ESPECES CIBLES, PROTEGEES, EEE) ?

→ A partir de vos relevés, identifiez d'éventuelles espèces à statuts particuliers (espèces protégées, espèces exotiques envahissantes) ou des espèces présentes sur le site de référence et constituant le cortège d'espèces cibles de la restauration.

Ces données vous fourniront des indications pour une gestion appropriée des sites.

Une augmentation des espèces vivaces indique un retour vers un habitat « naturel » dans la plupart des cas.



Avertissements sur les analyses

- × Le mélange semé est généralement composé d'espèces pionnières, de bisannuelles et de vivaces : **ces espèces n'ont pas le même rythme de développement ni la même pérennité**. Certaines espèces ne vont se développer que les premières années (notamment les pionnières), alors que d'autres germeront plus tard du fait de leur développement plus lent.
- × **Essayez de connaître la gestion du site** : y a-t-il du pâturage, une fauche, ... ainsi que son insertion au sein des continuités écologiques. La connexion avec d'autres parcelles permet en effet la dispersion des graines, des flux d'espèces, ce qui favorise la diversité génétique et la colonisation spontanée par de nouvelles espèces.

Pour aller + loin

Autres protocoles :

VEG-REC2, VEG-SPP3, VEG-PHYTOSOCIO, EVEC

Ressources :

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

Transmettez vos données aux plateformes des SINP régionaux : https://sinp.naturefrance.fr/category/en_region/

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Inventaire de la flore vasculaire en restauration écologique : fiche indicateur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.



VEG

REC2-SPP2



Indicateur

**Niveau 2 - Intermédiaire
(REC)**

Niveau 4 - Expert (SPP)

RECOUVREMENT ET INVENTAIRE DE VEGETATION

Ces protocoles visent à évaluer la dynamique de végétation, par un suivi de son recouvrement et des cortèges d'espèces.

Nom du site :	Commune :
Coordonnées GPS : X (lat.) =	Y (long.) =
Date :	
Observateurs (organisme) :	
Pente (%) :	Exposition :
Historique du site :	
Typologie d'habitat (EUNIS) :	

Remarques générales (labour précoce, passage d'engins, ...) :

Méthodologie de quadrats utilisée (fixe / aléatoire) :

Type de semis (modalité, type de semences) :

RES'SOL - Août 2023



VEG SPP3



Indicateur

Niveau 4
Expert

PROTOCOLE

PREPARATION

1 – Réalisez un échantillonnage aléatoire de points couvrant l'ensemble du site sur une carte ou à l'aide d'un logiciel SIG (pour la méthodologie, voir la fiche Aide_VEG). Ils constitueront les emplacements des quadrats.

TERRAIN

2 – Selon la configuration du site*, placez le quadrat au niveau d'un des repères préalablement déterminés.

3 – Recensez l'ensemble des espèces de la flore vasculaire que vous identifiez au sein du quadrat, et notez-les sur la fiche de relevé. Évaluez le pourcentage de recouvrement de chacune de ces espèces à l'intérieur du quadrat.

ATTENTION : il faut impérativement passer à la même date phénologique pour comparer les recouvrements spécifiques entre années !

4 – Répétez l'opération pour couvrir toute l'étendue du site et ses potentielles hétérogénéités :

(Option 1) ≥ 30 répétitions pour avoir des données statistiquement exploitables.

(Option 2) Moins de 30 répétitions si vous n'avez pas besoin de faire des statistiques ou que c'est impossible (configuration du site).

(Option 3) >> 30 répétitions si vous souhaitez un travail très précis. Faites alors des tests statistiques pour connaître le nombre exact de répliqués à réaliser.

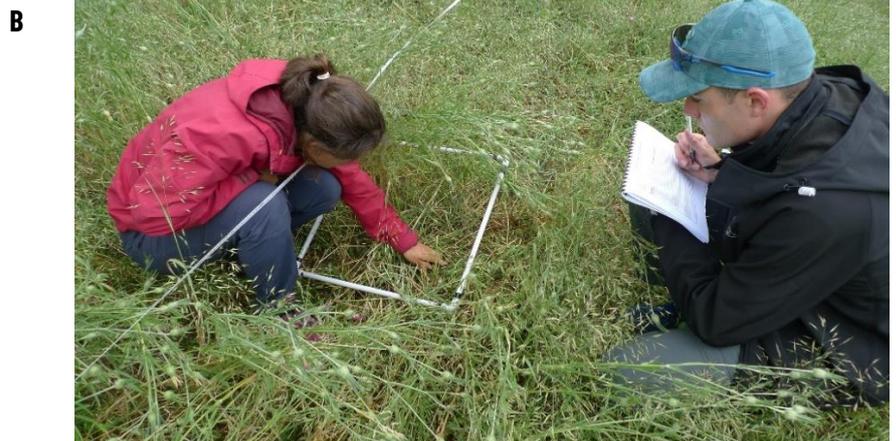
* Des configurations linéaires étroites contraignent généralement au positionnement des quadrats.

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Vous pouvez combiner ce suivi à un suivi du recouvrement : voir la fiche VEG-REC3

Illustrations de la mise en place du protocole



Crédits photographiques : Camille MULATERO (CBNMP, photo A) – Lucile VAHE (CBNA, photo B)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Afin de limiter les potentiels effets de bords, positionnez les quadrats à au moins 2 mètres des bordures extérieures du site – si possible.
- × Pour obtenir des informations précises sur la trajectoire de l'écosystème restauré, comparez son évolution avec celle des sites témoin altéré et non altéré (site de référence), en utilisant exactement le même protocole. Pensez à effectuer un inventaire sur le site de référence régulièrement (tous les 5 ans) afin d'actualiser la liste des espèces cibles.
- × Il est possible, pour plus de précision, de réaliser plusieurs passages au cours de l'année afin d'observer les évolutions saisonnières de la végétation en lien avec sa phénologie. Toutefois, en plus de rendre la détermination spécifique plus complexe (stade cotylédons, ...), cette acquisition supplémentaire d'informations rend les analyses plus conséquentes.

Astuce



Si la végétation est haute, vous pouvez prendre les deux angles de votre quadrat et les « refermer » sur la végétation en les rapprochant pour les joindre. La végétation sera ainsi entourée par le quadrat sans être couchée.

RES'SOL – Août 2023



VEG SPP3



Indicateur

Niveau 4
Expert

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

QUELLES SONT LES ESPECES VEGETALES PRESENTES SUR LE SITE RESTAURE ?

→ Liste des espèces inventoriées sur l'ensemble des quadrats.

Identifiez d'éventuelles espèces à statuts particuliers (espèces protégées, espèces exotiques envahissantes). Ces données vous fourniront des indications pour une gestion appropriée des sites.

Vous pouvez également noter lors du relevé quelles sont les espèces semées, celles de la banque du sol, les rudérales, les annuelles ou vivaces, etc. Cela vous donnera des informations sur la dynamique de la végétation.

LE CORTEGE D'ESPECES VEGETALES DU SITE RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

→ A partir de vos relevés, comparez les espèces présentes sur le site de référence – et constituant le cortège d'espèces cibles de la restauration – aux espèces présentes sur le site restauré.

Vous pouvez effectuer des analyses de similarité ou dissimilarité (avec des graphiques comme des ACP, PCoA) basées sur la composition en espèces et leur recouvrement dans chaque quadrat pour comparer le site restauré avec le site de référence ou le(s) site(s) témoin(s).



Avertissements sur les analyses

- × Le mélange semé est généralement composé d'espèces pionnières, de bisannuelles et de vivaces : **ces espèces n'ont pas le même rythme de développement ni la même pérennité**. Certaines espèces ne vont se développer que les premières années (notamment les pionnières), alors que d'autres germeront plus tard du fait de leur développement plus lent.
- × **Essayez de connaître la gestion du site** : y a-t-il du pâturage, une fauche, des roulages d'engins ... ainsi que son insertion au sein des continuités écologiques. La connexion avec d'autres parcelles permet en effet la dispersion des graines, des flux d'espèces, ce qui favorise la diversité génétique, et la colonisation spontanée par de nouvelles espèces.

Pour aller + loin

Autres protocoles :

VEG-REC3, VEG-PHYTOSOCIO, EVEC

Ressources :

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

Transmettez vos données aux plateformes des SINP régionaux : https://sinp.naturefrance.fr/category/en_region/

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Inventaire complet de la végétation en restauration écologique : fiche indicateur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.



VEG

REC3-SPP3



Indicateur

**Niveau 4
Expert**

RECOUVREMENT ET INVENTAIRE DE VEGETATION

Ces protocoles visent à évaluer la dynamique de végétation, par un suivi des communautés et de leur recouvrement.

Nom du site :	Commune :
Coordonnées GPS : X (lat.) =	Y (long.) =
Date :	
Observateurs (organisme) :	
Pente (%) :	Exposition :
Historique du site :	
Typologie d'habitat (EUNIS) :	

Remarques générales (labour précoce, passage d'engins, ...) :

Méthodologie de quadrats utilisée (fixe / aléatoire) :

Type de semis (modalité, type de semences) :

RES'SOL - Août 2023



VEG PHYTOSOCIO



Descripteur

Niveau 4
Expert

RELEVÉ PHYTOSOCIOLOGIQUE

Ce relevé vise à caractériser l'habitat du site restauré à partir de l'inventaire de ses communautés floristiques.

QUESTION ECOLOGIQUE :

L'HABITAT RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



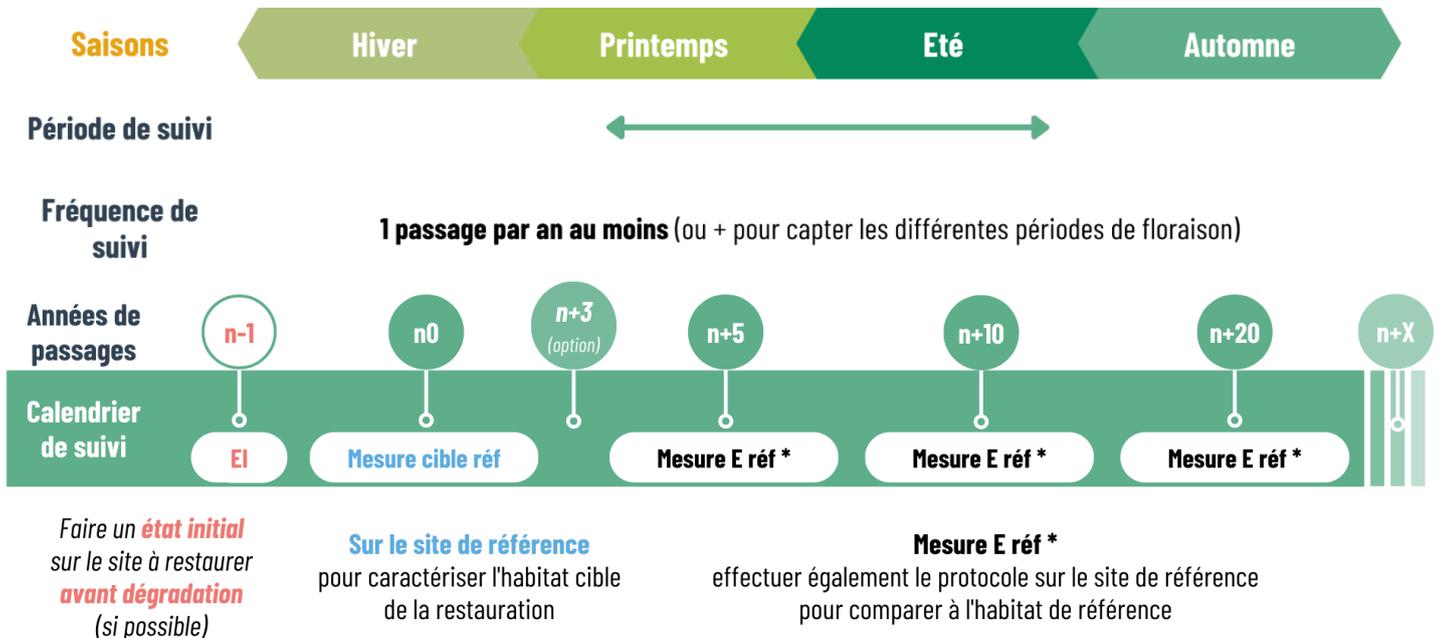
REpondre AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Caractériser les communautés végétales

Identifier le(s) habitat(s) restauré(s)

Milieu cible	Compétences requises			Méthode d'analyse des données
Habitat naturel ou semi-naturel ouvert herbacé	Reconnaître toutes les espèces végétales quel que soit leur stade phénologique et déterminer leur abondance Caractériser des associations et alliances phytosociologiques Décrire un habitat Analyses statistiques			Tableur, logiciel de traitement statistique Bases de données et références phytosociologiques (baseflor, baseveg)
Pour 1 habitat	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent	30 min	1	GPS, flores, loupe
Analyses	Agent	30 min à 1 demi-journée (cf. partie Interprétation)	1	Expert phytosociologue, tableur, logiciel de traitement statistique

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Conditions d'observation : réalisez vos relevés au stade pleine floraison de la majorité des espèces végétales.

C'est ce critère qui détermine la période de suivi, la date à laquelle il est réalisé peut donc varier d'année en année selon les conditions climatiques rencontrées, ainsi que le type de milieu et l'altitude du site.

RES'SOL - Août 2023



VEG PHYTOSOCIO



Descripteur

Niveau 4
Expert

PROTOCOLE

1 - Repérez une unité homogène de végétation : il s'agit d'une zone au sein de laquelle la végétation est homogène du point de vue de sa composition en espèces et de sa structure.

2 - Délimitez une placette au sein de cette unité homogène de végétation, pour y réaliser votre relevé. Celle-ci mesure généralement 25 m². Vous pouvez vous baser sur la technique de l'aire minimale.

Utilisez le GPS pour dimensionner précisément la surface de la placette.

3 - Réalisez un relevé exhaustif en notant l'ensemble des espèces végétales que vous observez sur l'aire ainsi délimitée. Pensez à observer les différentes strates : herbacée, sous-arbustive, arbustive, arborée.

4 - Attribuez à chacune des espèces relevées un coefficient d'abondance-dominance, en utilisant la typologie de Braun-Blanquet (ne noter que les coefficients de r à 5).

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Rappel : **r** (individus très rares, recouvrement < 1%) ; **+** (peu d'individus, recouvrement < 1%) ;

1 (quelques individus, 1 à 5% de recouvrement) ; **2** (5 à 25% de recouvrement) ; **3** (25 à 50% de recouvrement) ;

4 (50 à 75% de recouvrement) ; **5** (75 à 100% de recouvrement)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Parcourez la placette définie en étant suffisamment attentif pour lister tous les taxons présents. Vous pouvez considérer que votre inventaire est exhaustif si vous passez plus de deux minutes sans observer de nouvelle espèce.
- × Evitez les zones de transition et bordures de sites, ou les zones dégradées (roulages d'engins, ...).
- × Dans le cas où les unités sont fragmentées, mais homogènes entre elles, vous pouvez les fusionner dans le relevé. Si les unités vous semblent trop fragmentées, faites des relevés distincts pour chaque.

INTERPRETATION

Objectif : répondre à la question écologique suivante

L'HABITAT RESTAURE TEND-IL VERS CELUI DU SITE DE REFERENCE ?

Plusieurs niveaux d'analyses sont possibles :

- **1° Caractérisation de l'habitat par rattachement à un syntaxon phytosociologique** puis comparaison du rattachement avec celui du site de référence (et du ou des site(s) témoin(s)).
- **2° Analyses de similarité/dissimilarité**, à partir des informations de composition des communautés et d'abondance des espèces relevées, puis comparaison avec le site de référence. Vous obtiendrez des graphiques (ex. ACP, PCoA) avec une discrimination des relevés selon leurs caractéristiques. Vous pouvez aussi suivre l'évolution temporelle des sites, et identifier d'éventuels gradients (ex. rudéralité décroissante et apparition de cortèges illustrant l'évolution vers une prairie naturelle).
- **3° Analyse écologique plus fine (analyses multivariées)**, incluant les données sur les types biologiques, les stratégies CSR de Grime, des données sur l'écologie des espèces. Vous pouvez réaliser des analyses multivariées sur ces données (AFC, NMDS), ce qui vous permettra là encore de discriminer les sites, de suivre leur évolution au cours du temps et de faire ressortir de possibles gradients.

NB : comparez toujours au cours du temps le relevé réalisé sur le site restauré avec celui du site de référence.

RES'SOL - Août 2023



VEG
PHYTOSOCIO



Descripteur

Niveau 4
Expert



Avertissements sur les analyses

- × Essayez de **connaître la gestion et l'historique du site** : y a-t-il du pâturage, une fauche, des roulages d'engins ... cela peut influencer les cortèges végétaux observés.
Pensez-donc à bien renseigner la fiche diagnostic pour interpréter les résultats.
- × Les relevés effectués lors de l'état initial avant dégradation peuvent fournir des explications sur les cortèges observés, avec notamment une expression d'espèces présentes dans la banque de graines du sol initial.
- × **Le rétablissement des écosystèmes est un processus qui s'établit sur le long terme**. Il est donc difficile de restaurer un habitat « naturel » - d'autant plus que cela dépend du contexte du site (plaine ou montagne, niveau de perturbations, ...) - voire impossible de restaurer l'habitat souhaité.

Pour aller + loin

Ressources :

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

Transmettez vos données aux plateformes des SINP régionaux : <https://sinp.naturefrance.fr/category/en-region/>

JULVE P., 1998. *Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France*. Version du 27/04/2021 [en ligne]. Consultée le 16/02/2023 sur la plateforme TelaBotanica. Disponible sur : <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>

JULVE P., 1998. *Baseveg. Répertoire synonymique des groupements végétaux de France*. Version du 12/07/2023 [en ligne]. Consultée le 13/07/2023 sur la plateforme TelaBotanica. Disponible sur : <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>

La plateforme TelaBotanica est accessible au lien suivant : <https://www.tela-botanica.org/>

TISON J.M., De FOUCAULT B. (coords) (2014). *Flora Gallica. Flore de France*. Biotope, Mèze, 1196 p.

Bibliographie :

CATTEAU E., CHOISNET G., CORRIOL G. (2017). *Cartographie de la végétation à l'échelle des unités paysagères. Fiche D1*. In : *Guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (CarHab)*. OFB, 5 p.

Disponible en ligne sur : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/GP2017_Carto-paysage-vol2_D1.pdf

DELASSUS L. (2015) - *Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques*. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 25 p., annexes (document technique).

Disponible en ligne sur : https://www.cbnbrest.fr/pmb_pdf/CBNB_2015-Delassus_60091.pdf

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Relevé phytosociologique pour caractériser et évaluer un milieu en restauration écologique : fiche descripteur*. RES'SOL. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.

AIDE A LA MISE EN PLACE DES PROTOCOLES VEGETATION

QUELLE TAILLE DE QUADRAT ?

La dimension du quadrat à utiliser est à définir en fonction des hétérogénéités de végétation visibles sur le site restauré – hors différences d'habitats. Le quadrat doit être de taille suffisante afin de couvrir sur sa surface les hétérogénéités observées.



Astuce

Si, en décalant votre quadrat à un emplacement contigu, les espèces végétales que vous observez sont radicalement différentes, alors votre quadrat est trop petit !
Utilisez un quadrat de dimension supérieure.

QUEL NOMBRE DE QUADRATS ?

De manière à obtenir des résultats les plus représentatifs possible, **il est préférable d'effectuer un maximum de répétitions**. En particulier, **un minimum de 30 quadrats par site est préconisé** de manière à pouvoir effectuer un **traitement statistique** suffisamment robuste.

Là-encore, plus le site étudié présente une végétation hétérogène et plus il faut effectuer un grand nombre de répétitions.

En pratique, adaptez le nombre de répétitions à vos objectifs, à la surface du site concerné, et à sa configuration. Il faut garder en tête que plus la dimension de votre quadrat sera petite et plus le nombre de répétitions à réaliser devra être important.

Pourquoi multiplier le nombre de quadrats ?

Effectuer un grand nombre de répétitions permet d'obtenir des données plus fiables davantage représentatives de la végétation observée sur le site. Cela permet ainsi de se rapprocher le plus possible d'un relevé exhaustif.

UTILISER DES QUADRATS ALEATOIRES OU FIXES ? COMMENT LES DISPOSER ?

Il est conseillé d'utiliser une **méthodologie hybride avec des quadrats semi-fixés**. Selon les cas de figure :

- Si la configuration de votre site est linéaire, avec une surface restreinte, vous pouvez placer vos quadrats en utilisant un ou des transects. Ceux-ci pourront être matérialisés par des repères fixes (plaques métalliques, ou en utilisant des points facilement identifiables et pérennes comme des arbres, poteaux électriques, ...).

NB : pensez que vous devrez pouvoir retrouver ces repères une fois la végétation dense et haute.

- Si la surface de votre site est importante, vous pouvez repérer vos points d'échantillonnages – sur lesquels vous disposez les quadrats – à l'aide d'un GPS. Vous pourrez ainsi retrouver leurs emplacements sans devoir les matérialiser physiquement : besoins en matériel moins conséquents, gain de temps.

Pour cela, nous vous proposons d'échantillonner aléatoirement le nombre de points que vous souhaitez relever à l'aide d'un logiciel SIG.

Astuce : échantillonnez un peu plus de points que ceux relevés, cela vous permettra de vous adapter une fois sur le terrain (ex. points en réalité inaccessibles, ...).

Une telle méthodologie permet de réaliser des statistiques sur des échantillons dits appariés : les mêmes emplacements sont visités année après année. Cela permet donc d'observer les évolutions sur le site de manière plus fine, et ainsi d'observer des variations interannuelles.

