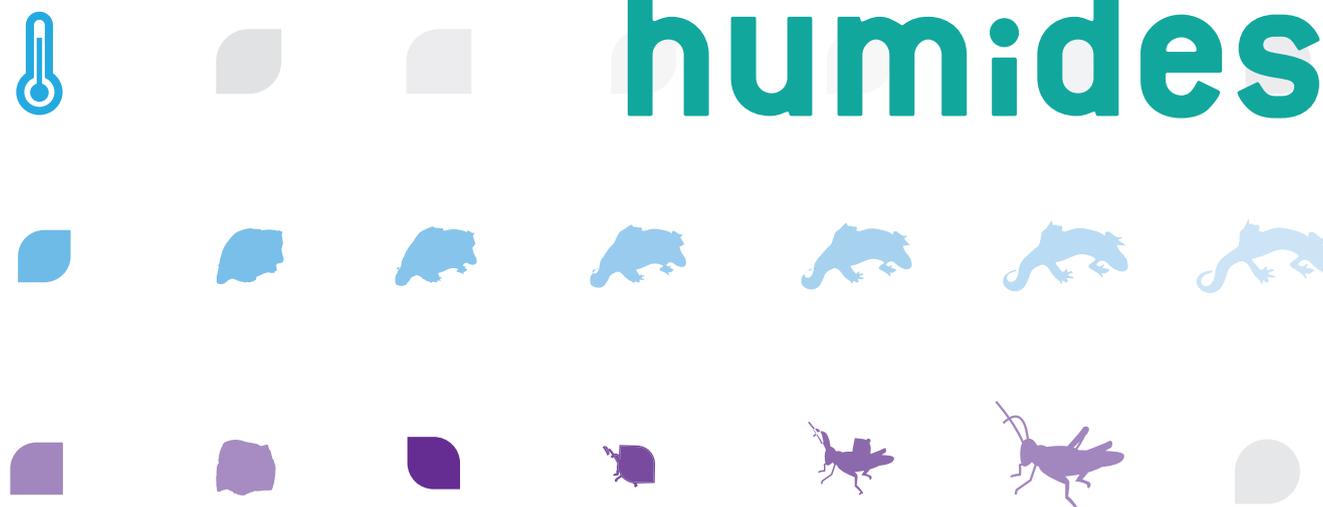


# la boîte à outils de suivi des milieux humides



Ligéro



# NIVEAU D'HUMIDITÉ DU SOL - PÉDOLOGIE



**Domaine d'application**  
toutes les zones humides

**Fonction / pression**  
hydrologique



**Compétences :**  
T / T / T

**Coût :**  
€ € / € €

## Description et principes de l'indicateur

L'indicateur définit un niveau d'humidité du sol de la zone humide, en attribuant aux sols une note basée sur le type, l'importance et la profondeur des traits d'hydromorphie observés sur chacun de leurs horizons. Les différents types de sols hy-

dromorphes sont définis par les critères de l'arrêté de délimitation des zones humides du 1<sup>er</sup> octobre 2009 (classes d'hydromorphie - GEPPA - Figure 1).

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021309378>



## FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR



Il ne faut pas confondre l'hydromorphie du sol et son engorgement en eau (BAIZE & JABIOL, 1995). En effet, il existe des situations pédologiques où il y a engorgement sans hydromorphie (eau très circulante, absence de fer disponible ou engorgement éphémère) ou hydromorphie sans engorgement (traces d'oxydation fossiles). Toutefois, ces situations, qui ne représentent pas le cas général mais qu'il faut avoir à l'esprit pour l'analyse de la valeur indicatrice, ne remettent pas en cause l'intérêt de la recherche des traits d'hydromorphie. Le processus de formation ou d'évolution des sols hydromorphes correspond à une situation de saturation en eau corrélée au fonctionnement de la zone humide.

Le caractère hydromorphe du sol se traduit par une accumulation de matières organiques et/ou par des phénomènes d'oxydo-réduction du fer (VIZIER, 2009). Les conditions d'anaérobiose empêchent l'oxydation (dégradation) de la matière organique qui s'accumule et forme un horizon organique plus ou moins développé à la surface du sol. Cet horizon organique surmonte des horizons minéraux où l'on peut observer des phénomènes de redistribution ou d'accumulation du fer. On distingue deux grandes catégories de sols de zones humides (AFES, 2009).

### Les sols organiques

L'hydromorphie est totale et permanente pour l'ensemble du profil du sol (bilan de l'eau excédentaire ou neutre). Ces sols organiques se rencontrent surtout dans les dépressions humides au dessus d'horizons minéraux peu filtrants (plancher argileux).

### Les histosols (H)

Selon l'épaisseur de matière organique accumulée, ils forment les zones humides para-tourbeuses (< 0,5 m d'épaisseur) et les tourbières (> à 0,5 m). Pour qu'un horizon soit considéré comme histique, son taux de matière organique doit dépasser 50%. Suivant leur niveau de décomposition (taille des fibres) et leur faciès (structure et texture), les horizons qui composent l'histosol peuvent être différenciés en horizons fibriques (Hf), mésiques (Hm), sapriques (Hs), mais également labourés (LH) ou asséchés (Ha).

### Les sols minéraux hydromorphes

Il s'agit de sols où l'eau est présente une partie de l'année, sans que les conditions de température ou de saturation en eau ne permettent la turfigénèse. En surface, ils sont souvent surmontés de dépôts de débris végétaux peu décomposés (feuilles, tiges, inflorescences...) qui forment un horizon organique de couleur noire (O). L'épaisseur de cet horizon dépend de l'importance du couvert végétal qui fournit la matière organique, de la durée de l'inondation ou de la saturation et des conditions climatiques. Les traits d'hydromorphie des sols fonctionnels débutent toujours à moins de 50 cm de la surface et se prolongent ou s'intensifient en profondeur. Suivant la fréquence de saturation en eau, on distingue :

### Les sols rédoxiques (g)

Ils sont le fruit de l'alternance des processus de réduction / mobilisation du fer pendant les périodes de saturation en eau et des processus d'oxydation / immobilisation du fer pendant les périodes de