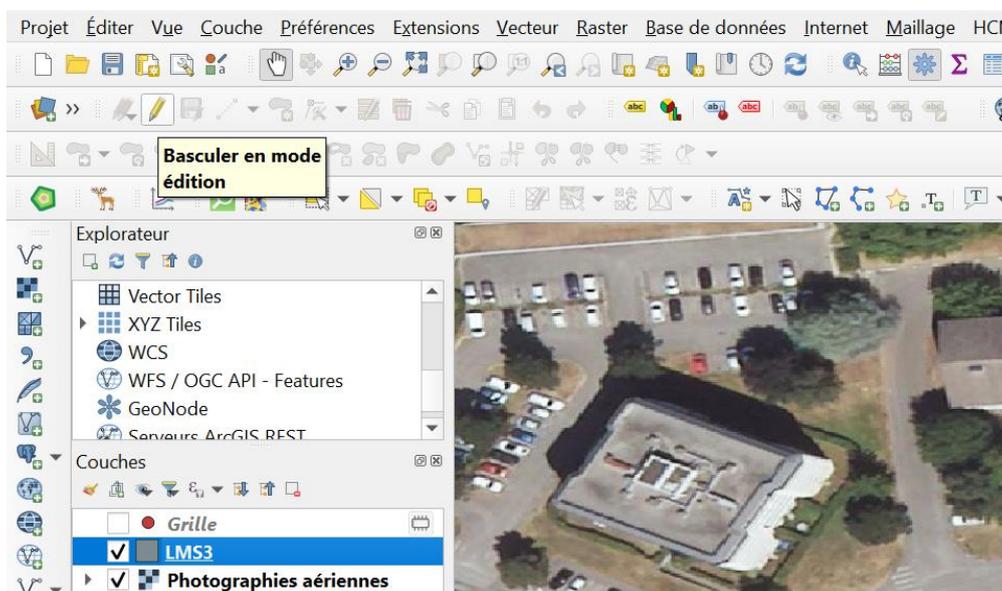
NB : il est important de repérer en amont les hétérogénéités d'habitats au sein de la zone restaurée. Il faudra, le cas échéant, appliquer un suivi distinct sur chacun des habitats déterminés.

Déroulé de la méthode d'échantillonnage aléatoire de points de relevé

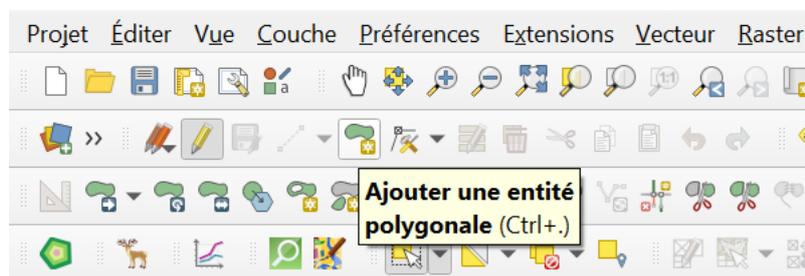
1/ Ouvrez un logiciel SIG (ex. ici avec QGIS, version 3.28).

2/ Créez un nouveau fichier .shp : Couche -> Créer une couche -> Nouvelle couche Shapefile. Choisissez « Polygone » comme type de géométrie.

3/ Sélectionnez la couche ainsi créée, et basculez en mode édition.



4/ Créez un polygone correspondant à l'emprise du site faisant l'objet du suivi en cliquant sur l'icône « Ajouter une entité polygonale ».

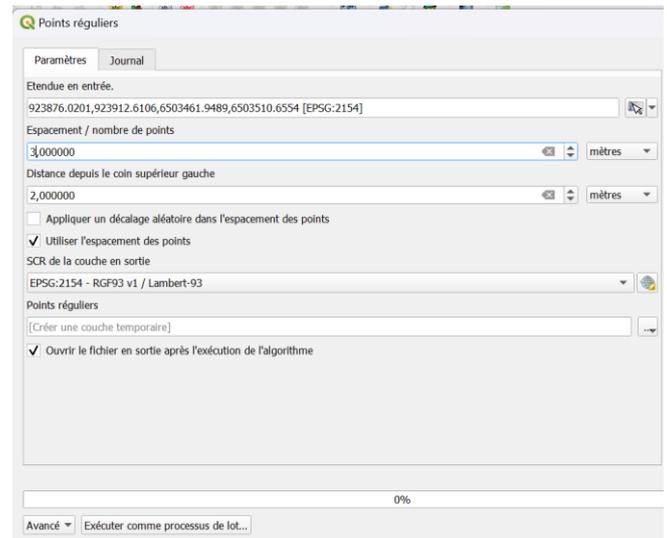
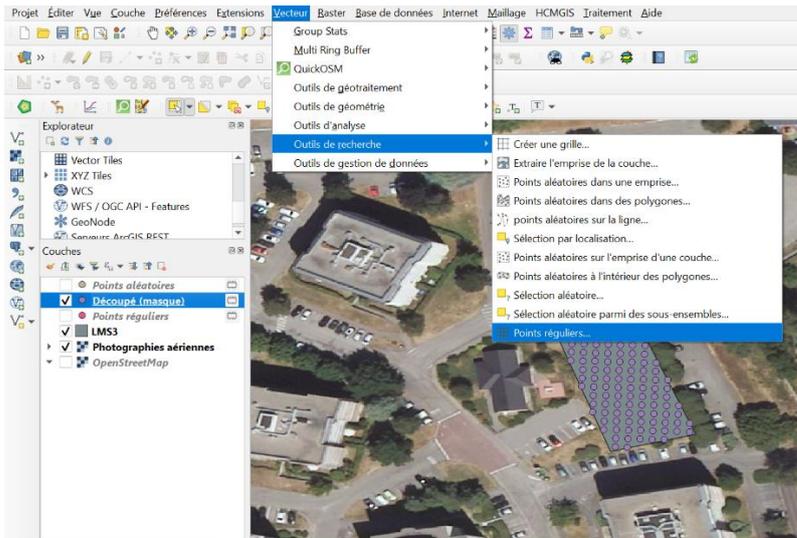


5/ Échantillonnez ensuite vos points à l'intérieur du polygone :

- a) Soit en **disposition systématique** : Vecteur -> Outils de recherche -> Points réguliers

a.1) Dans la fenêtre qui s'ouvre : choisissez votre couche polygone dans « Etendue en entrée -> Calculer depuis la couche ».

Définissez une distance minimale entre chaque point (quadrat) dans « Espacement / nombre de points ». Choisissez une distance depuis les bordures avec « Distance depuis le coin supérieur gauche ».



a.2) Dans la boîte à outils (icône ) allez ensuite dans GDAL* -> Géotraitement vecteur -> Découper des vecteurs selon une couche de masque : sélectionnez votre couche de points réguliers en « couche source », et le polygone du site en « couche de masque », puis exécutez. Les points ne couvrent désormais que l'emprise du polygone.

* librairie à installer le cas échéant

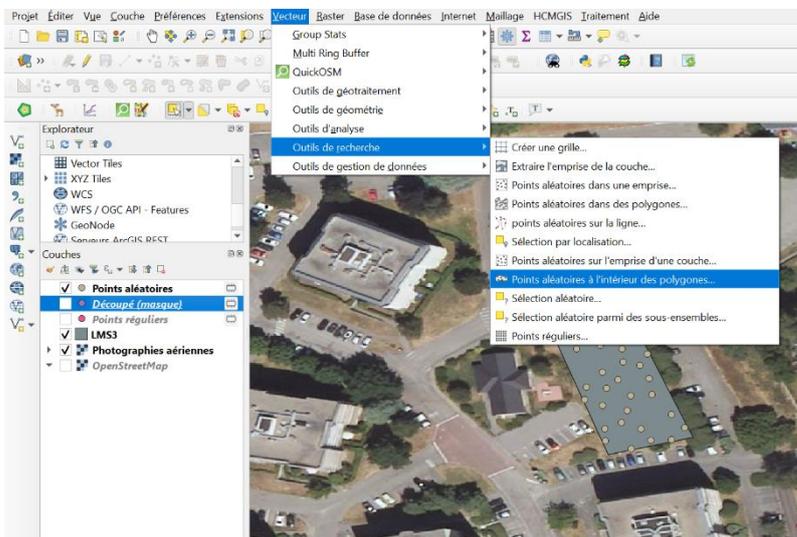
Continuez à l'étape c).

- b) Soit en **disposition aléatoire** : Vecteur -> Outils de recherche -> Points aléatoires à l'intérieur des polygones

b.1) Dans la fenêtre qui s'ouvre : choisissez votre couche polygone comme « Couche source ».

Définissez un nombre de points (quadrats) dans « Comptage de points ».

Choisissez une distance entre chaque point (quadrat) avec « Distance minimale entre les points ».



- c) Faites un clic droit sur la couche de points.

Allez dans Propriétés -> Gérer les champs -> Calculatrice de champs.

Créez un nouveau champ « Quadrat » (Texte); dans expression tapez `concat('Q_', row_number)`. Cliquez sur OK. Chaque point a alors un identifiant unique associé à un quadrat (Q_1, Q_2, ...).

- d) Exportez votre fichier au format .gpx en faisant clic droit -> Exporter -> Sauvegarder les entités sous. Choisissez le format [GPX], un nom de fichier et le SCR Lambert 93. Cliquez sur OK.

NB : pensez à sélectionner EPSG 2154 / Lambert 93 comme SCR afin d'avoir des coordonnées métriques.

QUELLES DONNEES RELEVER ?

Réaliser un inventaire exhaustif des espèces présentes au sein du quadrat est le relevé le plus précis qui peut être effectué. Il renseigne sur le nombre d'espèces présentes, leur diversité, leurs caractéristiques, ...

Pour les niveaux 4 (VEG-REC3 & VEG-SPP3), nous vous recommandons de **relever les pourcentages précis de recouvrement** de chaque strate ou espèce végétale dans le quadrat. Ces données sont plus précises que des données de coefficients d'abondance-dominance (ex. Braun-Blanquet).

NB : le pourcentage total relevé peut dépasser 100% ! En effet, le recouvrement de la végétation doit être estimé en projetant la « canopée » herbacée au sol, comme si la végétation dressée était plaquée au sol. De même, le pourcentage de sol nu (emprise au sol) n'est pas forcément égal à 100% - le pourcentage de couverture végétale, pour les mêmes raisons.

JE VEUX COMPARER PLUSIEURS SITES ENTRE EUX, DOIS-JE AVOIR LE MEME PROTOCOLE ?

Oui, il faut adopter la même méthodologie dans la mise en place des quadrats pour pouvoir comparer des sites entre eux. Cela signifie que les quadrats utilisés doivent être de mêmes dimensions, et disposés selon la même méthode. Par contre, il n'est pas indispensable d'avoir le même nombre de répétitions entre les sites que vous souhaitez comparer.

De même, il vous faut suivre le même protocole année après année afin de pouvoir comparer vos données à travers le temps.

COMMENT COMPARER L'EVOLUTION DE LA STRUCTURE DES CORTEGES A CELLE DU SITE DE REFERENCE ?

Réaliser un inventaire phytosociologique sur le site restauré ainsi que le site de référence est une méthode adaptée, à des pas de temps réguliers (en n0, n+5, n+10, n+15, n+20 environ).

Webographie :

FIERS V. et coll., 2003. Etudes scientifiques en espaces naturels. Cadre méthodologique pour le recueil et le traitement de données naturalistes. Cahiers techniques de l'ATEN n°72. Réserves Naturelles de France. Montpellier : 96 p., pp. 37-50. Consulté le 13/02/2023 [en ligne].

Disponible sur : <http://ct72.espaces-naturels.fr/definir-les-modalites-de-l%E2%80%99echantillonnage>

QGIS Documentation 3.28 (2023). 14.5 Lesson : Conception d'un échantillonnage systématique [en ligne]. QGIS project, mise à jour le 04/10/2023 [consultée le 04/10/2023].

Disponible sur : https://docs.qgis.org/3.28/fr/docs/training_manual/forestry/systematic_sampling.html

ESPECES VEGETALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Les EVEC représentent une menace pour la biodiversité locale. Il est donc important de les identifier.



EVEC



Indicateur

**Niveau 2
Intermédiaire**

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

LE SITE RESTAURE PRESENTE-T-IL DES ESPECES VEGETALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES ?

QUELLE EST LA SURFACE COUVERTE PAR CES EVEC ?

QUELLE EST LEUR DYNAMIQUE TEMPORELLE, ET FAUT-IL UNE GESTION POUR EVITER LEUR PROLIFERATION ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :

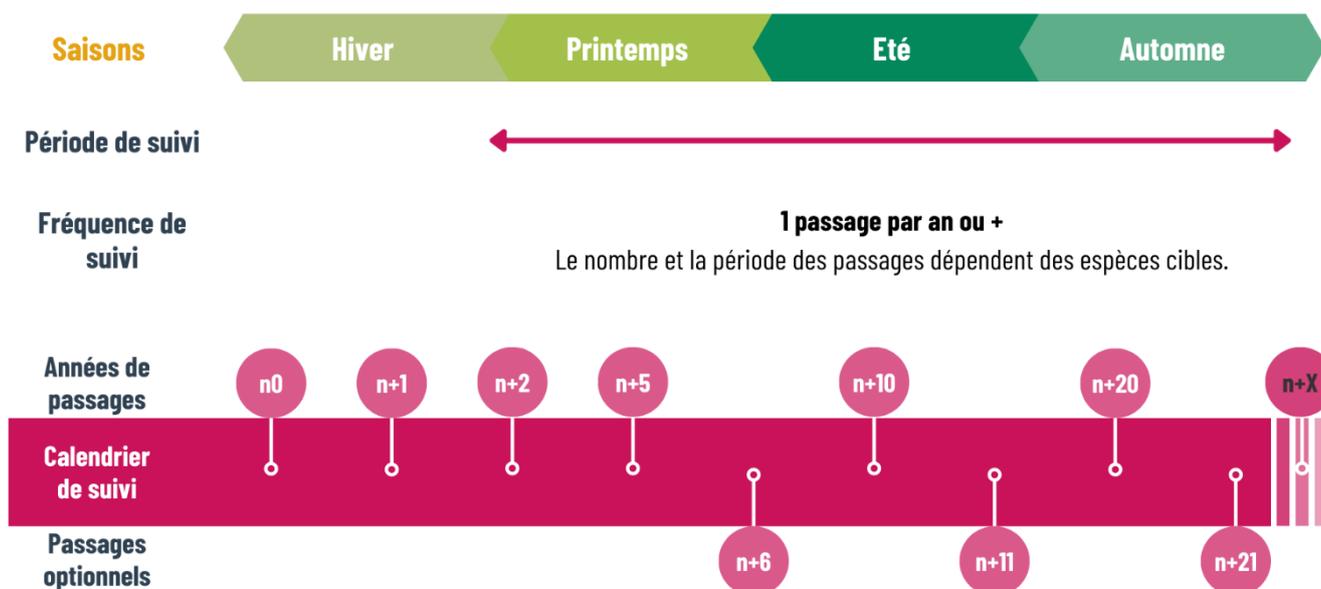


REPONDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Détecter - identifier - quantifier les EVEC

Milieu cible	Compétences requises		Méthode d'analyse des données	
Milieu ouvert herbacé	Savoir reconnaître les EVEC de la région Savoir utiliser un GPS, un logiciel SIG, analyses statistiques		Tableur, logiciel SIG	
Pour une zone de 1 ha	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Préparation	Agent	2h	1	Liste des EVEC de votre région
Relevé de terrain	Agent	4h	1 à 2	Carte/GPS, loupe, flores
Analyses	Agent	Demi-journée	1	Tableur, logiciel SIG

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Conditions d'observation : réalisez vos relevés au stade pleine floraison de la majorité des espèces végétales.

C'est ce critère qui détermine la période de suivi, la date à laquelle il est réalisé peut donc varier d'année en année selon les conditions climatiques rencontrées, le type de milieu et l'altitude du site.

RES'SOL - Août 2023



EVEE



Indicateur

Niveau 2
Intermédiaire

PROTOCOLE

PREPARATION

1 - Sur un logiciel SIG (ou GéoPortail), extrayez la carte du site restauré, et recherchez la présence d'EVEE sur la zone (à l'aide des données SINP, ...). Vous pouvez délimiter une zone tampon autour du site restauré, à parcourir une fois sur le terrain pour évaluer si les EVEE constituent une menace au-delà du site restauré.

TERRAIN

2 - Parcourez le site restauré et, pour chacune des espèces végétales exotiques envahissantes que vous observez :

3 - Évaluez l'aire de présence de l'EVEE identifiée (surface colonisée), en vous basant sur la typologie en classes de tailles de « surfaces continues » ci-dessous (Levy et al., 2010). Ces surfaces continues correspondent à des taches de végétation.

→ La distance entre deux « surfaces continues » distinctes est définie selon les caractéristiques de l'espèce :

Annuelle	Herbacée rhizomateuse	Ligneuse rhizomateuse
1 m	3 m	8 m

→ Attribuez l'un des coefficients suivants à l'espèce relevée selon la surface qu'elle occupe :

Classe	1	2	3	4	5	6
Surface	< 1 m ² ou individu isolé	1 à 5 m ²	5 à 20 m ²	20 à 50 m ² *	50 à 100 m ² *	> 100 m ² *
Pointage GPS	Au centre de la tache			Le long du périmètre tous les 5 m environ ou au début et à la fin de la surface si sa largeur est inférieure à 2 m		

* Les classes 4 à 6 peuvent être attribuées après visualisation et mesure de la surface sur logiciel SIG.

3 - Indiquez (si possible) le nombre d'individus observés, ainsi que leur stade phénologique (plantule, bouton floral, en fleur, en fruit, ...).

4 - Localisez précisément l'aire de présence sur une carte ou bien à l'aide de mesures GPS (cf. pointage GPS ci-dessus).

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Illustrations de la mise en place du protocole



Ambrosia artemisiifolia en fleurs (crédit : Gilles PACHE - CBNA) et en fruits (crédit : Jean-Charles VILLARET - CBNA)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × On pourra accorder une importance particulière aux bordures de site qui peuvent être des sources d'introduction d'EVEE car proches de perturbations (voies de transports, fossés, berges, haies, ...).

RES'SOL - Août 2023



EVEE



Indicateur

**Niveau 2
Intermédiaire**

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

LE SITE RESTAURE PRESENTE-T-IL DES ESPECES VEGETALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES ?

- Liste des espèces végétales exotiques envahissantes relevées.

QUELLE EST LA SURFACE COUVERTE PAR CES ESPECES VEGETALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES ?

- A partir des relevés terrain et de la représentation cartographique associée, évaluez les menaces potentielles en fonction de la présence d'EVEE sur le site restauré et de la surface couverte par chacune d'elle.

QUELLE EST LEUR DYNAMIQUE TEMPORELLE ET FAUT-IL METTRE EN PLACE UNE GESTION POUR EVITER LEUR PROLIFERATION ?

- Évaluez concrètement l'évolution de la surface colonisée par les EVEE identifiées entre les années, en comparant les surfaces occupées sur les cartes annuelles (polygones tracés sur les logiciels SIG).
- Les espèces exotiques envahissantes sont-elles en régression ou bien colonisent-elles le site restauré ?



Avertissements sur les analyses

- × Attention, soyez vigilant à la banque de semences du sol : des EVEE peuvent germer suite aux opérations de revégétalisation ou rester en dormance avant de germer après plusieurs années, suivant les conditions. D'autres EVEE peuvent profiter d'une ouverture du milieu ou des opérations menées pour s'installer et se propager.

Pour aller + loin

Autres protocoles :

Il vous est également possible d'intégrer le suivi des EVEE dans vos relevés des communautés floristiques par quadrats. Vous obtiendrez alors les informations suivantes :

- fréquence d'occurrence des EVEE (via le protocole VEG-SPP2) ;
- abondance des EVEE sur le site avec recouvrement moyen par quadrat (via le protocole VEG-SPP3).

Ressources :

La liste des EVEE de votre région est disponible sur le site du Centre de Ressources sur les espèces exotiques envahissantes, au lien suivant :

<http://especes-exotiques-envahissantes.fr/base-documentaire/liste-despeces/#1540995145355-2ad5ca60-84aa>

Vous pourrez y trouver des informations sur les risques correspondants à la présence de ces EVEE sur votre site.

Vous trouverez également de nombreuses autres ressources sur les espèces exotiques et les préconisations de gestion associées (ex. gestion des EVEE sur les chantiers de travaux publics) :

https://www.genieecologique.fr/sites/default/files/documents/biblio/leguide_v5-eee_chantiers_compressed.pdf

Des conseils sur les bonnes pratiques de gestion à adopter pour lutter contre les EVEE sont disponibles sur le site internet INVME :

<http://www.invmed.fr/src/agir/pratik.php?idma=42&tab=1>

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

- **Transmettez vos données aux plateformes des SINP régionaux :** https://sinp.naturefrance.fr/category/en_region/

Bibliographie :

LEVY, V., HAUGUEL, J.-C. & VALET, J.-M., 2010. *Protocole de suivi des chantiers de gestion de plantes invasives dans le nord-ouest de la France*. Centre régional de phytosociologie / Conservatoire botanique national de Bailleul, pour le Conseil régional de Picardie, le Conseil général de l'Aisne, la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Picardie, le Département de l'Oise et le Conseil général de la Somme, 23 p. Bailleul.

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi des EVEE en restauration écologique : fiche indicateur*. RES'SOL. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.

ESPECES VEGETALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Les EVEC représentent une menace pour la flore locale et la biodiversité. Il est donc important de les identifier.



EVEC



Indicateur

Niveau 2
Intermédiaire

Nom du site :	Commune (coordonnées GPS) :
X (lat.) =	Y (long.) =
Date :	
Observateurs (organisme) :	
Pente (%) :	Exposition :
Historique du site :	
Typologie d'habitat (EUNIS) :	
Strate(s) colonisée(s) par les EVEC :	

	Nom de l'EVEC observée	Réf (point GPS)	Classe ou nombre d'individus	Stade phénologique
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				

Remarques générales :

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi des EVEC en restauration écologique : fiche de relevé terrain. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 1 p.

SOL



LISTE DES INDICATEURS

Description du profil de sol

SOL-PROFIL

Analyses physico-chimiques

SOL-ANA

Mesure du pH du sol (pH_{eau})

SOL-PH

Test bêche vers de terre

SOL-ACT-VDT

Champignons mycorhiziens à arbuscules - Test MPN

SOL-ACT-MYC

Nématofaune

SOL-ACT-NEM

Décomposition de la MO - Sachets de thé

SOL-ACT-THE

Décomposition de la MO - Litter bag

SOL-ACT-LIT

Perméabilité du sol - Test Beerkan

SOL-INF



SOL PROFIL



Descripteur

Niveau 3
Confirmé

DESCRIPTION DU PROFIL DE SOL

Le profil du sol consiste à réaliser une étude des premiers horizons du sol afin de les caractériser. Il se fait en premier car il va déterminer les futurs tests et les profondeurs auxquelles ils se feront. Ce test est à relier aux autres paramètres et indicateurs mesurés pour mieux appréhender le fonctionnement du sol à l'échelle de l'écosystème. Il regroupe dans les grandes lignes le test bêche vers de terre (TBVT) et le test VESS.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUEL EST LE PROFIL DE MON SOL ? QUELLE EST LA STRUCTURE DE SES HORIZONS ?

OU SE SITUE L'HORIZON ORGANIQUE, A QUELLE/DE QUELLE PROFONDEUR EST-IL ?

LES PREMIERS HORIZONS PEUVENT-ILS ACCUEILLIR DE L'ACTIVITE BIOLOGIQUE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



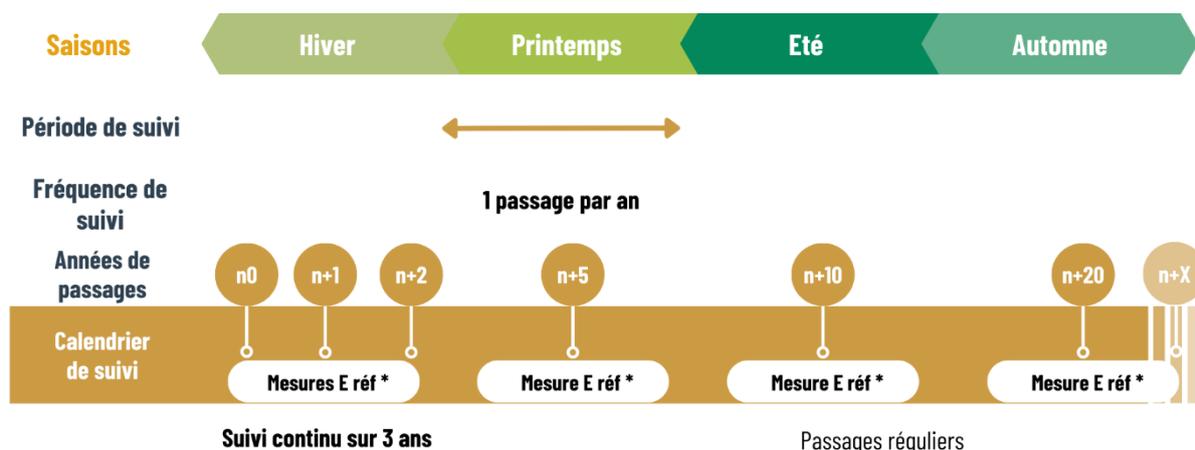
REpondre AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Observer un profil de sol

Evaluer la structure des horizons du sol

Milieu cible	Compétences requises			Méthode d'analyse des données
Tout milieu	Savoir lire un profil de sol et identifier des horizons, évaluer une structure, ...			Observations de terrain, tableur
Pour 6 répétitions	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent + matériel	Demi-journée	2 à +	Bêche, mètre enrouleur, charte VESS Appareil photo numérique (ou téléphone) Marqueur indélébile, crayon de papier
Analyses	Agent	Demi-journée	1	Tableur pour rentrer les données

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 de réaliser le protocole après un épisode météorologique extrême ou particulièrement long.

Privilégiez la période d'activité biologique maximale, entre mars et avril en plaine, mai-juin en altitude.

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



SOL PROFIL



Descripteur

Niveau 3
Confirmé

PROTOCOLE

→ Adaptation des protocoles TBVT et VESS

Si possible, suivez la méthodologie RMQS

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

Sinon : 1 – Choisissez une zone homogène (usage du sol et végétation) pour les prélèvements, en évitant les bordures (placez-vous si possible à plus de 2 m des bords) et les zones perturbées (roulage d'engins). Posez la bâche ou le sac sur lequel vous déposerez le bloc extrait.

→ **Astuce :** vous pourrez ensuite réaliser le protocole vers de terre* à partir du bloc extrait.

Prévoyez un récipient rempli d'eau dans lequel vous placerez les vers de terre si vous combinez ce suivi avec le protocole SOL-ACT-VDT*.

2 – Pour chaque répétition : extraire rapidement un bloc de 20 cm de côté et 25 cm de profondeur à la bêche. Récupérez les vers de terre déjà visibles et placez-les dans le bac d'eau.

→ **Agrandissez ensuite le trou de manière à pouvoir prendre une photographie de la paroi étudiée en plaçant votre appareil à l'horizontale, face à la paroi.**

3 – Placez votre mètre à la verticale dans le profil pour connaître la hauteur du profil de sol étudié.

4 – Distinguez les différents horizons présents, leur taille, leur couleur.

5 – Observez le système racinaire, notez sa densité, sa profondeur.

6 – Pour chaque horizon : commencez à analyser les mottes de terre – et à les défaire pour chercher les vers de terre (les mettre dans le bac rempli d'eau).

7 – Observez la granulométrie, la texture (sableux, limoneux, argileux), l'humidité (sec, frais, humide) de l'horizon. Pour cela, aidez-vous en réalisant un **test du boudin** (voir le protocole ici : https://www.parcduverdon.fr/sites/default/files/pnrverdon/pdf/2021_guide-des-sols_fiche_test_boudin-web.pdf)

8 – Donnez une note à l'horizon à l'aide de la charte VESS* (voir l'encadré « Pour aller + loin – Ressources »).

9 – Faites un schéma d'ensemble de la zone étudiée.

10 – Une fois toutes vos notes prises, lissez un côté de la paroi pour mieux observer la couleur, et laissez l'autre intact (impérativement, sinon vous perdrez toute appréciation de sa texture !).

11 – Prenez la paroi en photographie, en tenant votre appareil perpendiculairement au sol et parallèlement à la paroi afin d'avoir une vue de face. Placez le mètre en repère pour illustrer la profondeur des horizons. Vous pouvez alors réaliser le test d'infiltration (SOL-INF) pour évaluer la perméabilité du sol étudié.

*disponibles sur internet (voir la partie « Pour aller + loin – Ressources »)

→ **Voir la fiche de relevé terrain + la fiche SOL-ACT-VDT si vous souhaitez réaliser le protocole vers de terre en parallèle**

→ **Renseignez la fiche diagnostic**

Illustrations de la mise en place du protocole

A



B



Crédits photographiques : Camille MULATERO (photo A, CBNPMP) – Guillaume TERPEREAU (photo B, CBNA)



SOL PROFIL



Descripteur

Niveau 3
Confirmé



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × 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.
- × Attention à **ne pas piétiner la zone d'étude**, cela pourrait tasser le sol et faire fuir les lombrics.
- × 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.
- × Vous pouvez analyser plus d'un horizon : soit en choisissant de faire des prélèvements dans plusieurs horizons distincts, soit en analysant un horizon composite constitué après mélange de plusieurs horizons.

INTERPRETATION

Objectifs : répondre aux questions écologiques suivantes

QUEL EST LE PROFIL DE MON SOL ? QUELLE EST LA STRUCTURE DE SES HORIZONS ? OU SE SITUE L'HORIZON ORGANIQUE ?

→ Décrivez les différents horizons (volumes ou couches de sol) que vous observez :

- L'horizon le plus sombre indique la présence d'une quantité importante de matière organique -> c'est l'horizon organo-minéral.
- Sur votre schéma, indiquez les limites des horizons (profondeur, présence de cailloux, de galeries, de racines, ...)
- La structure du sol est de très bonne qualité si vous avez un score du test VESS $Sq < 2$, moyenne si $Sq = 3$, très pauvre si $Sq > 4$ (Johannes et al., 2017).

LES PREMIERS HORIZONS PEUVENT-ILS ACCUEILLIR UNE L'ACTIVITE BIOLOGIQUE ?

→ Observez la présence de galeries, de turricules (petites mottes de déjections à forme enroulée, caractéristiques des vers de terre), l'abondance des vers de terre par groupes, la porosité, le développement des racines et leur profondeur d'enracinement, ...



Avertissements sur les analyses

- × **Attention : un seul profil ne saurait être représentatif de l'ensemble du site !** Là-encore, il est important de multiplier les observations, de faire le lien avec la saison et les conditions météorologiques, ainsi que les autres paramètres suivis (analyses physico-chimiques, végétation) et la gestion du site.



SOL PROFIL



Descripteur

Niveau 3
Confirmé

Pour aller + loin

Autres protocoles :

Test VESS (cf ressources), autres protocoles sol dont SOL-INF, SOL-ANA, SOL-ACT-VDT, ...

Ressources :

Charte VESS (2019) : <https://www.progres-sol.ch/outils/vess.html> & <https://www.progres-sol.ch/fileadmin/progres-sol/VESS2019.pdf>

A noter qu'il existe une application pour smartphone pour réaliser le test VESS.

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-rmq2-edition-2018-4352>

➔ Vous y trouverez de nombreuses indications précieuses sur la méthodologie de prélèvement, de lecture, ...

Site de l'OPVT, EcoBiosoil <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/protocole-participatif-test-beche-vers-de-terre> - pour y trouver les clés d'identification, des guides, des photos, les contacts, pour rendre le protocole participatif, etc.

Le protocole illustré de l'OPVT :

https://drive.google.com/file/d/14lGTqz4nRijF3ptPGFyWJ5-wX_KIB1Vs/view?usp=share_link

Le protocole avec variante structure du sol de l'Isara Lyon :

<https://drive.google.com/drive/folders/19PK91zHK5HhwifmQ6V9otVPBQ6l6Gotu>

Lien vers la fiche protocole du Pecnot'Lab (© Jacques THOMAS - SCOP SAGNE 2019 - 2023) : <https://rhizobiome.gitbook.io/les-tutoriels-du-pecnotlab/protocoles-et-observations/observations-sur-le-terrain/examen-dun-profil-de-sol>

Licence Creative Commons CC BY-NC-ND 3.0 FR : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/deed.fr>

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

Bibliographie :

BOUCHE M. (1972). *Lombriens de France. Ecologie et systématique*. INRA, Publ. 72-2, 668 p.

CLUZEAU D., PÉRÈS G., GUERNION M., CHAUSSOD R., CORTET J., et al. (2009). *Intégration de la biodiversité des sols dans les réseaux de surveillance de la qualité des sols : exemple du programme pilote à l'échelle régionale, le RMQS BioDiv*. Etude et Gestion des Sols, Etude et Gestion des Sols, Vol. 16 (3-4), pp. 187-201.

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>

PEY B., LAPORTE M.A., NAHMANI J., AUCLERC A., CAPOWIEZ Y., et al. (2014). *A Thesaurus for Soil Invertebrate Trait-Based Approaches*. PLoS ONE, Public Library of Science, Vol. 9 (10), 5 p. DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108985>

PEY B., NAHMANI J., AUCLERC A., CAPOWIEZ Y., CLUZEAU D., et al. (2014). *Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology*. Basic and Applied Ecology, Elsevier, Vol. 15 (3), pp. 194-206. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.baae.2014.03.007>

Site de l'ASUP Sols et urbanisme : <https://asup-territoires.com/pedologie/>

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Description du profil de sol en restauration écologique : fiche descripteur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 4 p.



SOL PROFIL



Descripteur

Niveau 3
Confirmé

DESCRIPTION DU PROFIL DE SOL

Le profil du sol consiste à réaliser une étude des premiers horizons du sol afin de les caractériser. Il se fait en premier car il va déterminer les futurs tests et les profondeurs auxquelles ils se feront. Ce test est à relier aux autres paramètres et indicateurs mesurés pour mieux appréhender le fonctionnement du sol à l'échelle de l'écosystème.
Il regroupe dans les grandes lignes le test bêche vers de terre (TBVT) et le test VESS.

Site :	Commune :
Coordonnées GPS : X (lat.) =	Y (long.) =
Observateurs (organisme) :	
Pente (%) :	Exposition :
Historique du site :	
Typologie d'habitat (EUNIS) :	
Commentaires sur le sol :	
Météo le jour du prélèvement :	

Météo lors des jours ou semaines précédant les relevés	Durée de l'épisode météorologique antérieur	Intensité de l'épisode météorologique	Compléments (ex. canicule, ...)
Temps ensoleillé <input type="checkbox"/>	Court (1 jour) <input type="checkbox"/>	Faible <input type="checkbox"/>	
Temps nuageux <input type="checkbox"/>	Moyen (< 3 jours) <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	
Pluie <input type="checkbox"/>	Long à très long (< 1 semaine à +) <input type="checkbox"/>	Extrême <input type="checkbox"/>	

Schéma / description de la disposition des prélèvements sur le site restauré :

RES'SOL - Août 2023

→ **Les horizons (se munir de la charte VESS)**

Horizons	Horizon 1	Horizon 2	Horizon 3	Horizon 4
Profondeur (cm)				
Score Sq (test VESS)				
Description				

→ **Système racinaire**

Densité			Profondeur			
Peu développé <input type="checkbox"/>	Moyennement dense (se défait facilement) <input type="checkbox"/>	Dense (très difficile à défaire) <input type="checkbox"/>	0 à 5 cm <input type="checkbox"/>	5 à 10 cm <input type="checkbox"/>	10 à 30 cm <input type="checkbox"/>	< 30 cm <input type="checkbox"/>

→ **Schéma descriptif du profil observé :**

Remarques générales (labour précoce, passage d'engins, ...) :

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Description du profil de sol en restauration écologique : fiche de relevé terrain. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 2 p.



SOL ANA



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

ANALYSES PHYSICO-CIMIQUES

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-CIMIQUES DES HORIZONS DE SOL DU SITE RESTAURE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :

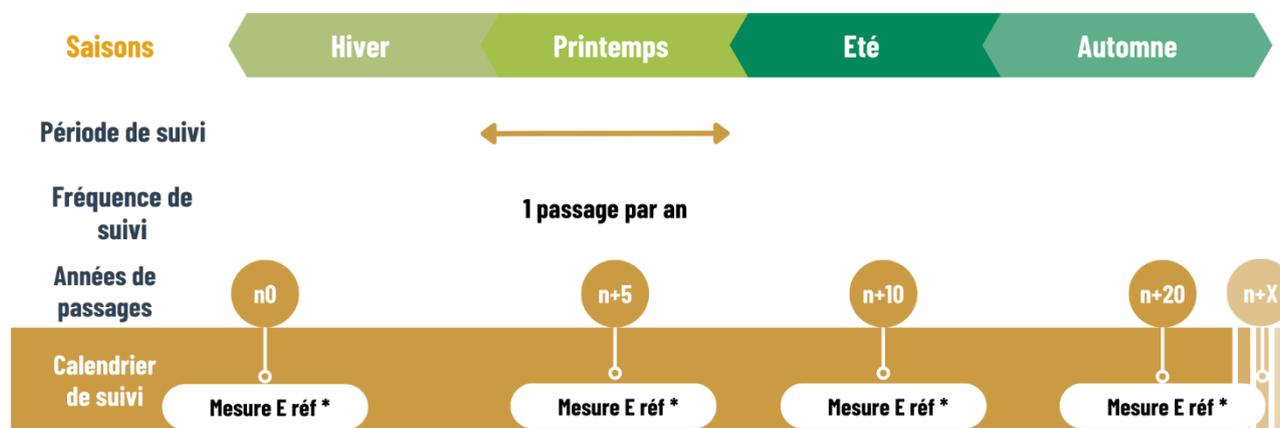


REPONDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

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

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

Évitez 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.



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.

Site :	Commune :
Coordonnées GPS : X (lat.) =	Y (long.) =
Observateurs (organisme) :	
Pente (%) :	Exposition :
Historique du site :	
Typologie d'habitat (EUNIS) :	
Commentaires sur le sol :	
Météo le jour du prélèvement :	

Météo lors des jours ou semaines précédant les relevés	Durée de l'épisode météorologique antérieur	Intensité de l'épisode météorologique	Compléments (ex. canicule, ...)
Temps ensoleillé <input type="checkbox"/>	Court (1 jour) <input type="checkbox"/>	Faible <input type="checkbox"/>	
Temps nuageux <input type="checkbox"/>	Moyen (< 3 jours) <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	
Pluie <input type="checkbox"/>	Long à très long (< 1 semaine à +) <input type="checkbox"/>	Extrême <input type="checkbox"/>	

Schéma / description de la disposition des prélèvements sur le site restauré :

RES'SOL - Août 2023

Financé par





SOL

PH eau



Indicateur

Niveau 1
Débutant

MESURE DU pH DU SOL (pH EAU)

Ce protocole permet de mesurer le pH d'un ou plusieurs horizons de sol de manière simple et pratique sur le terrain, sans passer par des analyses en laboratoire.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUEL EST LE PH DE L'HORIZON ETUDIE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :

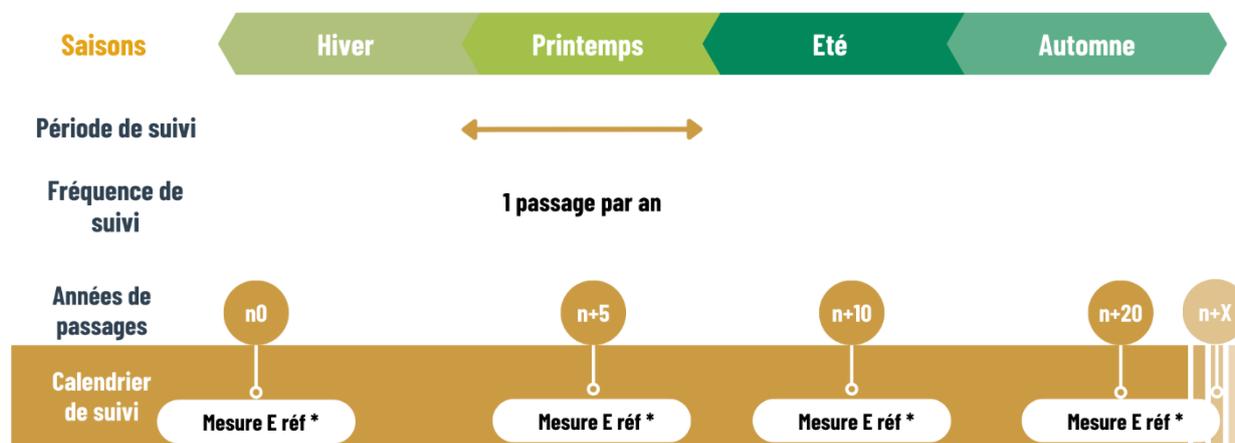


REpondre AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Evaluer le pH des horizons du sol

Milieu cible	Compétences requises			Méthode d'analyse des données
Tout milieu	Savoir mesurer un pH, faire des manipulations de laboratoire simples			Tableur, logiciel de traitement statistique
Pour 1 échantillon	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent	5 min	1	Gouge, tarière ou bêche Papier pH, tube falcon (ex. 50 mL), marqueur indélébile Eau distillée ou déminéralisée
Analyses	Agent	5 min	-	pHmètre ou sonde pH 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

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

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

Privilégiez la période d'activité biologique maximale, vers mars-avril en plaine, juin en montagne.

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 juin est peut-être plus appropriée, en fonction de l'altitude du site.



SOL

PH eau



Indicateur

Niveau 1
Débutant

PROTOCOLE

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

PREPARATION

1 - Remplissez des tubes falcons aux $\frac{3}{4}$ avec de l'eau distillée ou déminéralisée. Le sol devra être dilué au cinquième. Vous pouvez placer des repères à l'aide d'un marqueur pour connaître le volume de sol à introduire dans le tube une fois sur le terrain.

TERRAIN

2 - Placez-vous sur une zone homogène du point de vue de la végétation, et effectuez un prélèvement de sol à l'aide d'une gouge ou d'une tarière dans un horizon. Renouvelez l'opération si vous souhaitez analyser un autre horizon.

→ Astuce : prélevez un peu du sol que vous avez extrait pour le profil, les analyses, les vers de terre etc...

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

3 - Mesure du pH -> 2 options :

(Option 1) pHmètre

Versez un peu du sol prélevé - et émiété - dans un tube falcon. Il doit être dilué au cinquième (1 volume de sol pour 4 volumes d'eau, soit 10 mL de sol si vous avez un tube de 50 mL). Complétez avec l'eau distillée ou déminéralisée si besoin.

Homogénéisez la solution (avec une baguette) et laissez reposer/macérer pendant 1h à 2h si le sol est calcaire. Remuez de temps à autre.

Plongez le pHmètre (ou la sonde pH) dans la solution, et lire la valeur mesurée.

(Option 2) papier pH

Homogénéisez la solution et laissez reposer quelques minutes.

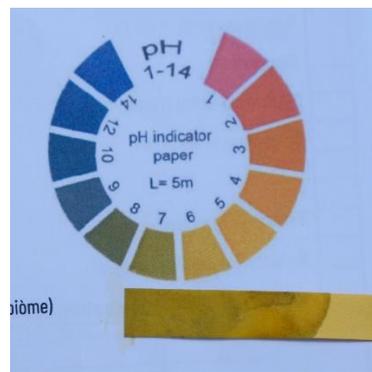
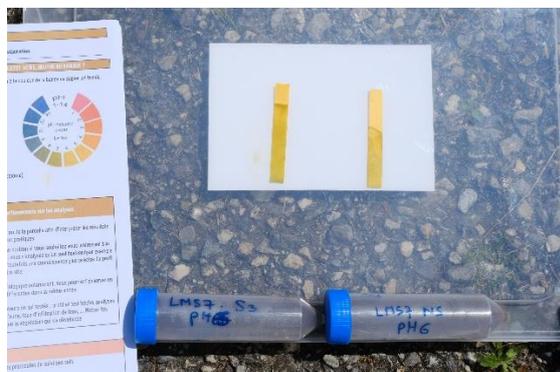
Humectez une bande de papier pH en y versant quelques gouttes de la solution. Comparez la couleur de la bande de papier avec les références (prenez une photographie).