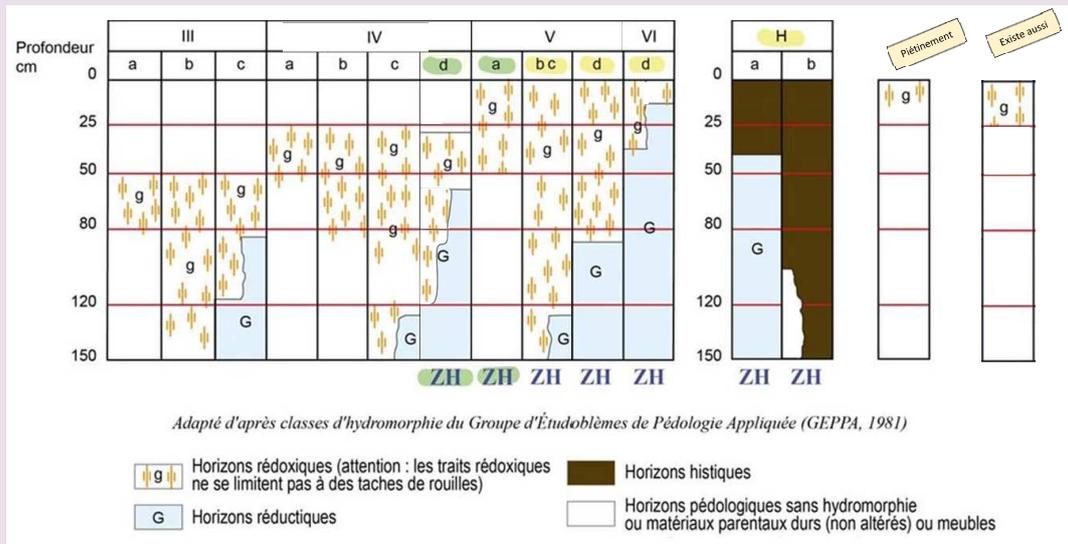
FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR (suite)

non-saturation. Ils correspondent donc à des périodes de saturation temporaire. Ils se caractérisent par la présence de taches de couleur rouille concentrant le fer oxydé (de 1 à plus de 15 mm occupant plus de 5 % de la surface de l'horizon) et de traînées claires appauvries en fer. Certains sols pauvres en fer ou acides, peuvent ne pas posséder, dans leur globalité ou sur un horizon donné, de traces de rouille d'oxydation et ne présenter qu'une coloration globale grise ou blanche. On appelle cet horizon g « albique ». Pour le cas des sols dénués de taches de rouille, ce sont les PODZOSOLS ou certains FLUVIOSOLS sableux fréquemment rencontrés sur le bassin de la Loire.

Les sols réductiques (G)

Les processus de réduction du fer dominant en raison de la saturation en eau désoxygénée permanente ou quasi-permanente du sol. La répartition du fer est plutôt homogène, ce qui se traduit par une couleur bleuâtre à verdâtre très uniforme (Gr). Si la saturation n'est pas permanente (Go), lors des périodes de dessèchement la ré-oxydation provoque l'apparition de taches de rouille qui disparaissent lorsque le sol est de nouveau saturé. En condition de sol acide (pH < 5), le fer du sol peut être solubilisé et exporté, occasionnant un horizon réductique décoloré (absence de nuance bleuâtre), autrefois nommés « gley blanc ».

Figure 1 - Classe d'hydromorphie des sols d'après GEPPA 1981 (adapté par Denis BAIZE et Christophe DUCOMMUN en 2015 puis revu par C. DUCOMMUN en 2017).



DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR

L'indicateur est applicable à tous les types de zones humides qui présentent les critères pédologiques de l'arrêté de délimitation de 2009. Ponctuellement, des relevés peuvent ne présenter aucun faciès hydromorphe dans la partie superficielle du sol (nappe profonde). Toutefois, la stratégie d'échantillonnage (BAIZE & JABIOL, 1995), qui vise à traduire le gradient d'hydromorphie de la zone humide, et la méthode d'agrégation des points de relevés à l'échelle du site ou de la zone d'influence des travaux permettent de calculer l'indicateur dans toutes les situations.

Périodicité

Une campagne de mesures tous les 5 ans est recommandée dans le cadre d'un suivi des fonctionnalités

à l'échelle d'un site. Il est possible d'espacer le temps entre les campagnes de mesures si aucune modification des modalités de gestion du site (végétation et écoulements) n'a eu lieu dans les 5 ans. Toutefois, les délais entre deux campagnes ne peuvent excéder 10 ans. Dans le cadre d'un suivi de travaux visant à augmenter le niveau de saturation en eau des sols minéraux, la périodicité sera réduite à 1 voire 2 ans.

À noter : une évolution de l'hydromorphie n'est observable que pour les HISTOSOLS et REDUCTISOLS, dont les traces sont « instables ». Pour les REDOXISOLS, une variation de la nappe au fil du temps ne changera pas la morphologie du sol (les sols rédoxiques qui ont été drainés depuis les années 80 le sont restés, sans modification apparente).

Bibliographie

Arrêté du 1<sup>er</sup> octobre 2009 - critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement.

AFES, 2009 - Référentiel pédologique, BAIZE D. & GIRARD M.C. cor. éd. Quae.

BAIZED. & JABIOL B., 1995. Guide pour la description des sols, éd. de l'I.N.R.A.

BAIZE D. & C. DUCOMMUN C., 2014. Reconnaître les zones humides, Difficultés d'application des textes réglementaires, in : étude et gestion des sols, AFES, [http://www.forum-zones-humides.org/iso\\_album/egs\\_21\\_1\\_2107\\_baize\\_ducommun\\_85\\_102.pdf](http://www.forum-zones-humides.org/iso_album/egs_21_1_2107_baize_ducommun_85_102.pdf)

VIZIER J.F., 2009. Éléments pour l'établissement d'un référentiel pour les solums hydromorphes, in : Référentiel pédologique, 2008 - AFES, D. Baize & M. C. Girard cor., éd. Quae, 2009.

# PÉDOLOGIE



## Description et principes du protocole

### Application du protocole dans le cadre de suivi de travaux

Une connaissance préalable du type de sol de la zone humide est essentielle car elle va déterminer la vitesse de réaction du milieu suite à une action de restauration.

Les opérations de restauration peuvent produire des évolutions pour les histosols et les réductisols. La valeur indicatrice évoluera en fonction des profondeurs des différents horizons hydromorphes.

L'évolution de la note sera donc sensible à cette évolution mais également au biais d'observation et de notation de la profondeur des limites d'horizons. Une vigilance particulière doit donc être portée à cette observation dans l'application du protocole pour le suivi des effets de la restauration.

### Principes généraux

Le sol est décrit après prélèvement à la tarière (Gouge, Edelman ou canne pédologique) sur la partie supérieure du sol (50 à 60 premiers centimètres). Pour des cas spécifiques où le sol ne peut être prélevé, des fosses pédologiques peuvent être réalisées à la bêche. Chaque horizon est caractérisé à l'aide des descripteurs de la fiche terrain (annexe 1).

### Types de données collectées

Les différents horizons sont caractérisés par les modalités (généralement 4 possibles) de 17 descripteurs de texture, de structure et de couleur. Dans le cadre de LigéRO, une sélection de descripteurs indispensables à l'évaluation du caractère hydromorphe des sols a été mise en avant (grisée) dans la fiche de terrain.

### Type d'échantillonnage

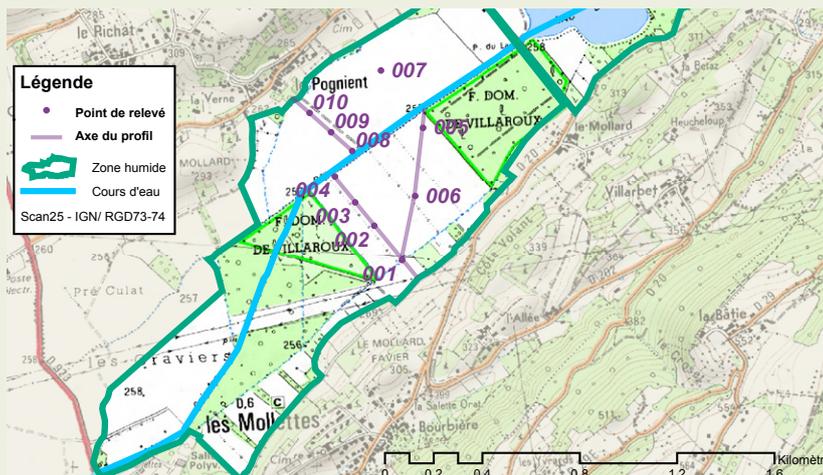
Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects préalablement positionnés pour être les plus représentatifs de la diversité du milieu et du gradient d'hydromorphie, généralement de la périphérie vers le centre de la zone humide.

## Méthode de mise en place

### Stratégie d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage doit être construit pour traduire le **gradient d'hydromorphie du site**, des secteurs de transition avec les versants non hydromorphes, vers les secteurs les plus humides où la saturation en eau est la plus forte. Pour cela, il s'agit

de positionner un ou plusieurs transects qui partent du bord en direction du centre de la zone humide. Si la zone humide a une forme quasi-circulaire, ou du moins compacte, un seul transect peut être réalisé. Dans le cas contraire, il est recommandé de réaliser plusieurs transects (figure 1).



Dans tous les cas, il est intéressant de choisir des transects communs aux relevés floristiques lorsque ceux-ci sont réalisés (une cartographie d'habitats, lorsqu'elle est disponible, peut être utilisée).

Figure 1 : exemple de stratégie d'échantillonnage

☰ Méthode de mise en place (suite)

**Pression d'échantillonnage**

En règle générale, un sondage tous les 50 à 100 m semble être approprié. La pression de sondage est variable selon la taille, la configuration et la topographie de la zone humide. Pour des grands sites, les points de sondage sont distants de plus de 100 m le long du transect, afin de pouvoir respecter au mieux la limite maximum de 25 sondages par site. Sur les transects, la position des sondages peut être ajustée en fonction des changements du milieu (topographie, végétation...).

**Réalisation des prélèvements**

Pour une meilleure opérationnalité du suivi, il est recommandé de réaliser les prélèvements à la tarière Edelman (préférentiellement de diamètre 60 mm). Pour conserver une bonne précision avec cette tarière, il est nécessaire de mesurer la profondeur du prélèvement directement dans le trou (annexe 2 : méthode de sondage à la tarière Edelman). Il est également possible de réaliser les prélèvements à la tarière gouge (plus adaptée en tourbière).

Pour parer à toute situation, il est conseillé d'avoir les deux types de tarière lors des campagnes de terrain. L'usage d'une tarière ne permet pas d'évaluer la structure d'un sol dans sa totalité car celle-ci remanie le sol. Certains descripteurs ne peuvent donc pas être

**Tarière Edelman**



notés de manière fiable, c'est le cas de la limite des horizons (A), de la compacité (L), de la plasticité (M) et de l'adhésivité (N). On peut dans ce cas utiliser une bêche ou faire une fosse pédologique mais compte tenu du temps nécessaire à sa réalisation, la fosse n'est pas recommandée.

Une photographie permettant la localisation du point de sondage ainsi qu'une photographie du profil reconstitué dans la gouttière sont systématiquement effectuées.

**Délimitation et caractérisation des horizons**

Une fois le prélèvement réalisé, l'échantillon de sol est divisé en horizons, c'est-à-dire en couches homogènes, pour être décrit dans la fiche de terrain. L'échantillon de sol prélevé est photographié (avec une résolution permettant l'observation des traits d'hydromorphie) pour mémoire.

**Les descripteurs à renseigner sur la fiche terrain LigéO sont :**

- **La profondeur** : il est possible de ne noter que la profondeur maximale de chaque horizon (la profondeur minimale étant soit la surface du sol, soit la profondeur maximale de l'horizon supérieur). Pour les relevés à la tarière Edelman, les profondeurs sont mesurées directement dans le trou avant dépôt du sol dans la gouttière ;

**Délimitation des différents horizons de sol (tarière Gouge)**





## Méthode de mise en place (suite)

- **Les limites [A]** ne peuvent pas être notées à la tarière Edelman ; ce critère est facultatif ;
- **La couleur [B]** est notée suivant les trois coordonnées (la teinte « hue », la clarté « value » et la pureté « chroma ») de la charte Munsell (photo ci-contre). La couleur d'un échantillon de terre homogène est évaluée. Il est préférable de se positionner dos au soleil. Sur le terrain, la couleur de l'échantillon humide est évaluée. Comme les couleurs sont définies visuellement, une erreur d'une case en teinte, clarté ou pureté, est admise. La précision de l'évaluation est donc donnée à une unité près ;
- **La texture [C], la structure [D], les racines [F] et les taches [G]** sont des descripteurs génériques indispensables à la détermination des types d'hydromorphie. La réduction du fer, qui est généralement observable par la couleur caractéristique grise bleuâtre à verdâtre, peut également se traduire par une décoloration de l'horizon. Dans ce dernier cas l'utilisation d'un réactif composé d'une solution d'orthophénotroline à 2% dans de l'éthanol pur peut permettre de confirmer le diagnostic ;
- **L'abondance [H], la taille [I] et la forme [J]** sont des descripteurs qui ne doivent être notés qu'en présence de taches d'oxydation ([G]= 2) ;
- **La compacité [L], plasticité [M], l'adhésivité [N] et la friabilité [O]** sont principalement utiles pour caractériser les sols minéraux ([C] >= 2) ; Les descripteurs L, M et N ne peuvent pas être notés à la tarière. Ils sont facultatifs ;
- La caractérisation des sols organiques nécessite la notation de **l'altération de la M.O [P]** et de **l'indice de Von-Post [Q]** ; Dans le cadre d'un horizon histique (tourbe), vous devez renseigner l'indice de Von-Post. Afin de réaliser correctement le test vous pouvez vous référer p162-163 du Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (<http://www.zones-humides.org/guide-de-la-methode-nationale-devaluation-des-fonctions-des-zones-humides>) ;
- **Les éléments grossiers [E], l'humidité [K],** sont des descripteurs complémentaires qui peuvent servir à la validation des observations en cas de doute ;

## Évaluation de la couleur à l'aide de la charte Munsell



Il est également recommandé de faire le croquis du sondage dans le cadre prévu à cet effet et de prendre en note toute remarque utile.

## Prescriptions de mise en œuvre

Les prélèvements sont idéalement réalisés en début de période printanière (mars-avril) afin de favoriser l'observation des niveaux hauts de la nappe. Cependant, les investigations peuvent être réalisées à tout moment dans l'année (la période estivale est la moins favorable). Pour des raisons pratiques et de sécurité dans le cas, par exemple, de plaines alluviales soumises à inondations temporaires, on veillera à prendre soin d'attendre la redescende des eaux avant d'aller sonder.