→ **Nombre de répétitions conseillé** : choisissez des zones homogènes (usage du sol et végétation), en évitant les bordures (placez-vous si possible à plus de 2 m des bords) et les zones perturbées (passage d'engins, ...). A titre d'exemple, nous avons réalisé 5 échantillons sur des zones de 500 m².

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Illustrations des résultats obtenus avec le protocole



Exemples : pH eau mesuré au papier pH -> valeurs mesurées : ph = 6

Crédits photographiques : Guillaume TERPEREAU (CBNA)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Essayez de répéter les mesures pour réduire les biais d'échantillonnage.
- × 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.
- × 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, ...).



SOL

PH eau



Indicateur

Niveau 1
Débutant

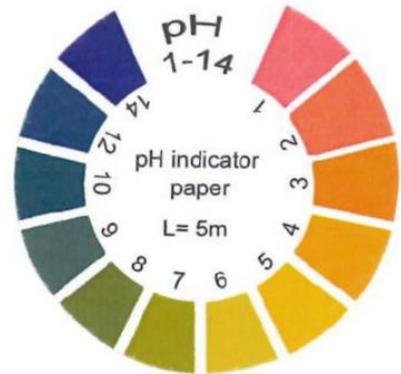
INTERPRETATION

Objectif : caractériser le pH des horizons du sol avant et après restauration

LE PH DES HORIZONS DE SOL DU SITE RESTAURE EST-IL PLUTOT ACIDE, NEUTRE OU BASIQUE ?

→ Référez-vous à la valeur lue au pHmètre ou à la sonde pH, ou bien à la couleur de la bande de papier pH testée.

pH	Statut
< 3.5	Hyper acide
3.5 à 4.2	Très acide
4.2 à 5	Acide
5 à 6.5	Peu acide
6.5 à 7.5	Neutre
7.5 à 8.7	Basique
> 8.5	Très basique



Source : Kit Sol-eau® (Rhizobiôme)

Comparez le sol du site restauré et du site de référence (et des sites témoins). Si le pH est différent, alors cette donnée peut livrer une explication sur une différence de végétation ou une difficulté dans la restauration du site. Cela peut venir de la qualité de la terre qui change complètement (des fois retravaillée fortement ou ramenée d'autres lieux - lors de travaux par exemple).

NB : des pH trop extrêmes (< 5 ou > 8, peuvent être source de toxicité chez les plantes - valable en contexte de pelouse ou prairie, sur sol ni trop sec ni trop humide).



Avertissements sur les analyses

- × 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.
- × 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 du profil de pH dans le sol de votre site.
- × Le pH d'un sol varie au cours du temps, en fonction de l'activité biologique notamment. Vous pourrez l'observer en effectuant une série de mesures à des saisons différentes dans la même année.
- × Croisez ces résultats avec ceux des autres indicateurs et descripteurs de sol testés : profil et test bêche, analyses physico-chimiques, 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 : analyses physico-chimiques (SOL-ANA), autres protocoles de suivi des sols

Ressources : lien vers le protocole du Pecnot'Lab (© Jacques THOMAS - SCOP SAGNE 2019 - 2023) : <https://rhizobiome.gitbook.io/les-tutoriels-du-pecnotlab/protocoles-et-observations/caracteristiques-physico-chimiques/mesure-du-ph>

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

Bibliographie : Rhizobiôme (2022). Livret technique du Kit Sol-eau. 42 p.

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Mesure du pH du sol en restauration écologique : fiche indicateur. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.



SOL

PH eau



Indicateur

Niveau 1
Débutant

MESURE DU pH DU SOL (pH EAU)

Ce protocole permet de mesurer le pH d'un ou plusieurs horizons de sol de manière simple et pratique sur le terrain, sans passer par des analyses en laboratoire.

Site : _____ Commune : _____

Coordonnées GPS : X (lat.) = _____ Y (long.) = _____

Observateurs (organisme) : _____

Pente (%) : _____ Exposition : _____

Historique du site : _____

Typologie d'habitat (EUNIS) : _____

Commentaires sur le sol : _____

Météo le jour du prélèvement : _____

Météo lors des jours ou semaines précédant les relevés	Durée de l'épisode météorologique antérieur	Intensité de l'épisode météorologique	Compléments (ex. canicule, ...)
Temps ensoleillé <input type="checkbox"/> Temps nuageux <input type="checkbox"/> Pluie <input type="checkbox"/>	Court (1 jour) <input type="checkbox"/> Moyen (< 3 jours) <input type="checkbox"/> Long à très long (< 1 semaine à +) <input type="checkbox"/>	Faible <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Extrême <input type="checkbox"/>	

Schéma / description de la disposition des prélèvements sur le site restauré :

RES'SOL - Août 2023



SOL

ACT-VDT



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

TEST BECHE VERS DE TERRE

Les lombrics sont de très bons indicateurs de la fertilité du sol et plus largement de sa santé. Ils participent fortement à l'activité biologique du sol et à sa structuration, à la décomposition de la matière organique ou à l'infiltration de l'eau.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

Y-A-T-IL DES VERS DE TERRE DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

QUELS SONT LES GROUPES DE LOMBRICS PRÉSENTS ?

CET HORIZON EST-IL BIOLOGIQUEMENT ACTIF ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



REPOUDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

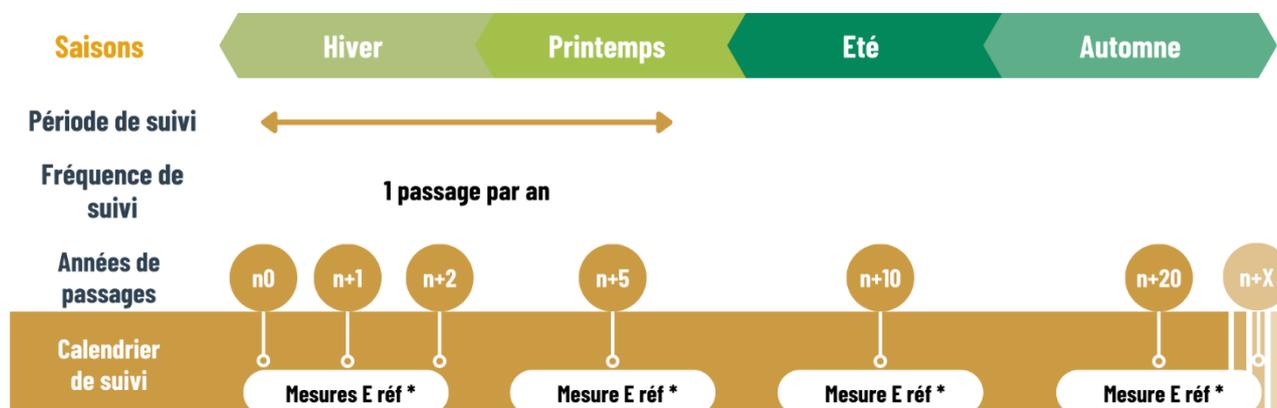
Reconstituer le sol

Restaurer la biodiversité

Restaurer les fonctionnalités écologiques

Milieu cible	Compétences requises			Méthode d'analyse des données
Tout milieu	Savoir identifier les groupes de vers de terre			Observations de terrain, tableur, logiciel de traitement statistique
Pour 6 répétitions	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent + matériel	3 à 4 h (45 min par bloc de sol environ)	2 à +	Bêche, 7 Seaux ou bacs plastiques 7 boîtes à bords hauts avec couvercles (min 10*10*10 cm) 3 L d'eau, pince plate, gants, marqueur indélébile (ou crayon) Surface claire pour identification (ex : bâche blanche) Clé d'identification des groupes de vers de terre Décamètre, mètre enrouleur (ou règle), pièce de 1€ Appareil photo numérique (ou téléphone)
Analyses	Agent	?	1	Tableur ou logiciel de traitement statistique

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Suivi continu sur 3 ans

Passages réguliers

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

RES'SOL - Août 2023



SOL

ACT-VDT



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

Conditions d'observation

Evitez un sol trop froid, trop chaud ou trop sec. Le sol doit être humide. Si possible, la température du sol à -10 cm doit être supérieure à 6°C.

Privilégiez la période d'activité maximale des vers de terre, entre janvier et avril.

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 mai ou juin est peut-être plus appropriée, en fonction de l'altitude du site.

PROTOCOLE : protocole participatif de l'OPVT - UMR EcoBio[©]

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

1 - A partir du profil de sol réalisé, observez si des galeries sont visibles et quelle est leur orientation : vous aurez une première idée de l'abondance et des types de vers de terre que vous devriez trouver.

2 - Répartissez le matériel (bâche/sac, bac rempli d'eau) sur les différentes zones de prélèvements. Sélectionnez ces zones pour qu'elles correspondent aux hétérogénéités de végétation éventuellement observées sur le site, en restant à distance des bords (au minimum à 2 mètres si possible) ainsi que des zones perturbées (roulages d'engins, ...).

3 - Sur chaque zone : extraire rapidement un bloc de 20 cm de côté et 25 cm de profondeur à la bêche.

→ *Si le temps le permet, profitez de la manipulation pour faire une observation de la structure du sol (cf ressources, protocole avec variante de l'Isara Lyon).*

Récupérez les vers de terre dans le bac d'eau en défaisant les mottes de terre. Ne récupérez que les vers de terre présents dans le bloc extrait, sans considérer ceux qui sortent par les bordures du trou ainsi creusé.

4 - Identifiez et comptez les vers de terre en les classant par groupe fonctionnel (cf. ressources). Notez leur nombre sur la fiche de relevé terrain. *Si vous avez trop de difficultés à identifier les groupes, comptez le nombre de vers de terre observés et leur zone de vie (surface, profondeur, ...).*

5 - Rebouchez le trou, puis remplacez les vers de terre en les déposant à la surface du sol.

→ Les étapes détaillées du protocole sont décrites dans différents documents disponibles sur le site de l'OPVT au lien suivant : <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/protocole-participatif-test-beche-vers-de-terre>

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Illustration de la mise en place du protocole et des observations réalisées

A



B



C



A : extraction d'un bloc de sol à la bêche

B : ver endogé

C : galeries creusées dans le sol

Crédits photographiques : Manuel DELAFOULHOUZE (photos A et C, CBNPMP) - Camille MULATERO (photo B, CBNPMP)



SOL

ACT-VDT



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × 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.
- × Attention à **ne pas piétiner la zone d'étude**, cela fait fuir les lombrics.
- × **Le sol ne doit pas être engorgé en eau mais 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.
- × L'identification peut également se faire en laboratoire. Dans ce cas-là, prenez une boîte à couvercle avec un fond d'eau et mettez-y les vers de terre. Notez la répétition. Cette version du protocole est toutefois très destructrice !
- × **Si vous n'observez pas de dégradation, cela ne signifie pas forcément qu'il n'y a pas d'activité biologique dans l'horizon étudié.** Il est possible que les conditions de mesure n'aient pas été idéales (sécheresse, installation trop tardive) et ne permettent pas de conclure à la présence de vers de terre.
Attention, les vers de terre supportent mal les conditions extrêmes rencontrées en montagne (gel, ...) ce qui peut expliquer que vous les rencontriez en moindre abondance (Pelosi & Capowiez, 2022).

INTERPRETATION

Objectifs : répondre aux questions écologiques suivantes

Y A-T-IL DES VERS DE TERRE DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIÉ ? QUELS SONT LES GROUPES FONCTIONNELS ?

- Nombre de vers de terre identifiés pour chacun des quatre groupes fonctionnels (épigés, épi-anéciques, anéciques stricts, endogés).
- En l'absence de vers de terre, notez la présence de galeries observées (et leur orientation et dimension) : cela renseignera sur la présence de vers endogés ou anéciques. **Attention : les épigés ne creusent pas de galeries !**

CET HORIZON EST-IL BIOLOGIQUEMENT ACTIF ?

- Là-encore, observez la présence de galeries, de turricules (petites mottes de déjections à la forme enroulée caractéristique), l'abondance des vers de terre par groupes.

Faites le lien avec le profil de sol auparavant décrit (profondeur d'activité des vers et horizons de sol observés) et les résultats des autres protocoles (notamment les autres suivis de l'activité biologique : sachets de thé, litter bag, nématofaune, mycorhizes).

Note : vous pouvez transmettre vos données à l'UMR EcoBio afin de participer au protocole participatif de l'OPVT.

Pour cela, rendez-vous sur le site suivant : <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/transmettre-vos-donnees>

Ou bien transmettez vos fiches de terrain (ou les photos de celles-ci) par mail à l'adresse opvt@univ-rennes1.fr

RES'SOL - Août 2023



SOL

ACT-VDT



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

Pour aller + loin

Autres protocoles :

Test VESS (cf. ressources), autres protocoles sol, protocoles végétation

Ressources :

Site de l'OPVT, EcoBiosoil <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/protocole-participatif-test-beche-vers-de-terre> - pour y trouver les clés d'identification, des guides, des photos, les contacts, pour rendre le protocole participatif, etc.

Le protocole illustré de l'OPVT :

https://drive.google.com/file/d/14lGTgz4nRijF3ptP6FyWJ5-wX_KIB1Vs/view?usp=share_link

Le protocole avec variante structure du sol de l'Isara Lyon :

<https://drive.google.com/drive/folders/19PK91zHK5HhwifmQ6V9otVPBQ6l6Gotu>

Charte VESS (2019) : <https://www.progres-sol.ch/fileadmin/progres-sol/VESS2019.pdf>

A noter qu'il existe une application pour smartphone pour réaliser le test VESS.

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

Bibliographie :

BOUCHE M. (1972). *Lombriciens de France. Ecologie et systématique*. INRA, Publ. 72-2, 668 p.

CLUZEAU D., PÉRÈS G., GUERNION M., CHAUSSOD R., CORTET J., et al. (2009). *Intégration de la biodiversité des sols dans les réseaux de surveillance de la qualité des sols : exemple du programme pilote à l'échelle régionale, le RMQS BioDiv*. Etude et Gestion des Sols, Etude et Gestion des Sols, Vol. 16 (3-4), pp. 187-201.

PELOSI C., CAPOWIEZ Y. (2022) - *Les enchytréides, mieux les connaître pour mieux les utiliser* - Étude et Gestion des Sols, Vol. 29, pp. 59-67

PEY B., LAPORTE M.A., NAHMANI J., AUCLERC A., CAPOWIEZ Y., et al. (2014). *A Thesaurus for Soil Invertebrate Trait-Based Approaches*. PLoS ONE, Public Library of Science, Vol. 9 (10), 5 p. DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108985>

PEY B., NAHMANI J., AUCLERC A., CAPOWIEZ Y., CLUZEAU D., et al. (2014). *Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology*. Basic and Applied Ecology, Elsevier, Vol. 15 (3), pp. 194-206.

DOI : <https://doi.org/10.1016/j.baee.2014.03.007>

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



SOL

ACT-VDT



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

TEST BECHE VERS DE TERRE

Les lombrics sont de très bons indicateurs de la fertilité du sol et plus largement de sa santé. Ils participent fortement à l'activité biologique du sol et à sa structuration, à la décomposition de la matière organique ou à l'infiltration de l'eau.

Site :

Commune :

Coordonnées GPS : X (lat.) =

Y (long.) =

Observateurs (organisme) :

Pente (%) :

Exposition :

Historique du site :

Typologie d'habitat (EUNIS) :

Commentaires sur le sol :

Météo le jour du prélèvement :

Météo lors des jours ou semaines précédant les relevés	Durée de l'épisode météorologique antérieur	Intensité de l'épisode météorologique	Compléments (ex. canicule, ...)
Temps ensoleillé <input type="checkbox"/>	Court (1 jour) <input type="checkbox"/>	Faible <input type="checkbox"/>	
Temps nuageux <input type="checkbox"/>	Moyen (< 3 jours) <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	
Pluie <input type="checkbox"/>	Long à très long (< 1 semaine à +) <input type="checkbox"/>	Extrême <input type="checkbox"/>	

Schéma / description de la disposition des blocs sur le site restauré :

RES'SOL - Août 2023

Financé par



Groupe fonctionnel	Bloc de sol n°1	Bloc de sol n°2	Bloc de sol n°3	Bloc de sol n°4	Bloc de sol n°5	Bloc de sol n°6
Anéciques stricts						
Endogés						
Épi-anéciques						
Épigés						
Indéterminés						

Remarques générales (labour précoce, passage d'engins, ...) :

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi des vers de terre en restauration écologique : fiche de relevé terrain. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 2 p.

CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS A ARBUSCULES – TEST MPN

Ce protocole évalue le potentiel de développement d'endomycorhizes dans le sol, par mesure du pouvoir de colonisation racinaire d'une plante mycorhizotrophe mise en culture sur un prélèvement de sol.

SOL ACT-MYC



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUEL EST LE POTENTIEL MYCORHIZOGENE DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

DES SYMBIOSES MYCORHIZIENNES S'ETABLISSENT-ELLES SUR LE SITE RESTAURE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



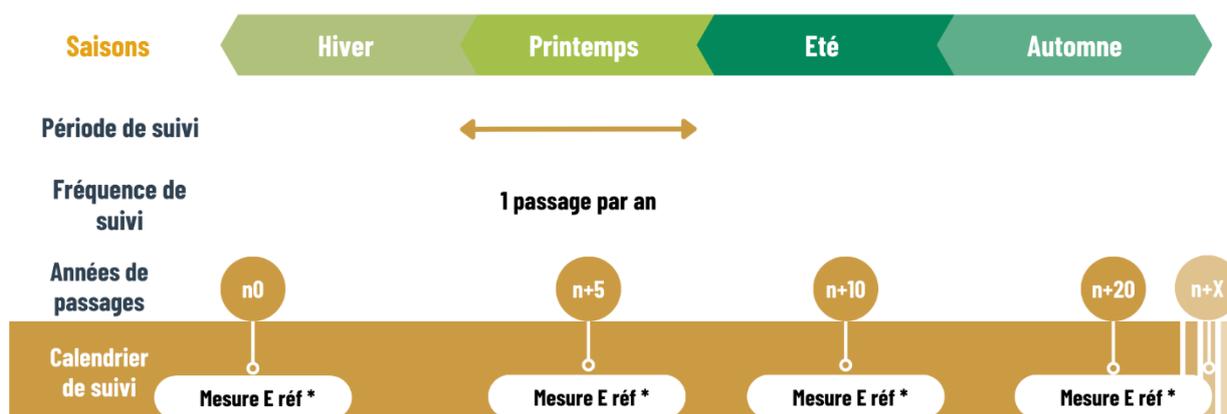
REPENDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Evaluer la présence d'associations plantes-endomycorhizes et estimer leur abondance dans le sol

Evaluer les risques liés à l'érosion

Milieu cible	Compétences requises			Méthode d'analyse des données
Tout milieu	Analyses statistiques, savoir interpréter le développement des mycorhizes en lien avec la végétation			Tableur, logiciel de traitement statistique (+ prestation laboratoire pour les comptages de propagules)
Pour 3 échantillons	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent	2 h	2	Bêche, enveloppes kraft ou similaire (perméables à l'air) Tamis (5 à 7 mm), seau / bassine ou sac Fiches demandées par le laboratoire d'analyse
Mise en culture & analyses	Prestation (à partir de 250 € HT) + 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

Au printemps, après la reprise de la végétation. Travaillez sur un sol frais et ressuyé, non gelé.

Réalisez ce suivi avant toute intervention – travail du sol, fertilisation – ou perturbation du sol – sécheresse, gelée, inondation – ou plusieurs semaines après.



PROTOCOLE

➔ **1ère étape indispensable : description du profil de sol étudié -> fiche SOL-PROFIL**

TERRAIN

1 - Choisissez une zone homogène (usage du sol et végétation) pour les prélèvements, en évitant les bordures (placez-vous si possible à plus de 2 m des bords) et les zones perturbées (roulages d'engins, ...).

2 - Prélevez environ 500 g de sol à l'aide d'une bêche sur 10 cm de profondeur. Tamisez ce sol au-dessus d'un sac poubelle. Relevez la position GPS sur le point de prélèvement. Recommencez l'opération sur 3 à 5 points à proximité, puis homogénéisez l'ensemble des prélèvements. Ce prélèvement homogénéisé constitue un échantillon.

➔ *Astuce : vous pouvez utiliser le sol extrait lors du test bêche (cf. fiche SOL-PROFIL).*

3 - Mettez environ 500 g de sol de votre échantillon ainsi constitué dans une enveloppe kraft (ou tout type de sachet laissant passer l'air afin que le sol puisse respirer). Pensez à retirer les parties aériennes végétales - sans toucher aux racines !

4 - Notez bien la référence de l'échantillon : MYC-Nom site (modalité, T=témoin, ...)_Date_Numéro (ex. MYC-LMS7T_2022_1).

➔ **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 prélevé au moins 3 échantillons sur des zones de 500 à 700 m².

5 - Si possible, envoyez l'ensemble de vos échantillons au laboratoire dans la foulée. Sinon, conservez-les au frais et à l'obscurité (en chambre froide), pendant 7 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 de la méthodologie de prélèvement et du nombre de répétitions à effectuer.

➔ **Voir la fiche de relevé terrain**

➔ **Renseignez la fiche diagnostic**

Illustrations de la mise en place du protocole



Crédits photographiques : Lucile VAHE (photo A, CBNA) - Guillaume TERPEREAU (photo B, CBNA)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- ✗ 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. Attention : le délai de réalisation des analyses est long, prévoir 2 à 3 mois.
- ✗ L'enveloppe qui contient la terre doit être respirante (kraft) pour éviter les fermentations. Entre le prélèvement et la mise en culture, une attente de quelques jours est possible mais elle doit se faire absolument au frais (frigo). Attention à ne pas congeler la terre, cela tuerait les champignons ! Le matériel doit être soigneusement nettoyé entre les manipulations. Il faut veiller à ne pas déchirer les racines lors de la mise en sachet pour l'envoi qui doit lui se faire rapidement après la mise en sachet.