En outre, afin de limiter la variabilité temporelle des données, que la période d'investigations corresponde aux préconisations ou non, **il est primordial de réaliser les prélèvements à la même période d'une année de suivi à l'autre** et de respecter la localisation précise des points de sondage, ainsi que de relever le contexte climatique préalable (quantité de pluie, exprimée en mm, des 5 jours précédant les investigations).

La profondeur de sondage est fixée à 60 cm. Toutefois, lors de la première campagne de mesures, il sera intéressant de descendre plus profond, jusqu'à 120 cm voire davantage si possible, sur quelques sondages (1/3 à 1/4) pour comprendre le fonctionnement pédologique des sols (présence d'un horizon argileux jouant le rôle de plancher hydrique, d'une nappe...). Les horizons présents après 60 cm ne sont pas pris en compte dans le calcul de la note indicatrice, mais permettent de mieux comprendre le fonctionnement de la zone humide.

### Représentativité des données

Les traits d'hydromorphie étant déterminés par la variation de la nappe d'eau du sol, la variabilité spatiale des données collectées est identique à celle de la nappe. Autrement dit, ce n'est pas sur le type de trait hydromorphe, mais sur la notation de leur profondeur que l'impact d'une mauvaise relocalisation des points d'observation serait le plus fort pour le calcul de l'indicateur. Toutefois, la pente des nappes de zones humides est généralement faible (zone d'accumulation des flux d'eau). Il convient tout de même d'être vigilant dans les secteurs de plaine alluviale où des dépôts argileux peuvent localement entraîner la présence de petites nappes perchées. Réaliser une observation dans ou hors de cette lentille argileuse pour une question de relocalisation du point de relevé entraînerait un calcul de la valeur indicatrice erroné.

Hormis la Base de Données Géographiques des Sols de France dont l'échelle au 1/250 000 n'est pas exploitable pour notre objectif, il n'existe pas de données de référence pour analyser la représentativité de l'information collectée dans le cadre de ce protocole. Toutefois, dans le cas de RhoMÉO, les connaissances antérieures des sites sur lesquels a été testée la méthode ont permis de valider la qualité de l'information recueillie (validation par le relevé pédologique de la déstructuration du sol connue par le labour, etc.).

## Opérationnalité de la collecte

### Compétences requises

La grille descriptive étant en grande partie visuelle, elle ne nécessite pas de compétences spécifiques pour son application. Les tests réalisés dans le cadre du projet ont démontré la bonne prise en main du protocole de collecte de données par des opérateurs non spécialistes. L'application de ce protocole requiert au moins d'être initié à la discipline. Il apparaît qu'avec une formation d'½ journée, il est possible pour un débutant de mettre en place le protocole et de remplir la fiche de terrain associée. L'opérateur peut s'appuyer sur différents ouvrages techniques (BAIZE et JABIOL 1994, JABIOL *et al.*, 2011).

Toutefois, il est bien évident que l'expérience et le niveau de connaissance initial des opérateurs en pédologie influent fortement sur le temps de terrain nécessaire aux relevés (pouvant aller du simple au double).

### Impact du niveau de compétences

La grille descriptive a été conçue avec un nombre de classes de valeur très restreint pour limiter les risques de confusions. Les descripteurs sont cependant difficiles à quantifier et identifier pour un opérateur non-spécialiste. Le choix d'une classe ou d'une autre peut, par voie de conséquence, avoir une influence importante sur le calcul final de la note.

### Temps moyen de collecte

Le temps de réalisation et de description d'un relevé, nombre de relevés par heure est très dépendant du type de sol et du nombre d'horizons observés, mais peut être estimé en moyenne à 3 relevés par heure (accès au point de sondage, sondage, renseignement de la fiche terrain). Cette estimation est néanmoins très dépendante du niveau de compétences de l'opérateur.

### Coût matériel/données / prestation/analyse

Le coût d'acquisition d'une tarière pédologique est de l'ordre de 170 à 200 €. Il faut un mètre ruban (5 €), un couteau, un chiffon et de l'eau pour se laver les mains entre l'étude de chaque horizon (éviter la contamination des échantillons). Il convient également d'ajouter la Charte de couleurs des sols MUNSELL (env. 180 €) et le Référentiel pédologique, AFES *et al.*, 2008 : 45 € ou téléchargeable par exemple sur [http://www.iefc.net/activites/REINFFORCE/Referentiel\\_Pedologique\\_2008-1.pdf](http://www.iefc.net/activites/REINFFORCE/Referentiel_Pedologique_2008-1.pdf).

### En annexe :

- La fiche de relevé de terrain (annexe 1)
- Méthode de sondage à la tarière (annexe 2)

### Bibliographie

La Charte de couleurs des sols MUNSELL et le Référentiel pédologique 2008, AFES.

AFES, D. BAIZE M. C. & GIRARD C., 2008. Référentiel pédologique, éd. Quae, 2009.

BAIZE D. & JABIOL B., 1994. Guide pour la description des sols, éd. de l'I.N.R.A.

GAYET G ET AL, 2016. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, 190p.

JABIOL B., GIRARD M.-C. & SCHVARTZ C., 2011. Étude des sols - Description, cartographie, utilisation: Description, cartographie, utilisation. Dunod. 432 p.

# NIVEAU D'HUMIDITÉ DU SOL - PÉDOLOGIE



## Description et principes

Les traits d'hydromorphie sont caractérisés pour chaque horizon à l'aide des descripteurs de la fiche de terrain. L'association des différents horizons hydromorphes permet de calculer une note d'hydromorphie. Des outils de requête et calcul automatisés de la note ont été développés, mais ne doivent

pas affranchir l'opérateur d'une validation de la cohérence du résultat au regard de la saisie dans la fiche de terrain. Les valeurs des différents points de relevé d'un site sont agrégées pour obtenir une note globale.

## Méthode de calcul

Une série de requêtes sur les classes des différents descripteurs permet de définir le type d'horizon hydromorphe, à saturation temporaire (g) ou permanente (G, Hf, Hm, Hs, K, Organo).

Il peut arriver qu'un horizon puisse être classé dans deux types d'horizons hydromorphes proches (environ 15 % des horizons observés). En effet, un certain nombre d'horizons de transition possèdent des caractéristiques qui permettent de les classer dans deux types d'horizons hydromorphes. Ce cas se présente par exemple entre les tourbes fibriques et

mésiques (27 % des horizons classés tourbeux Hf, Hm ou Hs). Toutefois ces doubles classements ne posent pas de problème pour le calcul de la note d'hydromorphie.

Pour chaque type d'horizon, défini précédemment, est affectée une valeur correspondant au niveau de saturation en eau du sol nécessaire pour qu'apparaissent les traits d'hydromorphie. Ainsi, un horizon réductique qui nécessite une saturation en eau quasi-permanente se voit attribuer une valeur de 2.