SOL ACT-MYC



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

QUEL EST LE POTENTIEL MYCORHIZOGENE DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

- En l'absence de mycorhizes lors du suivi en année n0 (état initial), il est peut-être nécessaire d'introduire des plantes mycorrhizotrophes lors de la revégétalisation.

C'est aussi le signe que la fonctionnalité du sol a été grandement altérée. La reprise peut être donc plus compliquée puisque les mycorhizes participent grandement au développement des végétations. Les filaments mycorhiziens ont également un rôle dans le maintien des sols (création des agrégats et libération de substances collantes, source à retrouver si jamais). Leur absence augmente les risques érosifs.

DES SYMBIOSES ENDOMYCORHIZIENNES S'ETABLISSENT-ELLES SUR LE SITE RESTAURE ?

- Plus vous observez une abondance de propagules, plus les effets sur la végétation et le maintien du sol sont positifs.
- Comparez les résultats entre le site restauré, le site de référence et le(s) site(s) témoin(s). Comparez également les résultats entre années de suivis.
- Couplez cette analyse avec les résultats de l'analyse physico-chimique pour connaître la nature des champignons impliqués.



Avertissements sur les analyses

- × 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.
- × Il est suggéré de faire une analyse des caractéristiques physico-chimiques du sol en parallèle (aux mêmes pas de temps, en particulier en année n0 et à la fin des suivis).
- Voir pour cela la fiche SOL-ANA qui présente les données pertinentes à analyser et leur interprétation.
- × Ce protocole est fiable et permet d'obtenir un bon indicateur de la réussite des opérations de restauration.

Pour aller + loin

Autres protocoles :

Analyses physico-chimiques du sol (SOL-ANA), profil de sol/test bêche (SOL-PROFIL), autres protocoles sol, protocoles végétation.

Vous pouvez effectuer une analyse génétique pour connaître les espèces fongiques impliquées dans la mycorhization.

Une analyse de la glomaline vous donnera une bonne indication de la stabilité structurale du sol apportée par le développement des mycorhizes (vous en aurez une première approximation avec le test VESS -> cf. fiche SOL-PROFIL).

Ressources :

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

Bibliographie :

DECLERCK S., PLENCHETTE C., RISEDE J.-M., STRULLU D.G., DELVAUX B. (1999). *Estimation of the population density of arbuscular mycorrhizal fungi in soils used for intensive banana cultivation in Martinique*. Fruits, Vol. 54, pp. 3-9.

DUPONNOIS R., PLENCHETTE C., THIOULOUSE J., CADET P. (2001). *The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal*. Applied Soil Ecology, Vol. 17, pp. 239-251.

GIANINAZZI S., GOLLOTTE A., BINET M.N., VAN TUINEN D., REDECKER D., WIPF D. (2010). *Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services*. Mycorrhiza, Vol. 20, pp. 519-530.

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Evaluation de la mycorhization racinaire en restauration écologique : fiche indicateur. RES/SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.



SOL

ACT-MYC



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS A ARBUSCULES – TEST MPN

Ce protocole évalue le potentiel de développement d'endomycorhizes dans le sol, par mesure du pouvoir de colonisation racinaire d'une plante mycorhizotrophe mise en culture sur un prélèvement de sol.

Site : Commune :

Coordonnées GPS : X (lat.) = Y (long.) =

Observateurs (organisme) :

Pente (%) : Exposition :

Historique du site :

Typologie d'habitat (EUNIS) :

Commentaires sur le sol :

Météo le jour du prélèvement :

Météo lors des jours ou semaines précédant les relevés	Durée de l'épisode météorologique antérieur	Intensité de l'épisode météorologique	Compléments (ex. canicule, ...)
Temps ensoleillé <input type="checkbox"/>	Court (1 jour) <input type="checkbox"/>	Faible <input type="checkbox"/>	
Temps nuageux <input type="checkbox"/>	Moyen (< 3 jours) <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	
Pluie <input type="checkbox"/>	Long à très long (< 1 semaine à +) <input type="checkbox"/>	Extrême <input type="checkbox"/>	

Schéma / description de la disposition des prélèvements sur le site restauré :



SOL

ACT-NEM



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

NEMATOFAUNE

Les nématodes sont des organismes microscopiques vermiformes qui se placent aux différents niveaux du réseau trophique et constituent donc un très bon indicateur du fonctionnement biologique global du sol.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUELLE EST L'ABONDANCE EN NEMATODES DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

QUELS SONT LES GROUPES FONCTIONNELS DE NEMATODES PRESENTS ?

QUEL EST LE FONCTIONNEMENT ET LE NIVEAU D'ACTIVITE BIOLOGIQUE GLOBAL DE CET HORIZON ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :

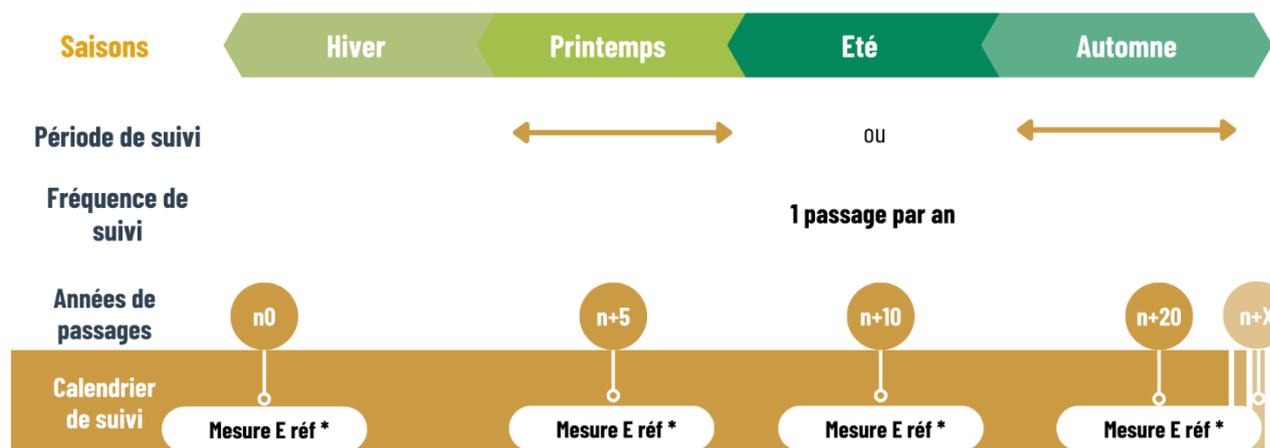


REPONDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Estimer l'abondance des groupes de nématodes Evaluer le fonctionnement trophique global du sol

Milieu cible	Compétences requises		Méthode d'analyse des données	
Tout milieu	Savoir lire et interpréter une analyse de laboratoire, analyses statistiques		Tableur, logiciel de traitement statistique (+ prestation laboratoire pour les comptages d'individus)	
Pour 3 échantillons	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent	Demi-journée	1	Tarière ou plante bulbe, bac Marqueur indélébile et crayon Fiches demandées par le laboratoire d'analyse Glacière avec blocs congelés, sacs congélation
Analyses	Prestation (environ 260 € par échantillon, 800 € d'interprétation des résultats) + 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

Privilégiez la période d'activité maximale des nématodes, au printemps (ou à l'automne).

Travaillez sur un sol frais et ressuyé, non gelé.

Réalisez ce suivi avant toute intervention - travail du sol, fertilisation - ou perturbation du sol - sécheresse, gelée, inondation - ou plusieurs semaines après.



SOL

ACT-NEM



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

PROTOCOLE

→ Exemple pour analyse d'un échantillon avec le laboratoire EliSol environnement©

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

1 - Choisissez une zone homogène (usage du sol et végétation) pour les prélèvements, en évitant les bordures (placez-vous si possible à plus de 2 m des bords) et les zones perturbées (roulages d'engins).

2 - Effectuez une dizaine de prélèvements de terre à la tarière ou plante bulbe en couvrant toute la zone (déplacez-vous pour suivre une forme en W). Relevez la position GPS sur le premier point.

→ *Astuce : vous pouvez utiliser le sol extrait lors du test bêche (cf. fiche SOL-PROFIL).*

3 - Mélangez le sol de vos 10 prélèvements dans un bac et tamisez le sol si nécessaire (s'il y a beaucoup d'éléments grossiers : cailloux, ...).

4 - Mettez une quantité de 500 g de sol dans un sac congélation propre : cela constitue 1 échantillon. Notez bien la référence sur le sac : NEM_Nom site (modalité, T=témoin, ...)_Date_Numéro (ex. NEM_BES-T_20230420_1).

→ **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 prélevé au moins 3 échantillons sur des zones de 500 à 700 m².

5 - 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 de la méthode de prélèvement et du nombre de répétitions à effectuer.

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.**
- × 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.



SOL

ACT-NEM



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

QUELLE EST L'ABONDANCE EN NEMATODES DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

- Une forte abondance de nématodes libres (prédateurs, bactérivores, fongivores) illustre une activité biologique élevée dans le sol : dégradation de la matière organique, bonne qualité de l'habitat qui est peu perturbé.
- Une forte abondance de nématodes phytophages est sûrement liée à une gestion ayant engendré un déséquilibre.
- **ATTENTION** : ces résultats sont à relier au type de milieu et de sol sur lequel vous travaillez !

Comparez les résultats avec le site de référence, le(s) site(s) témoin(s). Comparez les résultats entre années.

QUELS SONT LES GROUPES FONCTIONNELS DE NEMATODES PRESENTS ?

- Abondance de 5 groupes fonctionnels définis comme bioindicateurs : chaque groupe présente une fonctionnalité caractéristique participant au fonctionnement global du sol.

QUEL EST LE FONCTIONNEMENT ET LE NIVEAU BIOLOGIQUE GLOBAL DE CET HORIZON ?

- Diagnostic du réseau trophique du sol
- Diversité des groupes de nématodes (indice de Shannon-Wiener)
- Indice des voies de décomposition de la matière organique (IVD)
- Indice de pression sur les racines végétales par les nématodes phytophages



Avertissements sur les analyses

- × 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. Renseignez bien la fiche diagnostic.
- × Il est suggéré de faire une analyse des caractéristiques physico-chimiques du sol en parallèle (aux mêmes pas de temps, en particulier en année n0 et à la fin des suivis).
- Voir pour cela la fiche SOL-ANA qui présente les données pertinentes à analyser et leur interprétation.
- × Certes coûteux, **ce protocole permet d'obtenir un très bon indicateur robuste**, qui est le **reflet de l'abondance des groupes d'organismes de la microchaîne trophique du sol**. Il est de plus faisable pour tout milieu (pente, montagne, plaine, agricole, ...), avec un référentiel bien documenté. De plus, les résultats des analyses sont directement fournis par le laboratoire.

Pour aller + loin

Autres protocoles :

Mycorhizes (SOL-ACT-MYC), Test Bêche Vers de Terre (SOL-ACT-VDT), analyses physico-chimiques du sol (SOL-ANA), profil de sol/test bêche (SOL-PROFIL) + autres protocoles sol + protocoles de suivi de la végétation

Ressources :

Laboratoire ELISOL Environnement. Plus d'informations sur leur site : <https://www.elisol.fr/>

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

Bibliographie :

DALMASSO A. (1966). *Méthodes simples d'extraction des nématodes du sol*. Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol, Vol. 3, pp. 473-478.

NORTON D.C., NIBLACK T.L. (1991). *Biology and ecology of nematodes*. In: *Manual of agricultural nematology*. CRC Press., New York, 26 p.

DOI : <http://dx.doi.org/10.1201/9781003066576-2>

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi de la nématofaune en restauration écologique : fiche indicateur*. RES'SOL. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.

NEMATOFAUNE

Les nématodes sont des organismes microscopiques vermiformes qui se placent aux différents niveaux du réseau trophique et constituent donc un très bon indicateur du fonctionnement biologique global du sol.



SOL

ACT-NEM



Indicateur

Niveau 3
Confirmé

Site : Commune :

Coordonnées GPS : X (lat.) = Y (long.) =

Observateurs (organisme) :

Pente (%) : Exposition :

Historique du site :

Typologie d'habitat (EUNIS) :

Commentaires sur le sol :

Météo le jour du prélèvement :

Météo lors des jours ou semaines précédant les relevés	Durée de l'épisode météorologique antérieur	Intensité de l'épisode météorologique	Compléments (ex. canicule, ...)
Temps ensoleillé <input type="checkbox"/> Temps nuageux <input type="checkbox"/> Pluie <input type="checkbox"/>	Court (1 jour) <input type="checkbox"/> Moyen (< 3 jours) <input type="checkbox"/> Long à très long (< 1 semaine à +) <input type="checkbox"/>	Faible <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Extrême <input type="checkbox"/>	

Schéma / description de la disposition des prélèvements sur le site restauré :

RES'SOL - Août 2023

SACHETS DE THE

Mesure du taux de décomposition de la matière organique par implantation de sachets de thé vert bio dans le sol.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

CET HORIZON EST-IL BIOLOGIQUEMENT ACTIF ?

QUEL EST LE TAUX DE DECOMPOSITION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



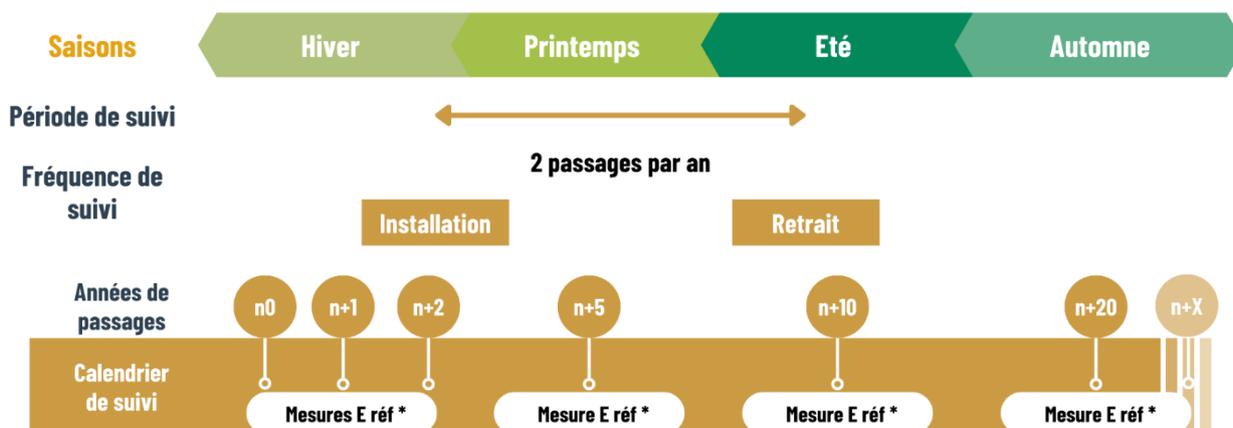
REPONDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Evaluer la présence d'une activité de dégradation de la matière organique dans les sols

Sensibiliser

Milieu cible		Compétences requises		Méthode d'analyse des données
Tout milieu		Analyses statistiques		Pesée à la balance, tableur, logiciel de traitement statistique
Pour 20 sachets	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Préparation	Agent + matériel (< 5€)	1 h	1	Sachet de thé vert bio (<i>nature Lipton® EAN 8712423044005 si protocole participatif Tea Bag Index</i>) Balance (si possible de précision, idéalement 0,001 g), marqueur indélébile
Relevé de terrain	Agent	1 à 2 h (3 à 4 mois entre installation et retrait)	1	Sachets de thé pesés et étiquetés Bêche, rubalise / piquet / plaque métallique
Analyses	Agent	Demi-journée	1	Pinceau ou brosse souple Étuve ventilée (<i>pas obligatoire, 70°C</i>) Balance (de précision) Tableur ou logiciel de traitement statistique

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Suivi continu sur 3 ans

Passages réguliers

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



SOL

ACT-THE



Descripteur

Niveau 1
Débutant

Conditions d'observation : évitez un sol trop froid, trop chaud ou trop sec.

Privilégiez la période de mars-avril (à basse altitude, à partir de mai-juin en montagne) pour installer les sachets : dès le radoucissement des températures après de légères pluies. Le stade de floraison et le développement végétatif n'ont pas d'importance.

PROTOCOLE

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

PREPARATION

1 - Pesez les sachets à l'aide d'une balance de précision à 2 ou 3 chiffres*. Noter leur **masse initiale (mi)**.

2 - Notez le numéro de chaque sachet sur la **face blanche** de l'étiquette au marqueur indélébile, avec le code suivant : THE-Nom site (T=témoin, ...)-Date-Numéro sachet. Ex. : THE-LMS3(T)-2023-1.

TERRAIN

3 - Déposez chaque sachet dans l'horizon/le volume de sol que vous souhaitez étudier (en général à 8 ou 10 cm de profondeur).

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

Espacez les sachets de 15 cm l'un de l'autre, en veillant à ce que l'étiquette soit visible à la surface du sol.

4 - Répétez l'opération en enterrant au moins 3 sachets de thé vert par site si possible.

5 - Notez la date et les conditions de mise en terre (végétations, texture du sol, profondeur de sol, météo, ...). Repérez l'emplacement à l'aide de rubalise (cf. « Illustrations » ci-dessous), d'un piquet, d'une ficelle ou d'une plaque métallique (ou d'un GPS centimétrique). Faites un schéma de la disposition des sachets dans le sol, avec leurs poids correspondants.

6 - Retirez les sachets après les avoir laissés environ 90 jours. Ne pas tirer sur l'étiquette mais gratter le sol autour pour l'ameublir et ne pas risquer de casser le sachet. Notez la date de retrait.

ANALYSES

7 - Séchez le sachet pendant 48h à l'étuve à 70°C (maximum !), ou bien en le laissant au soleil ou sur un radiateur pendant 3 à 4 jours consécutifs.

8 - Nettoyez légèrement les sachets avec un pinceau ou une brosse souple (ne pas utiliser d'eau) si de la terre est encore dessus en surface. Si le sachet est trop sale, videz ce dernier et pesez uniquement le contenu intérieur.

9 - Une fois propres, pesez les sachets. Notez la **masse finale (mf)**. Si seulement l'intérieur du sachet a été pesé, rajoutez le poids d'un sachet sec et vide à la masse finale*.

*Si vous n'avez pas pesé les sachets, Keuskamp et al. (2013) donnent un poids moyen des sachets remplis de thé de 2,019 g et des sachets vides de 0,246 g donc un poids de thé par sachet de 1,773 g.

NB : le CBNA et le CBNPMP n'ont aucun partenariat avec la marque Lipton®. Ce thé est conseillé pour suivre le protocole international du Tea Bag Index dans lequel il est utilisé comme référence. Vous pouvez cependant tout à fait choisir une autre gamme de thé vert biologique.

Illustrations de la mise en place du protocole



B
Etiquettes
des
sachets
disposées
en surface



Crédits photographiques : Lucile VAHE (photo A, CBNA) – Guillaume TERPEREAU (photo B, CBNA)



SOL

ACT-THE



Descripteur

Niveau 1
Débutant



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Ajustez la profondeur d'enfouissement selon le milieu et les caractéristiques du substrat, de manière à positionner le sachet de thé au niveau de l'horizon organo-minéral. Un horizon organique sera généralement plus foncé, et constitué de terre fine.
Basez-vous sur le protocole du test bêche (SOL-PROFIL) pour identifier cet horizon.
- Si le sol est très compacté, l'installation du sachet va fortement perturber l'horizon en favorisant la bioturbation, ce qui va fausser les observations. Essayez donc le plus possible de seulement soulever le sol avec la bêche !
- × Vous pouvez analyser plusieurs horizons en choisissant de disposer des sachets dans plusieurs horizons distincts.
- × Afin de limiter les potentiels effets de bords, positionnez les sachets à au moins 2 mètres des bordures extérieures du site – si possible. Placez-les également à l'écart des zones perturbées (roulages d'engins, ...).
- × Si le sachet est troué, ne l'utilisez pas, cela fausserait l'expérience !
Dans le cas où le sachet a été colonisé par des racines, essayer de les retirer délicatement, quitte si besoin à ouvrir le sachet et à placer le thé dans un autre récipient dans lequel on le fera sécher. Il faudra ensuite peser le thé sec et le sachet ainsi vidé.
- × **Soyez bien vigilant.e sur le repère !** L'utilisation de rubalise pour encadrer la zone d'installation permet de rendre celle-ci bien visible.
Si vous utilisez un piquet, il doit être bien planté et la ficelle bien attachée (les deux sont nécessaires, au cas où l'un d'eux ne parte). Sur les sites où la végétation est particulièrement dense et haute, les sachets sont difficiles à retrouver.
Autres aides possibles : repérer l'emplacement des sachets de thé au GPS, faire un schéma de leur disposition, les repérer à l'aide d'une plaque métallique puis les rechercher avec un détecteur à métaux, les repérer à l'aide d'un piquet marqué à la bombe fluorescente sur le sommet (attention seulement si le site n'est pas fauché !). Dans la mesure du possible, ne fauchez pas le site avant d'avoir retiré les sachets pour ne pas risquer de les casser.

MISE EN FORME DES DONNEES ET ANALYSES

CET HORIZON EST-IL BIOLOGIQUEMENT ACTIF ?

→ Observez si le morceau d'étoffe (ou la litière végétale) dans le sachet a été dégradé ou non.

QUEL EST LE TAUX DE DECOMPOSITION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

→ **Taux de décomposition** (en $g.j^{-1}$) = $-(mf - mi \text{ (en g)}) / \text{nombre de jours}$ (entre installation et retrait)

→ **% de dégradation** = $100 - (mf \times 100 / mi)$

Vous obtenez ainsi un ordre de grandeur du taux de décomposition de la matière organique dans l'horizon étudié : un « faible » % de dégradation indique que la décomposition est lente, ce qui est souvent signe d'un rapport C/N élevé.