### Liste des requêtes définissant les types d'horizons hydromorphes

Horizon		Principes de classement	Critères de classement (formules utilisées dans la calculatrice ou à mettre dans un tableur)	OPÉRATEUR (Champs et Valeurs : voir fiche de terrain)
Type	Note			
L	1	Présence de racines et texture organique	ET (F_racines > 1 ; C_texture = 1 ; numero = 1 ; ESTVIDE (Q_von_post))	
G	1	Texture massive de couleur grise à bleue/verdâtre	ET (C_texture > 1 ; OU ( G_taches = 3 ; ET (B1_couleur = «GLEY1»;B2_value < 7) ; ET (B_couleur = «GLEY2»; B2_value < 7)))	
g	2	Présence de tache d'oxydation de couleur rouille	ET (C_texture > 1 ; ET (G_taches = 2 ; H_abondance > 0 ))	
J	1	Horizon sableux homogène	ET (OU (C_texture = 2 ; C_texture = 3) ; O_friabilité > 2 ; D_structure = 1)	
T	3	Concrétions calcaires	ET (B2_value > «4,5» ; Q_von_post < 1 ; O_friabilité < 2 ; M_plasticité = 1)	
Hf	3	Tourbe fibrique claire	ET (C_texture = 1 ; D_structure > 10 ; Q_von_post > 0 ; Q_von_post < 4)	
Hm	2	Tourbe brune mésique	ET (C_texture = 1 ; Q_von_post >= 3 ; Q_von_post < 8)	
Hs	2	Tourbe noire très décomposée	OU(ET(C_texture = 1 ; Q_von_post > 7) ; ET (C_texture >= 3 ; Q_von_post > 2))	
Org	2	Horizon de transition entre tourbe et formation argileuse collante	ET (G_Taches = 1 ; ESTVIDE (Q_von_post) ; OU (ET (C_texture = 1 ; D_structure > 3 ; D_structure < 10 ) ET (C_texture > 1 ; D_structure > 10 )))	
Ha/LH	1	Tourbe déstructurée granuleuse	ET (C_texture = 1 ; OU (D_structure <= 3 ; D_structure = 11) ; ESTVIDE (Q_von_post) ; K_humidité <= 3	

**Méthode de calcul (suite)**

Un horizon rédoxique prend une valeur de 1, les horizons non hydromorphes une valeur de 0. Les valeurs des horizons proches de la surface, c'est-à-dire dans les 25 premiers centimètres, sont à multiplier par 2.

La note d'hydromorphie du point de relevé est la moyenne des notes des horizons qui composent le sol.

La note d'hydromorphie du site, correspond, à la moyenne des notes des différents relevés effectués sur le site.

**Clés d'interprétation de la note indicatrice**

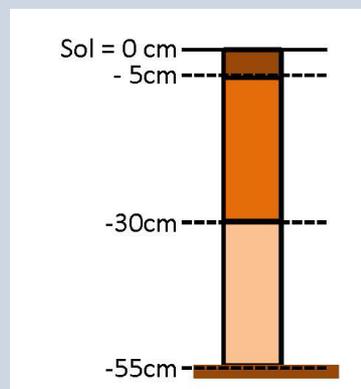
Plus la note d'hydromorphie est importante, plus la saturation en eau du sol est importante. Une diminution de cette note traduit donc un assèchement de la zone humide.

Les valeurs s'échelonnent entre 0, pour un sol non hydromorphe et 6, pour des sols totalement saturés en permanence dans les 50 premiers centimètres.

**Exemple de calcul : relevé pédologique et sa correspondance en valeurs (le tableau).**

Les valeurs des horizons 1 et 2 qui débutent à moins de 25 cm de profondeur sont multipliées par deux. L'ensemble des notes des différents horizons sont moyennées pour obtenir la note d'hydromorphie du relevé. Dans l'exemple, la note d'hydromorphie du relevé est égale à 2 :  $(0*2+1*2+4)/3$ .

Pour obtenir la note indicatrice du site, les valeurs des différents relevés réalisés sont moyennées.



N°	Prof.		RQT L	RQT G	RQT g	RQT J	RQT T	RQT Hf	RQT Hm	RQT Hs	RQT Org	RQT Ha/LH	Valeur d'hydromorphie
1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1*2
3	30	55	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	4
<b>Moyenne = Note d'hydromorphie du relevé</b>													<b>2</b>

À l'échelle des sites test réalisés sur le bassin de la Loire, les valeurs minimales, moyennes et maximales observées par type de milieu humide sont représentées à la figure 1.

A l'échelle de ce territoire, les valeurs d'humidité varient entre 3,43 et 6. Suivant le type de milieu humide, la saturation en eau du sol varie et, par voie de conséquence, les traces d'hydromorphie et la note d'humidité qui en découlent. Ainsi par exemple, cette note varie de 3,54 à 4,88 pour les marais et landes humides de plaines et

plateaux (type SDAGE 10) dans nos cas d'étude et de 3,48 à 4,8 pour les zones humides de têtes de bassin au-dessus de 450m (type SDAGE 7a).

La figure 1 est un exemple d'amplitude des valeurs observées et mesurées sur les sites test en 2017. Cela ne constitue pas une échelle comparative de valeurs.



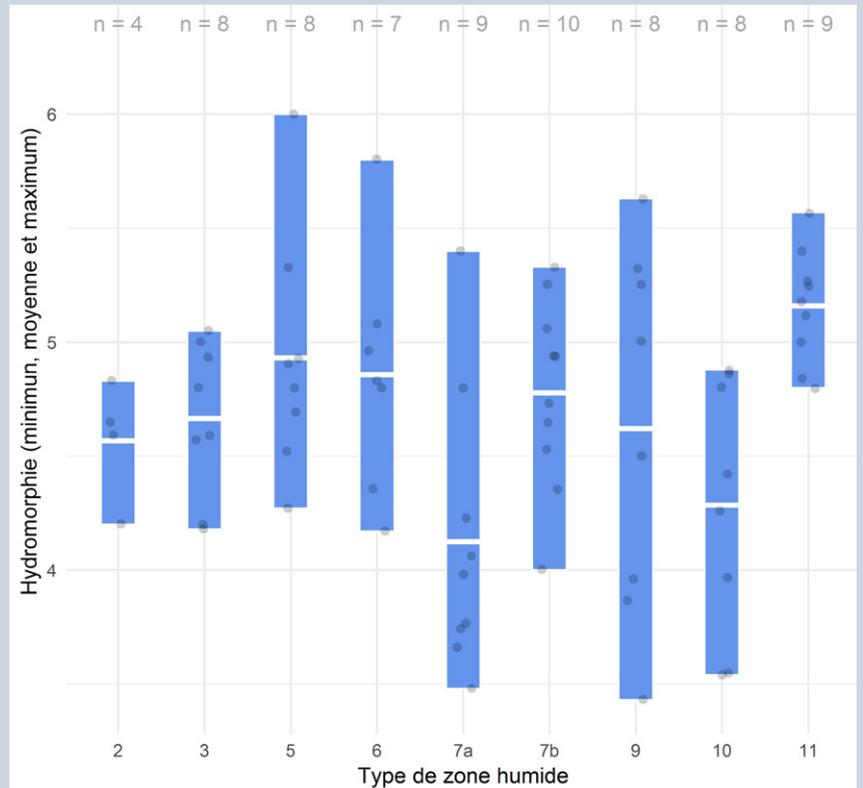
FICHES LIÉES

P01

I01

## Clés d'interprétation de la note indicatrice (suite)

Figure 1 : exemples d'amplitude des valeurs observées / hydromorphie par type de zone humide.