→ **ATTENTION** : ces résultats sont par conséquent à relier au type de milieu et de sol sur lequel vous travaillez !

Comparez les résultats avec ceux obtenus sur le site de référence (témoin non altéré) et le site témoin. Comparez tous ces résultats entre années.

→ Reliez les résultats obtenus aux résultats des autres protocoles de suivi des sols (profil de sol, analyses physico-chimiques, ...).



SOL

ACT-THE



Descripteur

Niveau 1
Débutant



Avertissements sur les analyses

- × 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.
- × **Si vous n'observez pas de dégradation, cela ne signifie pas forcément qu'il n'y a pas d'activité biologique** dans l'horizon étudié. Il est possible que les conditions de mesure n'aient pas été idéales (sécheresse, installation trop tardive) et ne permettent pas de conclure.
- × **Ce protocole ne donne pas une estimation du taux de matière organique du sol !** Il rend simplement compte de l'activité des organismes décomposeurs présents dans le volume de sol étudié. 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, analyses physico-chimiques, ... Mettez-les également en lien avec le contexte du site, ainsi que la végétation qui s'y développe.

Pour aller + loin

Autres protocoles :

Litter bag (SOL-ACT-LIT), Bait lamina + autres protocoles de suivi des sols. En particulier, SOL-PROFIL.

Ressources :

Tea Bag Index[®], (2016). *Stepwise protocol*. Disponible (en version française) sur : <http://www.teatime4science.org/method/stepwise-protocol/>
Pour déposer vos données et participer au programme participatif mondial, rendez-vous sur : <http://teatime4science.org/data/submit-one-data-point/>

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

Bibliographie :

MACDONALD E., BRUMMELL M.E., BIENIADA A., ELLIOTT J., ENGERING A., GAUTHIER T.-L., SARASWATI S., TOUCHETTE S., TURMEL-COURCHESNE L. & STRACK M., (2018). *Using the Tea Bag Index to characterize decomposition rates in restored peatlands*. Boreal Environment Research, Vol. 23, pp. 221 – 235. Disponible en ligne sur :

https://www.researchgate.net/publication/342957258_Using_the_Tea_Bag_Index_to_characterize_decomposition_rates_in_restored_peatlands

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Mesure de la décomposition de la matière organique des sols - sachets de thé : fiche descripteur*. RES/SOL. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 4 p.

LITTER BAG

Ce protocole vise à évaluer l'activité de décomposition de la matière organique par la mésofaune et son rôle dans le cycle du carbone, en plaçant un sac contenant une étoffe (ou de la litière végétale) dans l'horizon de sol à étudier.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

CET HORIZON EST-IL BIOLOGIQUEMENT ACTIF ?

QUEL EST LE TAUX DE DECOMPOSITION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



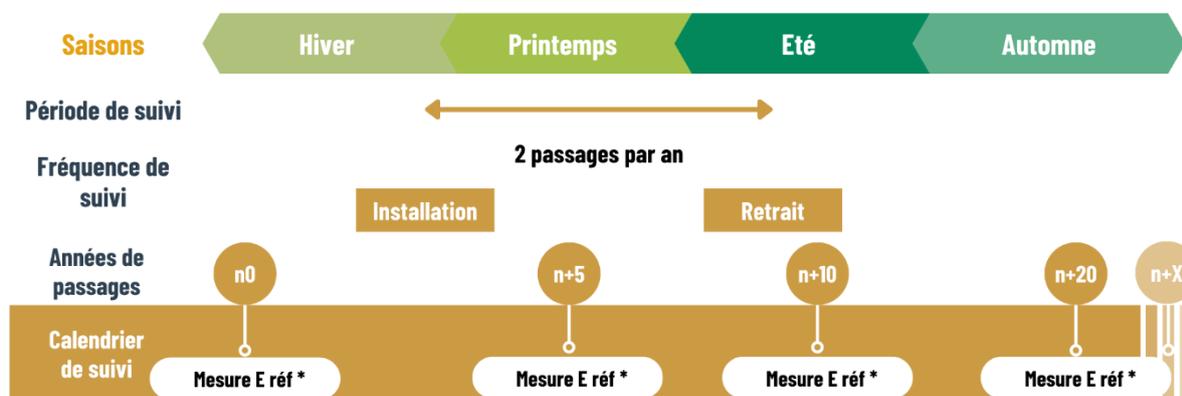
REPONDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Evaluer la présence d'une activité de dégradation de la matière organique dans les sols

Sensibiliser

Milieu cible	Compétences requises		Méthode d'analyse des données	
Tout milieu (à l'exclusion des sols trop secs)	Analyses statistiques		Pesée à la balance, tableur, logiciel de traitement statistique	
Pour 20 litter bags	Coûts	Durée estimée	Matériel requis	
Préparation	Agent + matériel (maille + étoffe < 5 €)	3 à 4 h	1	Maille en nylon (ex. gaine 2x2 ou 4x4 mm) Etoffe de coton bio non teintée ou paille végétale prélevée sur le site Bouteille plastique, pistolet à colle ou agrafes Marqueur indélébile, ciseaux, ficelle solide (agricole) Balance (si possible de précision, idéalement 0,001 g)
Relevé de terrain	Agent	1 à 2 h (3 à 4 mois entre installation et retrait)	1	Bêche Litter bags pesés et étiquetés Piquet / rubalise / plaque métallique
Analyses	Agent	Demi-journée	1 à 2	Balance (de précision), étuve (105°C), coupelle Pince, pinceau ou brosse à dent Tableur, 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

RES'SOL - Août 2023



SOL

ACT-LIT



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

Conditions d'observation

Évitez un sol trop froid, trop chaud ou trop sec.

Privilégiez la période de mars-avril (à basse altitude, à partir de mai-juin en montagne) pour installer les litter bags : dès le radoucissement des températures, après de légères pluies, lors de la reprise de la saison de végétation.

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 juin est peut-être plus appropriée, en fonction de l'altitude du site.

PROTOCOLE

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

PREPARATION (voir aussi la partie « Pour aller + loin - Ressources - Lien vers le Pecnot'Lab »)

1 - Munissez-vous de la matière organique à insérer dans le litter bag : découpez une étoffe de coton biologique non teinté d'environ 5x5 cm. Le tissu doit être assez fin.

(Option : vous pouvez également prélever de la paille végétale sur le site restauré -> voir l'encadré « Précautions »).

2 - Découpez une petite étiquette dans une bouteille plastique. Notez-y la référence et la **masse initiale (mi)** de l'étoffe au marqueur indélébile : Nom du site (modalité : T = témoin, ...)_Date_Numéro du litter bag, masse initiale (ex. LMS7-T_2022_1, 0.3g).

3 - Découpez 2 carrés de maille en nylon, d'environ 13x13 cm par exemple. Mettez l'étoffe et l'étiquette au centre des carrés de maille en nylon, et reliez ces derniers avec le pistolet à colle ou les agrafes.

4 - Accrochez une ficelle solide (type agricole) à l'aide du pistolet à colle ou de l'agrafe. La ficelle doit faire au moins 50 cm.

TERRAIN

→ **Nombre de répétitions conseillé :** choisissez des zones homogènes (usage du sol et végétation), en évitant les bordures (placez-vous si possible à plus de 2 m des bords) et les zones perturbées (passage d'engins, ...). A titre d'exemple, nous avons installé au moins 5 litter bags sur des zones de 500 à 700 m².

5 - Creusez un trou dans le sol, au niveau de l'horizon que vous souhaitez analyser (par exemple le ou les volumes où vous observez des racines) de largeur légèrement supérieure à celle du litter bag. En général, les sachets sont déposés dans l'horizon organo-minéral, à 10 ou 15 cm de profondeur.

→ **Astuce :** soulevez un bloc de sol à l'aide d'une bêche, puis introduisez le sachet avant de retirer la bêche pour replacer le sol par-dessus.

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

6 - Déposez le litter bag horizontalement dans le trou creusé. Repérez l'emplacement du sachet à l'aide d'un piquet ou d'une tige surmontée d'une plaque métallique. Notez la date d'installation. Faites un schéma ou notez la disposition du litter bag sur le site, avec son poids correspondant.

7 - Après 3 à 4 mois, retirez le litter bag. Notez la date de retrait.

→ **Voir la fiche de relevé terrain**

→ **Renseignez la fiche diagnostic**

ANALYSES

8 - Si la pesée ne se fait pas directement, conservez le sachet dans un sac congélation à 4°C au réfrigérateur, pour arrêter la réaction de dégradation par les organismes du sol.

9 - Retirez les débris (sol, végétation) en surface du sachet nylon. Ouvrez le sachet, retirez l'étoffe en coton et placez-la dans une coupelle. L'étoffe sera sûrement réduite en lambeaux, veillez à bien tous les récupérer. Pour cela, aidez-vous d'une pince. Placez la coupelle à l'étuve (pour stopper l'activité biologique) et laissez-la sécher pendant 4h à 105°C. Sans étuve, laissez les sachets sécher à l'air libre quelques jours puis pesez-les rapidement.

10 - Nettoyez l'étoffe en enlevant les débris minéraux à l'aide d'un pinceau ou d'une brosse à dent. Attention de ne pas perdre de morceaux d'étoffe.

11 - Une fois propre, pesez le sachet à l'aide d'une balance (si possible de précision). Notez la **masse finale (mf)**.

RES'SOL - Août 2023

Illustrations de la mise en place du protocole



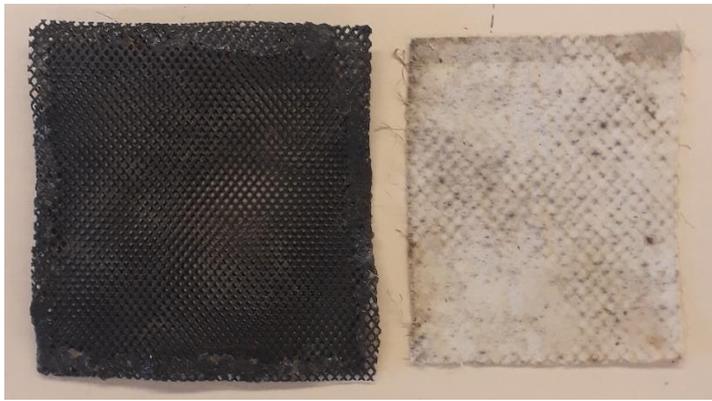
SOL

ACT-LIT



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire



A : maille en nylon et étoffe de coton biologique



B : enfoncez la bêche dans le sol, soulevez le bloc de sol, et glissez le litter bag horizontalement

Crédits photographiques : Guillaume TERPEREAU (photo A, CBNA) - Camille MULATERO (photo B, CBNPMP)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Si vous utilisez une étoffe, il est également possible d'utiliser et tester différentes matières naturelles (lin, chanvre) afin de les substituer au coton (à forte demande en eau et impact de production), de façon à limiter l'impact écologique du protocole.
- × Ajustez la profondeur d'enfouissement selon le milieu et les caractéristiques du substrat, de manière à positionner le litter bag au niveau de l'horizon organo-minéral. Un horizon organique sera généralement plus foncé, et constitué de terre fine. Basez-vous sur le protocole du test bêche (SOL-PROFIL) pour identifier cet horizon.
- ➔ Si le sol est très compacté, l'installation du sachet va fortement perturber l'horizon en favorisant la bioturbation, ce qui va fausser les observations. Essayez donc le plus possible de seulement soulever le sol avec la bêche !
- × Vous pouvez analyser plusieurs horizons.
- × **Soyez bien vigilant.e sur le repère !** Le piquet doit être bien planté et la ficelle bien attachée (les deux sont nécessaires, pour parer aux risques de casse et/ou perte). Sur les sites où la végétation est particulièrement dense et haute, les sachets sont difficiles à retrouver. Quelques aides possibles : repérer l'emplacement des litter bags au GPS, faire un schéma de leur disposition, les repérer à l'aide d'une plaque métallique puis les rechercher avec un détecteur à métaux, les repérer à l'aide d'un piquet marqué à la bombe fluorescente sur le sommet (attention seulement si le site n'est pas fauché !).
- × Afin d'éviter une potentielle dégradation par la faune visitant le site et qui pourrait gratter les sachets, vous pouvez placer une fine grille par-dessus le litter bag pour le protéger.
- × En choisissant de placer la litière végétale du site restauré dans votre litter bag, vous pourrez tester la capacité de la pédofaune à dégrader la matière végétale implantée sur le site restauré : de la paille, des feuilles, du foin, ... Cependant, faites attention dans ce cas à ce que la même matière soit utilisée entre chaque site, modalité et année ! De plus, veillez à ne pas compacter la litière dans le sac, ni à la broyer pour éviter qu'elle ne traverse les mailles du sac.

RES'SOL - Août 2023

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

CET HORIZON EST-IL BIOLOGIQUEMENT ACTIF ?

→ Observez si le morceau d'étoffe (ou la litière végétale) dans le sachet a été dégradé ou non.

QUEL EST LE TAUX DE DECOMPOSITION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS L'HORIZON DE SOL ETUDIE ?

→ **Taux de décomposition** (en $g.j^{-1}$) = $-(mf - mi \text{ (en g)}) / \text{nombre de jours}$ (entre installation et retrait)

→ **% de dégradation** = $100 - (mf \times 100 / mi)$

Vous obtenez ainsi un ordre de grandeur du taux de décomposition de la matière organique dans l'horizon étudié : un « faible » % de dégradation indique que la décomposition est lente, ce qui est souvent signe d'un rapport C/N élevé.

→ **ATTENTION** : ces résultats sont par conséquent à relier au type de milieu et de sol sur lequel vous travaillez !

Comparez les résultats avec ceux obtenus sur le site de référence (témoin non altéré) et le site témoin. Comparez tous ces résultats entre années.

→ Reliez les résultats obtenus aux résultats des autres protocoles de suivi des sols (profil de sol, analyses physico-chimiques, ...).



Avertissements sur les analyses

- × 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, d'où l'importance du site de référence dans l'interprétation.
- × **Si vous n'observez pas de dégradation, cela ne signifie pas forcément qu'il n'y a pas d'activité biologique** dans l'horizon étudié. Il est possible que les conditions de mesure n'aient pas été idéales (sécheresse, installation trop tardive) et ne permettent pas de conclure.
- × **Ce protocole ne donne pas une estimation du taux de matière organique du sol !** Il rend simplement compte de l'activité des organismes décomposeurs présents dans le volume de sol étudié.
- × 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, analyses physico-chimiques, ... Mettez-les également en lien avec le contexte du site, ainsi que la végétation qui s'y développe.
- × **Ce protocole est dépendant des conditions météorologiques** : soyez donc vigilant dans votre interprétation des résultats car ceux-ci peuvent être variables entre les années.

Pour aller + loin

Autres protocoles : Bait lamina + autres protocoles de suivi des sols

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

Lien vers le protocole du Pecnot'Lab (©Jacques THOMAS - SCOP SAGNE 2019 - 2023) : <https://rhizobiome.gitbook.io/les-tutoriels-du-pecnotlab/protocoles-et-observations/activite-biologique/litter-bag/degradation-des-litieres>

Licence Creative Commons CC BY-NC-ND 3.0 FR : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/deed.fr>

Bibliographie : Rhizobième (2022). Livret technique du Kit Sol-eau. 42 p.

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>

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Mesure de la décomposition de la matière organique des sols - litter bags* : fiche descripteur. RES'SOL. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 4 p.



SOL

INF



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

TEST BEERKAN – PERMEABILITE DU SOL

La mesure du taux d'infiltration de l'eau dans le sol renseigne sur sa capacité d'absorption des eaux de pluie – et donc sa résistance à l'érosion ou aux inondations – ainsi que sur sa capacité à fournir eau et nutriments aux racines des plantes.

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

L'HORIZON DE SOL ETUDIE EST-IL PERMEABLE ?

QUELLE EST SA CAPACITE D'INFILTRATION ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



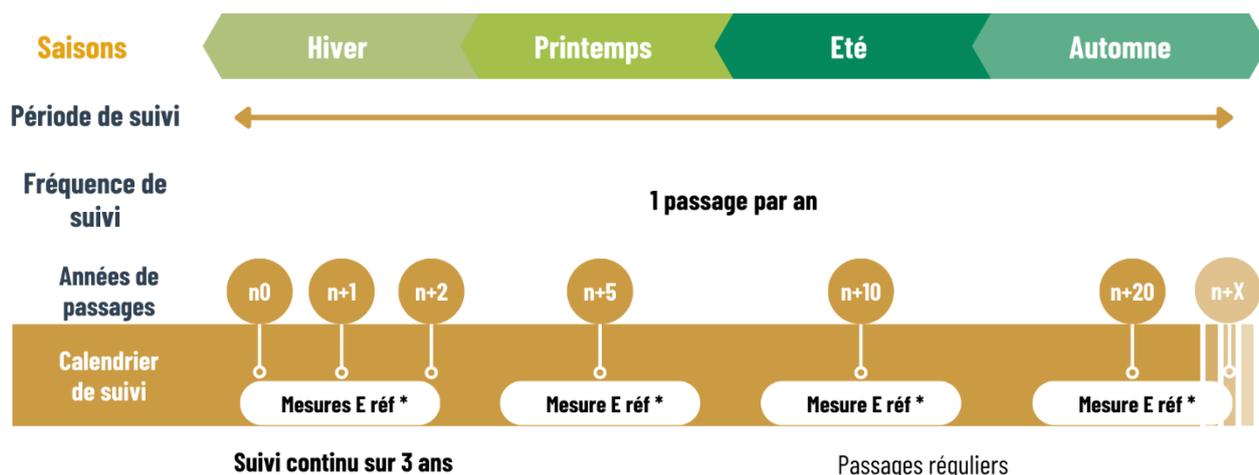
REPONDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Evaluer la perméabilité du sol

Evaluer les risques liés à l'érosion

Milieu cible	Compétences requises	Méthode d'analyse des données		
Tout milieu à l'exception des fortes pentes	Analyses statistiques	Tableur, logiciel de traitement statistique		
Pour 3 répétitions	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent	1 h	2 à +	Cylindre Beerkan (cylindre PVC de 30 cm de diamètre, 15 cm de haut) Masse, cale en bois (de 30 cm), couteau, ciseaux, tige métallique Chronomètre Bouteilles ou jerricans d'eau (6 L), 5 verres avec marque à 250 mL Voile ou feuille plastique percé, papier millimétré, crayon et gomme
Analyses	Agent	Demi-journée	1	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

Le sol doit être humide et ressuyé. Placez-vous impérativement sur une surface plane.

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

NB : le développement racinaire a de l'importance sur l'infiltration et donc les résultats observés, qui vont différer selon la saison.



SOL

INF



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

PROTOCOLE : test BEERKAN

Adapté de l'indicateur proposé dans Biofunctool® et le Kit Sol-eau® de Rhizobiôme

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

1 - Choisissez une zone plane pour les prélèvements. Vérifiez qu'il n'y a pas de galerie de rongeurs ou de vers de terre avec le piquet. → **Astuce** : placez-vous de préférence à proximité immédiate du profil de sol réalisé.

→ **Nombre de répétitions conseillé** : choisissez des zones homogènes (usage du sol et végétation), en évitant les bordures (placez-vous si possible à plus de 2 m des bords) et les zones perturbées (passage d'engins, ...). A titre d'exemple, nous préconisons de réaliser au moins 3 répétitions sur des zones de 500 à 700 m².

2 - Coupez la végétation à ras aux ciseaux et raclez les débris qui se trouvent en surface.

Munissez-vous du matériel, préparez le chronomètre, préparez les 5 verres remplis à 250 mL.

3 - Posez le cylindre au sol, installez la cale en bois dessus, puis enfoncez-le de 2 à 3 cm dans le sol en tapant avec la masse sur la cale. Ceci permet d'enfoncer le cylindre de manière homogène dans le sol. Contrôlez éventuellement avec un niveau pour vérifier que le cylindre est bien parallèle à la surface du sol une fois enfoncé.

4 - Placez le voile plastique percé au centre du cylindre, cela limitera l'effet « splash » et la déstructuration du sol. Versez un premier verre de 250 mL d'eau dessus, et notez le temps de ressuyage. Dès que le tout est absorbé, notez le temps et versez immédiatement à nouveau 250 mL d'eau.

5 - Renouvelez cette opération jusqu'à ce que le ressuyage ne se fasse plus (c'est-à-dire lorsque le temps d'attente dépasse les 5 minutes).

6 - Reportez les temps en abscisse (cumul du temps d'infiltration de l'eau en secondes), et les quantités en ordonnée (volume d'eau infiltrée en mL) afin de créer la courbe d'infiltration (voir la fiche de relevé).

7 - Une fois le protocole terminé, creusez une tranchée depuis la paroi du trou du profil de sol vers la zone du cylindre. Faites ainsi une coupe de terrain afin d'observer le profil d'infiltration de l'eau au sein des horizons étudiés. Faites un croquis ou prenez une photo.

→ Voir la fiche de relevé terrain

→ Renseignez la fiche diagnostic

Illustrations de la mise en place du protocole



A : enfoncez le cylindre à l'aide d'une masse **B** : remplissez les verres d'eau **C** : versez l'eau sur un voile plastique percé posé au fond du cylindre
Crédits photographiques : Camille MULATERO (photo A, CBNPMP) – Guillaume TERPEREAU (photos B et C, CBNA)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × La météo influence fortement les propriétés d'absorption du sol : il ne doit pas pleuvoir, ni faire sec depuis trop longtemps. Le sol ne doit pas être engorgé en eau. **Ce protocole est donc très dépendant des conditions météorologiques.**
- × Les galeries souterraines formées par les vers de terre et/ou les taupes et campagnols, par exemple, vont grandement augmenter la capacité d'infiltration. Si vous remarquez que l'eau passe anormalement vite dans le sol, il est possible que vous vous trouviez au-dessus d'une galerie. Il est préférable de choisir une autre zone d'étude.
- × Attention à **ne pas piétiner la zone d'étude**, cela pourrait tasser le sol.
- × La pente est problématique pour le test d'infiltration : **la zone d'étude doit être plane**, ce qui élimine certains sites tels que les talus, zones en montagne, etc. Pour avoir une idée de l'infiltration sur des sites pentus, vous pouvez faire un profil (à la bêche), verser de l'eau en amont et observer la part d'eau qui ruisselle de celle qui s'infiltré lorsque l'eau s'écoule au niveau du profil.