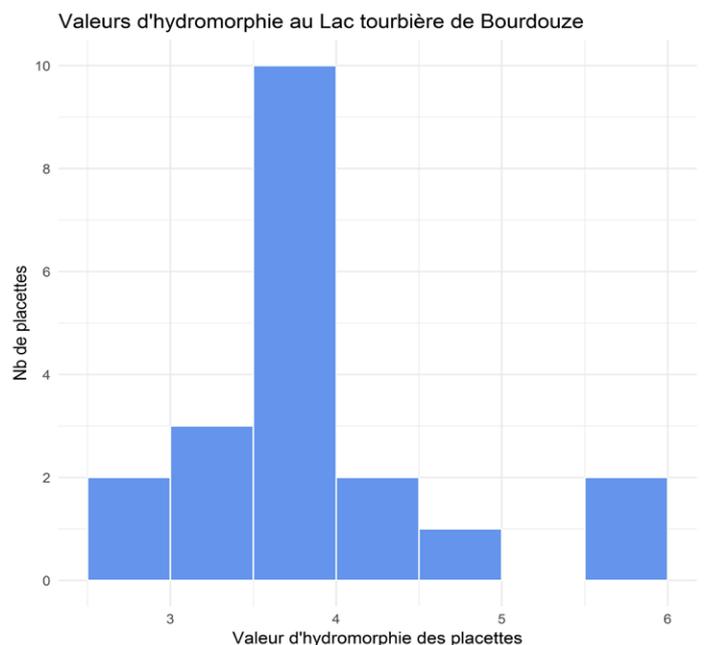
## Exemple d'application

**Le lac-tourbière de Bourdouze (Puy-de-Dôme)** est un espace naturel (37 ha) situé sur la commune de Besse et sur le territoire du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. Formé après le retrait d'un glacier il y a 12 000 ans, le lac est recouvert dans sa partie ouest par une vaste tourbière à tous les stades d'évolution (de l'eau libre au haut marais).

Ce site a été rattaché au type SDAGE 9. 20 placettes (sur 3 transects) ont été échantillonnées en 2017. La valeur d'hydromorphie de ce site est de 3,87.

La valeur d'humidité des placettes varie entre 2,75 et 6. La moitié des placettes ont une valeur comprise entre 3.51 et 4 (figure 2). Elles correspondent, pour l'essentiel, à des zones de haut marais (figure 3).

Figure 2 : histogramme des valeurs d'humidité des placettes du site en 2017



Exemple d'application (suite)

Figure 3 : représentation cartographique des valeurs d'hydromorphie des placettes du site en 2017



### Application dans le cadre de suivi de travaux : suivi de l'évolution des sols suite à des travaux de restauration

• **Horizon G réductique :**

1- Si le niveau de la nappe augmente, la couleur bleue du sol sera détectée plus superficiellement.

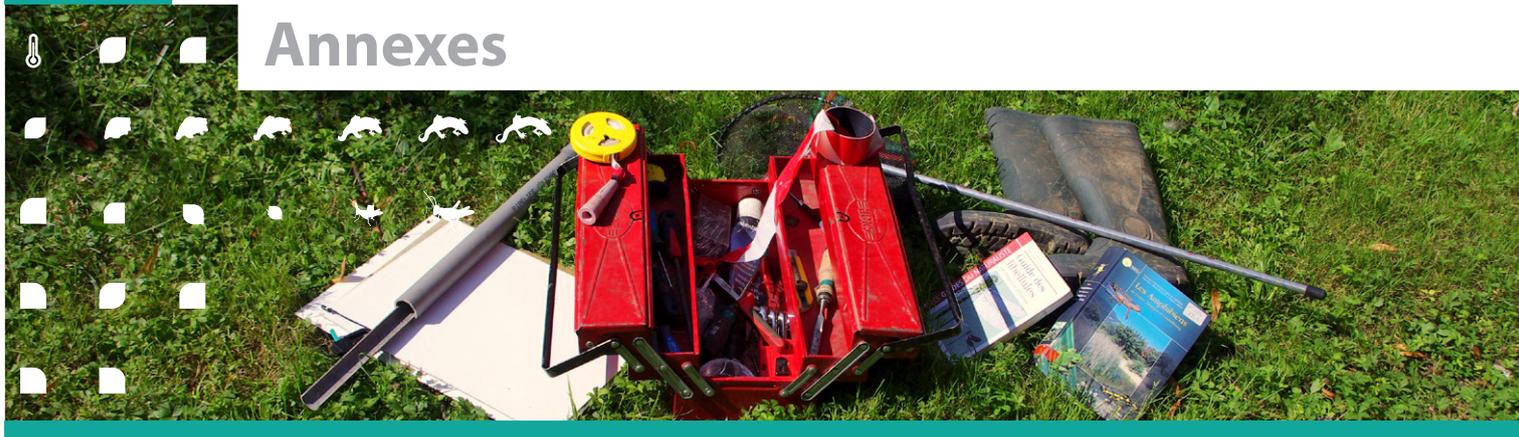
2- Si le niveau de la nappe diminue, la couleur bleue du sol est perdue au moins en partie avec apparition de tâches d'oxydation (rouille) et/ou d'un fond plus gris.

• **Horizon g rédoxique :**

1- Une augmentation du niveau de la nappe se traduit par l'apparition de tâches rouilles et/ou grises.

2- Par contre la diminution du niveau de la nappe ne va pas conduire à la disparition des traces d'hydromorphie (tâches rouilles et/ou grises) précédemment établies (sauf si ces traces ont effectivement été effacées à la suite d'un travail conséquent du sol).

## Annexes



### SOMMAIRE

- Annexe 1 : fiches techniques de terrain
- Annexe 2 : autres outils techniques
- Annexe 3 : les sites tests
- Annexe 4 : liste des types SDAGE LigéRO

L'ensemble des données informatisées est disponible sur la base de données accessible en ligne sur : <http://www.ligero-zh.org/>

SITE

Id. \_\_\_\_\_ Nom \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Observateur \_\_\_\_\_

N° du sondage : \_\_\_\_\_

CONTEXTE DU SONDAGE

N° du relevé pédologique : \_\_\_\_\_  
 Conditions d'observation  
 - type de temps :  ensoleillé  variable  
 précipitations  
 - ambiance :  humide  sèche  
 froide  chaude

1 - Type d'observation  fosse pédologique  
 gouge  carotter  tarière  
 2 - Nappe  non visible  
 observable et profondeur : \_\_\_\_\_ cm  
 3 - Cause de l'arrêt \_\_\_\_\_  
 4 - Proposition GEPPA \_\_\_\_\_

DESCRIPTION PÉDOLOGIQUE

N°	Profondeurs	Caractéristiques de l'horizon										Hydromorphie				Propriétés				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		
		Limites	Teinte hue	Clarté value	Pureté chroma	Texture	Structure	Éléments grossiers	Racines	Tâches	Abondance	Taille	Forme	Humidité	Compacité	Plasticité	Adhésivité	Friabilité	Altération de la M.O.	Von-Post
1	-		B1	B2	B3															
2	-																			
3	-																			
4	-																			
5	-																			
6	-																			
7	-																			

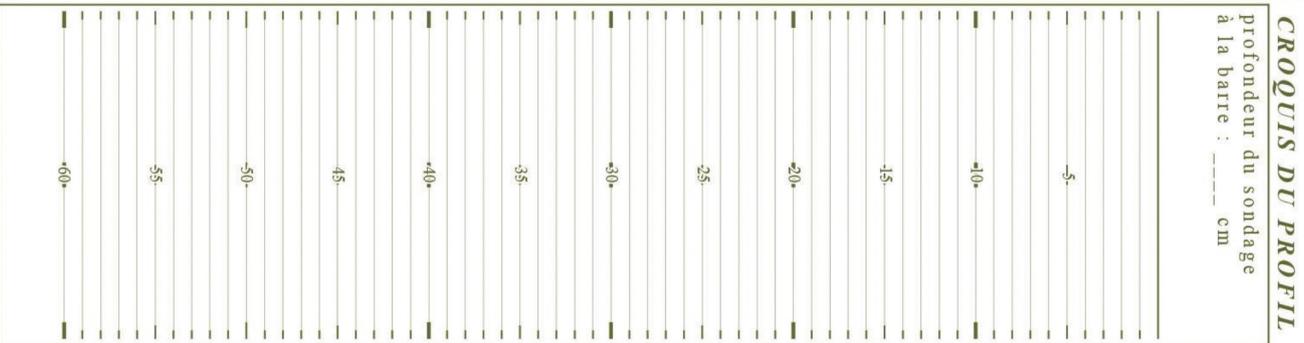
**Q Von-Post**  
 1 eau limpide  
 2 eau peu colorée  
 3 eau trouble pâle  
 4 eau trouble foncée  
 5 eau trouble et particules  
 6 1/3 du matériel passe entre les doigts  
 7 1/2 du matériel passe entre les doigts  
 8 2/3 du matériel passe entre les doigts  
 9 presque tout le matériel  
 10 tout le matériel

**P Altération de la M.O**  
 1 végétaux identifiables  
 2 identifiables avec traces de décomposition  
 3 peu d'organes végétaux identifiables  
 4 non identifiable

**O Friabilité (pouce/index)**  
 1 ne s'effrite pas  
 2 sous forte pression  
 3 s'effrite facilement  
 4 très légère pression

**N Adhésivité (pouce/index)**  
 1 non collant  
 2 colle sans adhérer  
 3 adhère aux doigts  
 4 s'écrite nettement

**M Plasticité (boudin diam. 8 mm)**  
 1 impossible de le former  
 2 se brise sous son poids  
 3 sous faible déformation  
 4 ne rompt pas



**A Limites**  
 1 régulière  
 2 ondulée  
 3 irrégulière  
 4 interrompue

**B Couleur**  
 1 teinte  
 2 clarté  
 3 pureté

**C Texture**  
 1 organique  
 2 sableuse  
 3 limonneuse  
 4 argilleuse

**D Structure**  
 1 particulaire  
 2 grumelleuse  
 3 grenue  
 4 massive et autres structures  
 11 fibreuse  
 12 feuilletée

**E Éléments grossiers**  
 1 sans  
 2 graviers < 2cm  
 3 cailloux 2 à 6cm  
 4 pierres et blocs > 6cm

**F Racines**  
 1 sans  
 2 < 8 / dm<sup>2</sup>  
 3 8 à 32 / dm<sup>2</sup>  
 4 > 32 / dm<sup>2</sup>

**G Tâches**  
 1 sans  
 2 oxydation  
 3 réduction

**H Abondance**  
 1 < 5%  
 2 5 à 15%  
 3 15 à 40%  
 4 > 40%

**I Taille**  
 1 < 2 mm  
 2 2 à 6 mm  
 3 6 à 20 mm  
 4 > 20 mm

**J Forme**  
 1 irrégulières  
 2 arrondis  
 3 traînées horizontales  
 4 traînées verticales

**K Humidité**  
 1 sec  
 2 frais  
 3 humide  
 4 saturé

**L Compacité (couteau pénétre)**  
 1 sans effort  
 2 avec effort  
 3 incomplètement  
 4 pas ou de quelques mm

Critères liés à la caractérisation des tâches

Ne renseigner qu'un descripteur (chiffre), le dominant, par critère (A-Q).

Critères facultatifs

Critères liés à la caractérisation de la M.O.

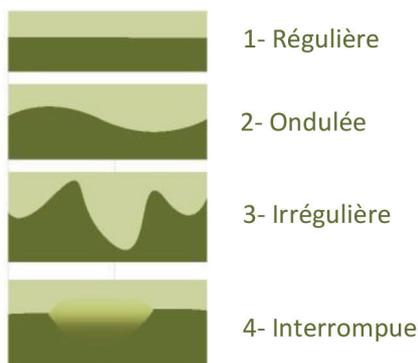


Pédologie

# notice pour l'utilisation fiche de terrain pédologique

## A Limites

Correspond à la régularité des limites des horizons **seulement visible dans une fosse**. Si le prélèvement a été fait à la tarière le critère A ne peut donc être renseigné.



## B Couleur

C'est la couleur du fond de la matrice à l'état humide qu'il faut noter, généralement gris ou brun, en dehors des tâches (critère G). En climat tempéré les couleurs de fond se trouvent pages 7.5YR, 10YR, 2.5YR et Gley. De façon très localisée, les terres rouges en 5YR.

## C Texture

Renseigner la texture dominante. Un seul choix.

## D Structure

Ci-dessous une liste simplifiée des types de structure permettant une approche plus aisée du critère D. Cette facilitation a été opérée de manière à ne pas impacter le calcul de la valeur indicatrice.

La **tarière Edelman**, qui remanie le sol, **ne permet pas de noter le critère D**, or ce critère est **obligatoire** !

### • Matériel peu ou pas cohérent



- 1-Particulaire
- 2-Grumeleuse
- 3-Grenue

### • Matériel cohérent

- 4- Massive et autres structures



- 11- Résidus organiques
- 12- Résidus de feuilles

## E Éléments grossiers

À la tarière, les plus gros éléments sont peu extraits. Si lors du prélèvement, des éléments grossiers sont entendus (appréciation à l'écoute) ou ressentis, il faut les noter.