SOL INF



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

INTERPRETATION

Objectifs : répondre aux questions écologiques suivantes

L'HORIZON DE SOL ETUDIÉ EST-IL PERMEABLE ? QUELLE EST SA CAPACITÉ D'INFILTRATION ?

- ➔ Lecture de la courbe obtenue sur la fiche de relevé terrain (taux d'infiltration de l'eau dans le sol)
Plus la courbe a une forte pente, plus l'eau s'infiltre rapidement dans l'horizon étudié.
Si la courbe atteint un plateau, cela signifie que le sol devient saturé en eau. Un sol qui sature rapidement va laisser l'eau s'écouler en surface, ce qui accentue les risques d'érosion.
- ➔ Regardez si l'eau s'infiltre bien en profondeur en traversant chacun des horizons, ou bien si certaines couches sont imperméables, en observant la coupe réalisée au niveau du trou du profil de sol.
- ➔ En comparant les résultats avec ceux obtenus sur le site de référence et le(s) site(s) témoin(s), observez si la restauration par revégétalisation limite ou accentue l'infiltration de l'eau dans le sol. Faites le lien avec le suivi du recouvrement de la végétation pour estimer les phénomènes d'érosion hydriques associés.



Avertissements sur les analyses

- ✗ 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.
- ✗ Faites le lien avec le profil de sol étudié pour mieux comprendre et expliquer les vitesses d'infiltration de l'eau observées.
 - ➔ Voir pour cela la fiche SOL-PROFIL, ainsi que les suivis vers de terre ou mycorhizes.
 - ➔ Voir aussi les fiches VEG-REC pour lier ces résultats au taux de recouvrement du sol par la végétation.En effet, les racines des végétaux, ainsi que l'activité des organismes ingénieurs du sol tels que les vers de terre et les mycorhizes, jouent un rôle prépondérant en favorisant l'infiltration de l'eau dans les sols.
- ✗ Ainsi, l'infiltration de l'eau ne dépend pas que de la végétation, puisque la texture du sol a également une forte influence. Il est donc complexe voire biaisé de comparer des sites entre eux s'ils n'ont pas les mêmes caractéristiques pédologiques. Les comparaisons ne sont donc pertinentes et justes que d'année en année et/ou par modalités sur un même site.

Pour aller + loin

Autres protocoles : profil de sol (SOL-PROFIL) et autres protocoles sol, protocoles de suivi du recouvrement de végétation (VEG-REC)

Ressources : projet SolAB (www.itab.asso.fr/programmes/solab.php)

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

Lien vers le protocole du Pecnot'Lab (© Jacques THOMAS - SCOP SAGNE 2019 - 2023) : <https://rhizobiome.gitbook.io/les-tutoriels-du-pecnotlab/protocoles-et-observations/maintenance-de-la-structure/mesure-de-linfiltration/infiltrometre-beerkan-simplifie>

Bibliographie : AKARI SOUMAILA K. (1976). *Comparaison de méthodes d'estimation de la vitesse de filtration de l'eau dans le sol et influence du taux de matière organique*. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Centre d'Adiopodoume, Laboratoire agronomique. Abidjan, Côte d'Ivoire.

BABACAR N. (2000). *Etude expérimentale des propriétés hydrodynamiques des sols cultivés par la méthode de Wind*. Grenoble, France.

BRAUMAN A., THOUHAZE A. (2020). *Biofunctool® : un outil de terrain pour évaluer la santé des sols*. Etude et Gestion des Sols, Vol. 27 (1), Fonctions des sols et services écosystémiques, pp. 289-303

KANZARI et al. (2016). *Estimation des paramètres hydrodynamiques des sols par la méthode Beerkan*. Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, IABC Vol. 18, pp. 1328-1335.

RAKOTONDRAZAFY N., BRAUMAN A., THOUHAZE A. (2020). *Biofunctool®. Un set d'indicateurs pour évaluer la santé des sols*. CIRAD, IRD, 29 p.

Rhizobiome (2022). Livret technique du Kit Sol-eau. 42 p.

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Mesure de la perméabilité du sol en restauration écologique - test Beerkan : fiche descripteur*. RES'SOL. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 3 p.



SOL

INF



Descripteur

Niveau 2
Intermédiaire

TEST BEERKAN – PERMEABILITE DU SOL

La mesure du taux d'infiltration de l'eau dans le sol renseigne sur sa capacité d'absorption des eaux de pluie – et donc sa résistance à l'érosion ou aux inondations – et sa capacité à fournir de l'eau et des nutriments aux racines des plantes.

Site :

Commune :

Coordonnées GPS : X (lat.) =

Y (long.) =

Observateurs (organisme) :

Pente (%) :

Exposition :

Historique du site :

Typologie d'habitat (EUNIS) :

Commentaires sur le sol :

Météo le jour du prélèvement :

Météo lors des jours ou semaines précédant les relevés	Durée de l'épisode météorologique antérieur	Intensité de l'épisode météorologique	Compléments (ex. canicule, ...)
Temps ensoleillé <input type="checkbox"/> Temps nuageux <input type="checkbox"/> Pluie <input type="checkbox"/>	Court (1 jour) <input type="checkbox"/> Moyen (< 3 jours) <input type="checkbox"/> Long à très long (< 1 semaine à +) <input type="checkbox"/>	Faible <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Extrême <input type="checkbox"/>	

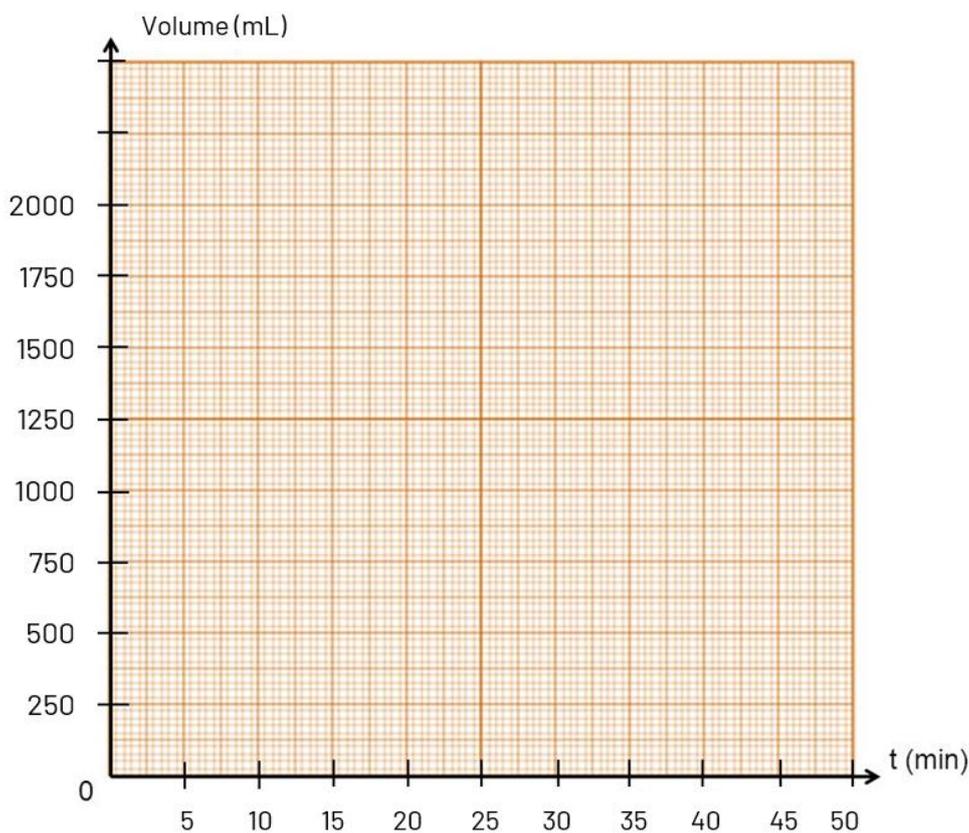
Schéma / description de la disposition des prélèvements sur le site restauré :

RES'SOL – Août 2023

Financé par



Identifiant répétition :		Identifiant répétition :		Identifiant répétition :	
Volume d'eau versé (mL)	Temps écoulé (s)	Volume d'eau versé (mL)	Temps écoulé (s)	Volume d'eau versé (mL)	Temps écoulé (s)
250		250		250	
500		500		500	
750		750		750	
1000		1000		1000	
1250		1250		1250	
1500		1500		1500	
1750		1750		1750	



Remarques générales (labour précoce, passage d'engins, ...):

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Mesure de la perméabilité du sol en restauration écologique - test Beerkan : fiche de relevé terrain. RES'SOL.* Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 2 p.

POLLINISATEURS



LISTE DES INDICATEURS

Outil pédagogique :
Observation des pollinisateurs
POL

Pour aller plus loin (outils de suivi) :

Protocole participatif SPIPOLL

Protocole PROPAGE

Protocole STERF
Protocole Syrph the Net

OBSERVATION DES POLLINISATEURS

Le « service » de pollinisation rendu par les insectes est indispensable au bon fonctionnement des écosystèmes. Ce protocole permet d'appréhender la diversité des ordres de pollinisateurs et leur lien avec les cortèges floristiques.



POL



Descripteur

Niveau 1
Débutant

QUESTIONS ECOLOGIQUES :

QUELS SONT LES GROUPES DE POLLINISATEURS PRESENTS SUR LE SITE RESTAURE ?

QUELLE EST L'INTERACTION DES GROUPES DE POLLINISATEURS AVEC LA VEGETATION DU SITE RESTAURE ?

NIVEAU DE DIFFICULTE :



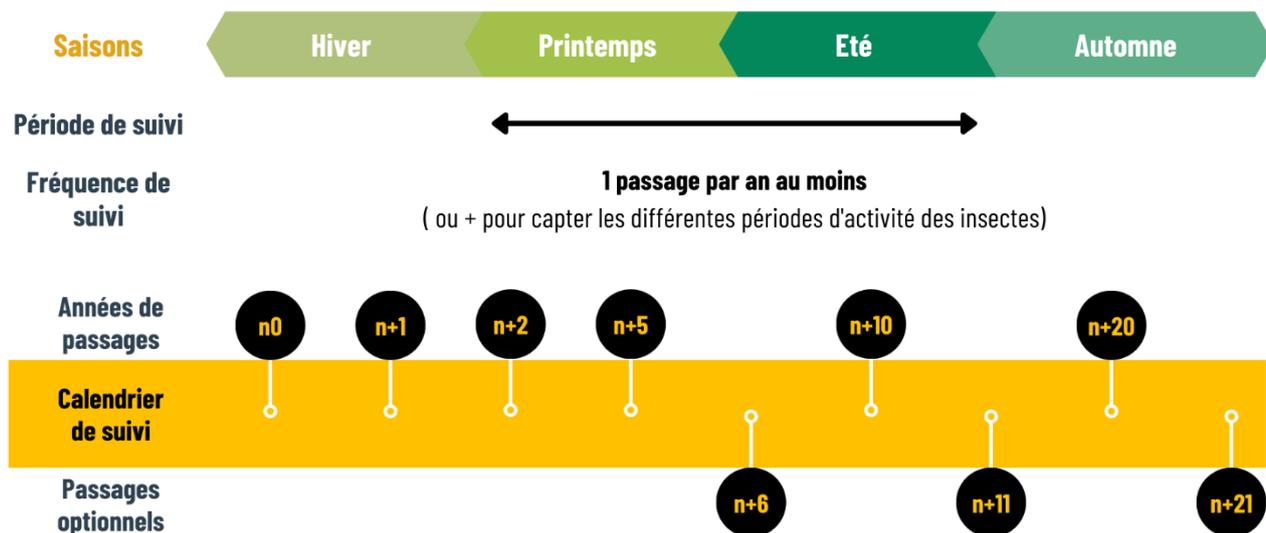
REPONDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Détecter - identifier les insectes pollinisateurs et leurs plantes hôtes

Sensibiliser

Milieu cible	Compétences requises			Méthode d'analyse des données
Milieu ouvert herbacé	Reconnaître 3 à 5 espèces végétales Savoir distinguer les ordres d'insectes (Coléoptères, Diptères, Hémiptères, Hyménoptères, Lépidoptères)			Tableur
Pour 1 plante	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Relevé de terrain	Agent	10 à 20 min	1 à +	- (en option : appareil photo/smartphone)
Analyses	Agent	30 min	1	- (Tableur)

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Conditions d'observation : les conditions climatiques rencontrées sont déterminantes, car elles influent sur l'activité des pollinisateurs.

Temps ensoleillé	Absence de pluie	Couverture nuageuse < 75%	Vent	Température
			< 30 km/h (petites branches pliées) < 50 km/h en région venteuse (vent audible)	13°C ≤ T < 28°C si le temps est ensoleillé 17°C ≤ T < 28°C si le temps est nuageux (10 à 50% de nuages)



POL



Descripteur

**Niveau 1
Débutant**

PROTOCOLE

1 - Sur la zone d'étude, identifiez 3 à 5 espèces végétales parmi les plus abondantes.

2 - Placez-vous face à une zone comprenant l'une de ces espèces végétales.

3 - Observez la zone pendant 10 à 20 minutes - sans vous déplacer - en comptant tous les individus venant se poser sur les fleurs de l'espèce ciblée.

4 - Notez le nombre d'individus observés par ordres d'insectes (Coléoptères, Diptères, Hémiptères, Hyménoptères, Lépidoptères) sur la fiche de relevé*.

5 - Répétez l'opération en choisissant une autre espèce végétale que vous observerez à nouveau pendant 10 à 20 minutes. Si possible, répétez ainsi l'opération sur un total de 3 à 5 plantes, en vous basant sur les espèces végétales les plus abondantes que vous avez identifiées.

**Vous pouvez vous baser sur les morphotypes présentés dans la fiche Aide_POL pour différencier les groupes de pollinisateurs, ainsi que sur le site SPIPOLL notamment (cf. encadré « Pour aller + loin »).*

→ **Voir la fiche de relevé terrain**

→ **Renseignez la fiche diagnostic**

→ Si vous souhaitez réaliser un véritable suivi, reportez-vous à la section « Pour aller + loin » où sont listés des indicateurs scientifiquement interprétables.

→ **Observez les alentours du site** : y a-t-il des espaces naturels ou semi-naturels (prairies, forêts), des espaces artificialisés ? Cela aura une forte influence sur les cortèges de pollinisateurs observés ! Voir la partie « Interprétation - Bonus ».

Illustrations d'observations possibles



Abeille domestique (Hyménoptère) sur une fleur d'Anthémis



Papillon (Lépidoptère) sur une fleur de Centaurée (*Centaurea scabiosa*)

Crédits photographiques : Guillaume TERPEREAU (CBNA)



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Plus vous observerez un grand nombre d'espèces végétales, plus la valeur pédagogique du protocole sera importante ! En effet, vos observations seront plus représentatives de la présence réelle des pollinisateurs sur votre site.
- × Pour vous aider dans l'identification des espèces végétales, vous pouvez utiliser des flores, sites en lignes et applications comme Pl@ntNet : <https://identify.plantnet.org/fr>.
- × Choisissez si possible des espèces végétales de couleurs, formes et familles différentes : Apiacées, Astéracées, Lamiacées, ...
- × Si vous pensez être capable de différencier les bourdons des autres abeilles sauvages, les syrphes etc, vous pouvez aller plus loin en comptant le nombre d'individus pour chacun de ces groupes. Prenez-les en photo, vous pourrez alors prendre part au protocole SPIPOLL (cf. encadré « Pour aller + loin »).
- × Pour les protocoles de niveaux supérieurs (cf. encadré « Pour aller + loin »), essayez - dans la mesure du possible - de réaliser les observations au même moment sur le site restauré et les sites témoins (site de référence ou témoin non altéré, témoin altéré), en mobilisant plusieurs personnes. Vous réduirez ainsi les biais en cas de comparaisons.



POL



Descripteur

**Niveau 1
Débutant**

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

QUELS SONT LES GROUPES DE POLLINISATEURS PRESENTS SUR LE SITE RESTAURE ?

→ **Nombre d'insectes par groupes**

→ Plus vous observez d'insectes, dans des groupes variés, mieux c'est.

Si vous n'observez aucun insecte, c'est bizarre ! Soit les conditions météorologiques sont inadaptées, soit le site n'est pas du tout accueillant pour les pollinisateurs.

La présence des insectes est en effet déterminée par l'attractivité du site pour les pollinisateurs, en lien notamment avec les autres composantes de l'écosystème :

- végétation locale (!), abondante, diversifiée (strate herbacée, arborée, ...) et à période de floraison étalée dans le temps ;
- présence de fragments de sol à nu ou de bois mort pour la nidification des insectes terricoles ou cavicoles ;
- insertion dans le paysage environnant et connectivité avec les écosystèmes voisins.

→ **BONUS : LE SITE RESTAURE EST-IL BIEN ATTRACTIF POUR LES POLLINISATEURS ?**

Evaluez l'attractivité de votre site restauré en vous référant au guide pratique Diag'pollinisateurs d'Arthropologia. Cet outil diagnostic est disponible en téléchargement ci-dessous ou sur le site d'Arthropologia dans la rubrique « L'Association -> Ressources » :

https://www.arthropologia.org/user/pages/02.association/05.ressources/08.diag-pollinisateurs-espaces-verts/Diag_Pollinisateurs_EV.pdf

Il est plutôt adapté à de petits espaces artificialisés et fragmentés comme les espaces verts en milieu urbain. Vous pouvez cependant plus largement l'appliquer à tout type de milieu pour connaître les composantes essentielles à évaluer.

QUELLE EST L'INTERACTION DES GROUPES DE POLLINISATEURS AVEC LA VEGETATION DU SITE RESTAURE ?

→ **Nombre d'insectes par groupe par espèce végétale**

Vous remarquerez ainsi que tous les groupes de pollinisateurs n'ont pas la même attirance pour chaque espèce végétale : selon la couleur des fleurs, leur forme, leur taille, ...



Avertissements sur les analyses

× **Attention : ce protocole ne constitue pas un indicateur !**

Il ne s'agit pas d'un véritable suivi mais d'un outil pédagogique. Les résultats sont donc des observations de la présence des pollinisateurs sur les sites étudiés, ils sont à interpréter avec précaution. Il ne faut en aucun cas réaliser des analyses ou comparaisons quantitatives sur ces données.

× De nombreux paramètres influencent le cortège de pollinisateurs présents : attractivité du site, connexion avec les écosystèmes environnants, conditions climatiques, ... ou la couleur de vos propres vêtements !

× Si vous souhaitez pouvoir effectuer de véritables analyses avec comparaison, vous devez vous diriger vers des protocoles plus rigoureux : suivi le long de transect linéaire, avec capture au filet ou fauchage, identification à l'espèce, 5 à 10 répétitions et au moins 3 passages à différentes saisons.

→ Voir « Pour aller + loin ».

× En milieu urbain en particulier, la revégétalisation d'un site au sein d'un espace fortement artificialisé peut concentrer les populations d'insectes sur ce site « favorable », et donner une fausse impression de réussite.

Pensez-donc bien à évaluer l'attractivité du site pour les pollinisateurs (→ voir « BONUS » dans la partie Interprétation).



POL



Descripteur

Niveau 1
Débutant

ET UN HOTEL A INSECTES ALORS ?

Attention : la mise en place d'hôtels ou nichoirs à insectes est intéressante d'un point de vue pédagogique. Cependant, il ne s'agit pas d'une action favorable à la biodiversité : si vous cherchez à recréer des habitats pour accueillir les pollinisateurs – en particulier sauvages – c'est justement par la restauration d'un écosystème fonctionnel et de sa végétation que vous devez agir !

Les hôtels à insectes favorisent surtout des espèces opportunistes. De plus, ils favorisent la transmission de parasites entre insectes en créant une proximité non naturelle entre les pollinisateurs.

Pour plus d'informations, vous pouvez consulter la page suivante :

<https://www.arthropologia.org/expertise/pollinisateurs/amenager-pour-les-pollinisateurs#>

Pour aller + loin

Autres protocoles :

Niveau 2 (intermédiaire) : vous pouvez réaliser le **protocole participatif SPIPOLL** complet en photographiant les insectes observés. Rendez-vous sur le site dédié : <https://www.spipoll.org/>. La clé en ligne vous permettra d'identifier les insectes jusqu'à l'espèce. Votre observation sera ensuite validée par la communauté des spipolliens.

Niveau 3 (confirmé) : pour réaliser un véritable inventaire ou suivi des papillons de jour, vous pouvez vous référer au **protocole PROPAGE** (<https://www.vigienature.fr/fr/propage> & <https://www.suivis-espaces-verts.fr/le-programme-propage>). Conçu pour les gestionnaires d'espaces verts, il nécessite un petit temps de formation pour apprendre à reconnaître la liste des 38 espèces proposées, mais il est ensuite facilement mobilisable.

Niveau 4 (expert) : pour les naturalistes et entomologistes confirmés, vous pouvez appliquer le **protocole STERF** pour les papillons de jour (<https://www.vigienature.fr/fr/suivi-temporel-des-rhopaloceres-de-france-sterf> & <https://sterf.mnhn.fr/>).

Enfin, pour les Syrphidae, le **protocole Syrph the Net** est très richement détaillé dans le cahier n°8 des Réserves Naturelles de France (<https://reserves-naturelles.org/publications/cahier-ndeg8-guide-technique-de-mise-en-oeuvre-d-une-etude-syrph-the-net-retours-d>). Il s'agit à ce jour du seul protocole constituant un bon bioindicateur du fait des exigences écologiques de certaines espèces de syrphes.

Ressources :

Cerema. *Adapter la gestion des bords de route pour préserver les insectes pollinisateurs sauvages*. Bron : Cerema, 2021. (Collection : Références). ISBN : 978-2-37180-520-0 (pdf) → bords de routes

ARTHROPOLOGIA, (2020). *Guide pratique Diag' pollinisateurs espaces verts, Évaluer pour adapter sa gestion et ses aménagements*. 36 p. → espaces verts en milieux urbains, périurbains et ruraux (il peut être plus largement appliqué sur tout type de milieu)

Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, (2017). *Guide pour des paysages propices aux pollinisateurs*. 2p.

Retrouvez tous ces documents en téléchargement sur le site d'Arthropologia : <https://www.arthropologia.org/>

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

Bibliographie :

Muséum National d'Histoire Naturelle. *Sciences participatives Espaces Verts, Fiche terrain Propage* [en ligne]. Consultée le 20/03/2023. Disponible sur : <https://www.suivis-espaces-verts.fr/les-ressources-propage>

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

AIDE A LA MISE EN PLACE DU PROTOCOLE POLLINISATEURS

QUELLES ESPECES VEGETALES CHOISIR SUR MA ZONE ?

Tous les insectes ne se nourrissent pas sur les mêmes espèces végétales : selon leur régime alimentaire, ils visitent des fleurs de familles, formes et couleurs différentes. Afin d'avoir une bonne idée de la diversité des pollinisateurs présents sur le site étudié, il est donc indispensable d'observer des espèces de fleurs variées.

POURQUOI LES POLLINISATEURS SONT-ILS SI IMPORTANTS ET POURQUOI S'Y INTERESSER ?

Les pollinisateurs sont indispensables à la pollinisation des fleurs sauvages. Parmi eux, on trouve de très nombreux insectes, qui subissent un déclin prononcé de leurs populations depuis quelques dizaines d'années, menaçant le fonctionnement global des écosystèmes.

COMMENT DIFFERENCIER LES GROUPES D'INSECTES ?

Vous trouverez quelques illustrations et descriptions des principaux groupes d'insectes pollinisateurs que vous êtes susceptibles de rencontrer sur le terrain en consultant les différentes ressources et la bibliographie.

Ressources

Les sites d'Arthropologia (<https://www.arthropologia.org/>) et de Pollinis (<https://www.pollinis.org/>).

SPIPOLL [en ligne]. [Consulté le 16/02/2023]. Disponible sur : <https://www.spipoll.org/>

Mouret, H., Provendier, D., Malaval, S., Millet, J., (2022). *Face au déclin des pollinisateurs sauvages, des clés pour agir localement*. Biodiversité, des clés pour agir n°1, 52 p., pp. 40-42.

Disponible en ligne sur : <https://www.ofb.gouv.fr/actualites/enrayer-le-declin-des-pollinisateurs>

Pollinis. *Plantes et pollinisateurs, une histoire d'amour et de dépendance millénaire* [en ligne]. [Consulté le 16/02/2023].

Disponible sur : <https://www.pollinis.org/publications/plantes-et-pollinisateurs-une-histoire-damour-et-de-dependance-millenaire/>

Quel Est cet Animal – La galerie [en ligne]. [Consulté le 16/02/2023].

Disponible sur : <https://quelestcetanimal-lagalerie.com/> avec notamment une liste générale de clés de détermination : <https://quelestcetanimal-lagalerie.com/liste-des-cles-de-determination/>

Sur les Diptères en particulier :

Sommaggio, Daniele, (2016). *Hoverflies (Diptera, Syrphidae): general characteristics. Training program in Entomology (Diptera, Syrphidae)*.

Vanappelghem, Cédric et al. *Guide technique de mise en œuvre d'une étude Syrph the Net. Retours d'expérience de l'Atelier du groupe inter-réseaux Syrphes*. Dijon : Réserves Naturelles de France, 2020. 124 p. (Cahier RNF ; n°8).

ISBN : 978-2-490598-01-04

Syrph the Net (StN Interactive, logiciel à télécharger)

What is a Syrphidae? [en ligne]. [Consulté le 16/02/2023].

Disponible sur : <https://www.syrphidae.com/whatisasyrphidae.php>

PAYSAGE



LISTE DES INDICATEURS

Outil pédagogique et de communication :

Suivi photo au niveau d'un repère fixe

PAY - Protocole 1

Observatoire photographique du paysage avec comparateur temporel

PAY - Protocole 2

Option : suivi par vue aérienne via drone ou images satellites

SUIVI PAYSAGER

Ce protocole sert à évaluer visuellement l'insertion du site restauré au sein du paysage.

QUESTION ECOLOGIQUE :

COMMENT EVOLUE LE PAYSAGE RESTAURE AU COURS DU TEMPS ?

NIVEAUX DE DIFFICULTE :



Plusieurs protocoles existent selon vos moyens et la taille du site restauré. Leur niveau de difficulté est adapté.

REPENDRE AUX OBJECTIFS SUIVANTS :

Evaluer l'insertion du site restauré dans le paysage environnant

Communiquer et sensibiliser sur la restauration

PAY

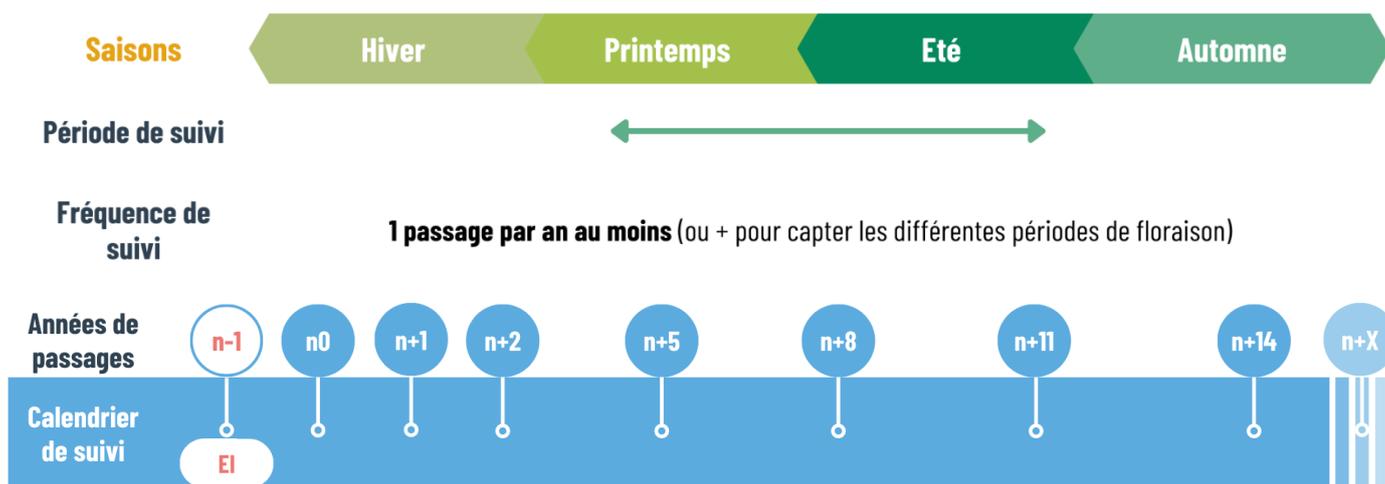


Descripteur

Niveau 1
Débutant
ou
Niveau 3
Confirmé

Milieu cible	Compétences requises		Méthode d'analyse des données	
Tout milieu	Savoir utiliser un appareil photographique et le régler		Comparaison de photos	
Pour 1 prise de vue	Coûts	Durée estimée	Nombre de personnes	Matériel requis
Prise de vue terrain	Agent + matériel	10 à 20 min	1 à +	Appareil photo/smartphone, carte (niv. 1) Appareil photo, trépied, GPS (niv. 3)
Analyses	Agent (niv. 1) Agent + prestation si option (niv. 3)	10 min	1	- (si option : GeoPaysages, logiciel de traitement statistique)

TABLEAU INDICATIF DES RYTHMES DE PASSAGE SUR SITE



Faire un **état initial** sur le site à restaurer **avant dégradation** (si possible)

Prendre une photographie du site tous les 2 à 3 ans

Conditions d'observation : selon les buts de la restauration et les conditions météorologiques.

La date de prise de vue peut fluctuer légèrement d'année en année, si possible de quelques jours maximum. Veillez à prendre les photographies à la même tranche horaire pour conserver une exposition similaire. Gardez le même point de vue, la même orientation et le même angle de prise de vue.

RES'SOL - Août 2023



PAY



Descripteur

Niveau 1
Débutant
ou
Niveau 3
Confirmé

PROTOCOLES

- Sélectionnez le niveau selon la dimension de votre site restauré et vos équipements (voir la partie « Interprétation - Option » et « Interprétation - Bonus »)
- Renseignez la fiche diagnostic

PROTOCOLE 1 : suivi photo au niveau d'un repère fixe

Niveau de difficulté estimé : niveau 1 - Débutant

1

2

3

4

- 1 - Placez-vous au niveau d'un repère pérenne (ex. arbre) qui sera conservé d'année en année. Repérez la position GPS.
- 2 - Cadrez la photographie afin d'avoir une vue d'ensemble sur le site restauré. N'hésitez pas à vous éloigner légèrement pour gagner en profondeur de champ.
- 3 - Prenez une photographie de la zone restaurée. Enregistrez-la sous un nom précis : exemple *Site_Date_N°photo_Observateur* soit pour l'exemple ci-dessous *LMS7_20220608_1_GT*.
- 4 - Notez les informations suivantes sur la fiche de relevé terrain : lieu, date, heure, observateur, remarques éventuelles.
- 5 - Répétez l'opération les années suivantes, en reprenant la photo au même emplacement, avec un cadrage identique et à la même tranche horaire afin de conserver une luminosité comparable.

→ Voir la fiche de relevé terrain

Illustrations de la mise en place du protocole

A



B



Photographies du site LMS 7 prise le 29/10/2021 à 9h50 (A, année n0) et le 31/05/2023 à 12h34 (B, année n+2)

Crédits photographiques : Lucile VAHE (photo A, CBNA) - Guillaume TERPEREAU (photo B, CBNA)

PROTOCOLE 2 : observatoire photographique du paysage avec comparateur temporel

Niveau de difficulté estimé : niveau 3 - Confirmé

1

2

3

4

- 1 - Placez-vous au niveau d'un point vous permettant d'avoir une vue d'ensemble du site. N'hésitez pas à vous éloigner légèrement pour gagner en profondeur de champ. Repérez la position GPS du point, elle sera conservée d'année en année.
- 2 - Prenez la photographie du site restauré.
- 3 - Enregistrez la photographie : *Site_Date_N°photo_Observateur*. Notez les réglages précis avec lesquels vous prenez la photographie (focale, ouverture, vitesse, ISO, niveau de zoom, hauteur de l'appareil, ...).
- 4 - Notez les informations suivantes : coordonnées GPS, lieu, date, heure, observateur, remarques éventuelles.
- 5 - Complétez par une description de la zone photographiée (éléments paysagers naturels et anthropiques, ...). Ajoutez éventuellement une carte ou un croquis précisant l'angle de vue.
- 6 - Répétez l'opération les années suivantes, en reprenant la photo au même emplacement, avec un cadrage identique et à la même tranche horaire afin de conserver une luminosité comparable. Reprenez les réglages de l'appareil à l'identique.

→ Voir la fiche de relevé terrain

RESSOL - Août 2023



PAY



Descripteur

Niveau 1
Débutant
ou
Niveau 3
Confirmé



Précautions quant à la mise en place du protocole

- × Si possible, prenez une photographie du site en amont de la restauration : il s'agit du témoin altéré.
- × Pour faciliter les comparaisons, prenez les photographies à la même période phénologique, pour avoir un ressenti similaire quant au développement de la végétation. Essayez de conserver la même heure pour l'exposition.
- × Vous pouvez prendre autant de photographies dans l'année que vous le souhaitez.
La période choisie dépend de vos buts. Quelques exemples :

Limiter l'érosion + conserver le manteau neigeux (station de ski)

1 en hiver (pour voir le maintien du manteau neigeux)
+ 1 en été (pour voir la couverture du sol)

Ramener de la biodiversité en ville + apporter un fleurissement durable

3 à 5 photographies entre avril et octobre (pour observer les différentes phases de floraison et la palette de couleurs végétales)

- × Le point d'observation choisi doit permettre d'avoir une vue d'ensemble du site à hauteur d'homme - c'est-à-dire sans vue aérienne. Conservez le même point de vue à chaque prise de photographie.



Astuce

Vous pouvez photographier votre installation pour faciliter le repositionnement de l'appareil les années suivantes.

INTERPRETATION

Objectif : répondre aux questions écologiques suivantes

COMMENT EVOLUE LE PAYSAGE RESTAURE AU COURS DU TEMPS ?

Comparez des photographies prises à deux dates séparées. Vous pouvez les superposer ou les juxtaposer.

Option : il existe un outil libre d'accès, **GeoPaysages** (développé par la société Natural Solutions). Sur un mode de fonctionnement similaire à GeoNature, vous pouvez installer vous-même cette application puis la gérer et l'administrer sur votre propre serveur à partir du code source (<https://github.com/PnX-SI/GeoPaysages>) ou bien faire appel à des sociétés en prestation pour l'hébergement du site, son administration et sa maintenance.

Vous pourrez stocker les photos et les informations rattachées pour l'ensemble de vos sites restaurés, ou vous associer à d'autres partenaires pour créer une plateforme multi-observatoires. Ceci peut vous permettre de sensibiliser et communiquer auprès du grand public sur les résultats visuels de la restauration.

Pour plus d'informations : <https://www.natural-solutions.eu/geopaysage>.

BONUS : QUELLE EST L'INSERTION DU SITE RESTAURE AU SEIN DU PAYSAGE ENVIRONNANT ?

Pour des sites de grande dimension, il peut être intéressant d'avoir une prise de vue aérienne. Pour cela, et selon vos moyens, vous pouvez utiliser :

- **1/ Un drone** - dans le respect des réglementations en vigueur pour le survol des sites - en suivant le même protocole que le niveau 3.
- **2/ Des orthophotographies satellites**, que vous pouvez obtenir notamment sur le site du pôle Theia* à des pas de temps journaliers (<https://theia.cnes.fr/atdistrib/rocket/#/home> ; il vous faudra créer un compte gratuit pour les télécharger) ou de l'IGN à des pas de temps annuels (<https://geoservices.ign.fr/services-web-experts-satellite>).

*Tapez le nom de la commune sur laquelle se situe le site restauré dans la barre de recherches, puis sélectionnez les images satellites « REFLECTANCE ». Choisissez un satellite selon la résolution et le pas de temps souhaités : Landsat (res. 30x30 m avec pas de 16 jours), Sentinel-2 (res. 10x10 m avec pas de 5 jours), MODIS (res. 250x250 m avec pas de 1 jour).

→ Via ces photographies aériennes, observez si la distinction entre la zone restaurée et le milieu attenant est toujours prononcée ou si elle a été effacée par les années.

RESSOL - Août 2023



Avertissements sur les analyses

× **Attention : ce protocole ne constitue pas un indicateur !**

Soyez vigilant ! Même si vous observez un verdissement du site qui s'intègre donc dans le paysage, évaluez la composition des communautés végétales afin de vérifier que ce sont bien les espèces cibles – qui constituent les cortèges du site de référence – qui colonisent le site (et non pas des envahissantes ou autres).

UNE BONNE INSERTION PAYSAGÈRE NE SIGNIFIE PAS REUSSITE ÉCOLOGIQUE DE LA RESTAURATION !!

- × Pensez que votre site ne pourra être intégré dans le paysage au sens écologique que s'il est connecté aux réservoirs de biodiversité par des corridors écologiques permettant le déplacement de la faune et la dispersion des semences sauvages.



PAY



Descripteur

Niveau 1
Débutant
ou
Niveau 3
Confirmé

Pour aller + loin

Analyses : vous pouvez réaliser des analyses à l'aide de logiciels de traitement statistique, comme par exemple des calculs d'indices de verdissement (NDVI), sur la base de vos photographies aériennes ou des orthophotographies satellites.

Continuités écologiques : afin d'évaluer l'insertion paysagère à une échelle plus large, et les connectivités écologiques existantes avec les réservoirs de biodiversité à proximité dans le cadre de la Trame Verte et Bleue, il existe différents outils. A titre d'exemple, vous pouvez utiliser des outils gratuits comme le plugin du logiciel de cartographie QGIS *BioDispersal* (https://github.com/MathieuChailloux/BioDispersal/blob/master/docs/drafts/README_fr.md) ou un outil de simulation, Simoïko, développé par la société TerrOïko (<https://www.simoiko.fr/index.php>).

Ressources :

Notre protocole est librement inspiré de l'Observatoire photographique du paysage (OPP), démarche nationale de suivi des évolutions paysagères initiée par le Ministère de l'Environnement en 1989. La méthodologie exacte de cet OPP est décrite dans le document cité en bibliographie. Sa vocation est d'« analyser les mécanismes et les facteurs de transformations des espaces ainsi que les rôles des différents acteurs qui en sont la cause de façon à orienter favorablement l'évolution du paysage ». L'application du protocole de l'OPP, ou de l'un de nos protocoles de suivis, peut ainsi vous permettre de participer à agrandir le réseau des observatoires photographiques du paysage en France.

Lien vers la carte interactive des Observatoires Photographiques du Paysage : <https://objectif-paysages.developpement-durable.gouv.fr/carte-interactive-1>

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

Bibliographie :

CASTAING J., MONOD K., NOREVE V., 2022. *Renaturer les sols, des solutions pour les territoires*. CDC Biodiversité & Office Français de la Biodiversité. Dossier de la MEB N°42, 60 p.

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 2008. *Itinéraires photographiques. Méthode de l'Observatoire photographique du paysage*. 74 p.

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

SUIVI PAYSAGER

Ce protocole sert à évaluer visuellement l'insertion du site restauré au sein du paysage.



PAY



Descripteur

Niveau 1 –
Débutant
ou
Niveau 3 –
Confirmé

Nom du site :

Commune :

Coordonnées GPS : X (lat.) =

Y (long.) =

Observateurs (organisme) :

Date :

Pente (%) :

Exposition :

Historique du site :

Typologie d'habitat (EUNIS) :

Couverture nuageuse

0%	< 10%	10 à 50 %	50 à 75%	> 75%
Ciel dégagé	Ciel voilé	Temps mitigé	Rares éclaircies	Temps couvert

Description succincte de la zone photographiée (activités anthropiques, éléments paysagers remarquables, ...) :

Croquis :

Remarques générales :

Citation recommandée : Terpereau G., Mulatero C., Vahé L., Delafoulhouze M., Huc S., 2023. *Suivi paysager en restauration écologique : fiche de relevé terrain. RES'SOL*. Conservatoire Botanique National Alpin & Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 1 p.



L'équipe RES'SOL du CBNA et du CBNPMP remercie :

- le Conseil Départemental de Haute-Garonne, la ville de La Motte-Servolex, l'association Jardins du Comminges, les CBNBL, CBNBP, CBNMC, CBNMed grâce à qui ce programme a été possible ;
- les entreprises Phytosem, Semence Nature, Millon Paysagiste et Dinger Environnement pour les travaux de restauration entrepris ;
- Bleuenn Adam et Rémi Chabert (Arthropologia), Laurent Rigou (ASUP), Jérôme Poulenard (EDYTEM), Magalie Daco et Lilya Dif (Natural Solutions), Renaud Jaunatre (INRAe) et le réseau des CBN pour leur temps consacré à la validation scientifique des fiches ;
- Anne Vivier et Johan Gourvil (OFB) pour leur accompagnement ;
- AdVini, Agrestis, l'Association Cetanella, BIOTEC, Biotope, Bordeaux Métropole, la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône, la Communauté de Communes Cap Sizun-Pointe du Raz, le Conseil Départemental de l'Isère, le Conseil Départemental de la Savoie, le CEN Occitanie, le CEN Savoie, la DDT de l'Isère, la DREAL Occitanie, Eco-Altitude, Ecosphère, Ecotone, EDF, EGIS, Enercoop, ENGIE Green, l'EPF Hauts-de-France, la Ferme du Phaux, la FNE Ain, Jura Nature Environnement, l'IMBE, l'INRAe, La Bot'a Marion, MDP Consulting, le Parc National des Cévennes, le Parc National des Ecrins, le Parc National du Mercantour, le PNR de Chartreuse, le PNR Comminges Barousse Pyrénées, le PNR des Pyrénées Catalanes, Réseau Biodiversité pour les Abeilles, le SIAEBVELG, la Société d'Aménagement de La Plagne, la Société des 3 Vallées, SNCF Réseau, le Syndicat de Gestion de l'Égyptoutier, TELT, Total Energies, l'UMS PatriNat du MNHN, l'Université de Brest, l'Université de Strasbourg, la Ville de Chambéry, VINCI - ASF, pour leur participation, leurs retours et les nombreux échanges qui ont permis la réussite de ce projet.

Pour envoyer vos commentaires ou suggestions d'améliorations, adressez-vous à :

Stéphanie HUC (CBNA, s.huc@cbn-alpin.fr), **Manuel DELAFOULHOUZE** (CBNPMP, manuel.delafoulhouze@cbnpmp.fr) ou **Camille MULATERO** (CBNPMP, camille.mulatero@cbnpmp.fr).

Citation recommandée : TERPEREAU G., MULATERO C., VAHE L., DELAFOULHOUZE M., HUC S. (2023). *Boîte à outils de suivi de la restauration écologique des milieux ouverts herbacés*. Conservatoire Botanique National Alpin, Gap, 105 p.



CONTACTS

SIEGE CBNA
Domaine de Charance
05000 Gap
04 92 53 56 82

cbna@cbn-alpin.fr
www.cbn-alpin.fr
Suivez-nous : @CBNAalpin

SIEGE CBNPMP
Vallon de Salut BP 70315
65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex
05 62 95 85 30

<http://cbnpmp.blogspot.com>
Suivez-nous : @CBNPMP

Avec le soutien financier de l'Union Européenne - Next Generation EU, de France Relance et de l'Office Français de la Biodiversité

Financé
par



GOVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité



Financé par
l'Union européenne
NextGenerationEU



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