La **tarière Edelman**, qui remanie le sol, **ne permet pas de noter le critère E**.

## F Racines

Critère concernant les premiers horizons. En présence de racines, leur densité est notée en dm<sup>2</sup>.

## G Tâches

Généralement, il est renseigné le champ 1- sans tâche ou 2- tâches d'oxydation (tâche rouille). Le 3- réduction et déferritation n'est pas à noter, ce champ transparait dans le critère B « Couleur » de fond.

Les critères H, I et J sont à remplir **uniquement en cas de présence de tâches d'oxydation**.

## H Abondance



## I Taille



## J Forme

La **tarière Edelman**, qui remanie le sol, **ne permet pas de noter le critère J**.

## L Compacité

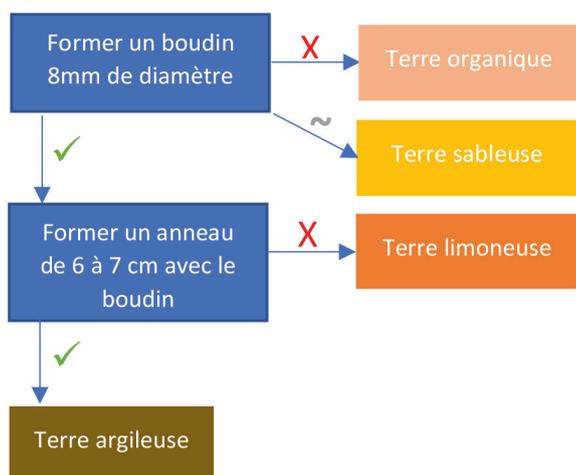
La **tarière Edelman**, qui remanie le sol, **ne permet pas de noter le critère L**.

# notice pour l'utilisation fiche de terrain pédologique

## M Plasticité

Mettre en œuvre le **test du boudin**.

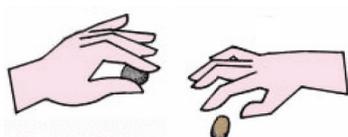
Prenez un peu de terre dans votre main et mouillez-la légèrement et voyez si vous pouvez :



## N Adhésivité

Pressez une petite quantité de sol mouillé entre pouce et index :

- le sol ne reste pas, ou pratiquement pas, collé à vos doigts -> **1- Non collant**.



- le sol commence à coller à vos doigts mais se détache proprement de l'un ou de l'autre doigt -> **2- Colle sans adhérer**.



- le sol colle au pouce et à l'index, et tend à s'étirer un peu et à se déchirer plutôt que de se détacher de vos doigts -> **3- adhère aux doigts**.



- le sol colle fortement au pouce et à l'index et s'étire quand vous écartez les doigts. -> **4-s'étire nettement**.



## O Friabilité

Dépend de l'état d'humidité du sol. Ce test est à faire sur sol sec. Le réaliser quelques minutes après avoir fait le carottage. Voir la définition de "sec" et la faisabilité sur le terrain.

## P Altération de la M.O.

C'est un gradient de décomposition qui est noté. De la matière organique la moins dégradée (1-) à celle très dégradée (4-).

## Q Von-Post - Couleur de l'eau

Ce critère concerne uniquement les sols organiques profonds, sols tourbeux (horizons histiques). L'échelle de Von Post (1922 dans Stanek et Silc 1977) propose notamment de distinguer la tourbe selon son **degré de décomposition** en 10 niveaux, distingués selon la **couleur de l'eau** qui provient du matériau quand il est pressé entre les mains et aussi selon la **quantité de matériau** qui reste entre les mains une fois le matériau pressé. Il est possible de mettre en relation les indices de Von Post avec les horizons sapriques, mésiques et fibriques. Pour en savoir plus, voir p. 187 et 188 de la [Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides – version 1.0. Fondements théoriques, scientifiques et techniques](#). Gayet, G. et al., 2016. Onema, MNHN, p. 310. Rapport SPN 2016 – 91.

Pour la mise en œuvre, voir p. 162 et 163 du « [Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides](#) », 190 p. GAYET G. et al, 2016.

**Dans les sols tourbeux les descripteurs D, G, H, I, J, M, N O ne peuvent être renseignés.**

■ Critères obligatoires

■ Critères facultatifs

Sources des illustrations :

- Denis Baize, Bernard Jabiol. Guide pour la description des sols. Editions Quae, 429 p., 2011, Collection Savoir-Faire, 978-2-7592-1034-3.

- Site Internet de la FAO : [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706f/x6706f08.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706f/x6706f08.htm)

## Méthode de relevé à la tarière Edelman



**A.** Après avoir dégagé la surface du sol litière, si nécessaire, prélever l'intégralité de la première carotte dans la tête de la tarière.



**B.** Lorsque la tête de la tarière est remplie, cela correspond à un avancement de 20 cm.



**C.** Nettoyer la surface pour éliminer les éventuelles salissures.



**D.** Déposer ces 20 premiers centimètres dans la gouttière aux graduations correspondantes.



**E.** Les 20 premiers centimètres de sol sont prélevés !



**F.** Recommencer les étapes A à C. À partir de là, on ne conserve que les 10 cm situés dans la partie inférieure de la tête de la tarière. En effet, le reste correspond à du matériau qui a été remanié lors de la réalisation du sondage.



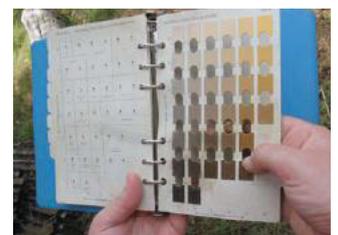
**G.** Déposer de nouveau la carotte dans la gouttière. Le dépôt est effectué suite à la mesure dans le trou de la profondeur du sondage. Il est préconisé de mesurer directement dans le trou à l'aide d'un mètre ruban afin de positionner correctement le prélèvement dans la gouttière.



**H.** Répéter les opérations A à C puis F à G jusqu'à ce qu'on ne puisse plus creuser (roche atteinte, cailloux empêchant d'avancer, 60 cm atteints). Une fois le sondage réalisé, nous disposons, dans la gouttière, d'une vision d'ensemble du profil reconstitué. Dans le protocole, il est recommandé de creuser jusqu'à 60 cm de fond. Lorsque vous effectuez les premiers sondages sur un site non connu du point de vue pédologique, il est recommandé de le faire plus profond (120 cm).



**I.** On enregistre la position géographique du point à l'aide d'un GPS (le cas échéant, le repérer sur une carte IGN au 1/25 000).



**J.** Prendre la couleur des différents horizons et taches du profil reconstitué. La couleur est estimée sur un sol humide au soleil et si celui-ci est sec, ne pas hésiter à l'humidifier.

**K.** Décrire l'environnement du sondage (pente à l'aide du clinomètre, orientation à l'aide de la boussole...) et les différents horizons du profil reconstitué sur la fiche terrain.

Un test colorimétrique peut nous indiquer l'état du fer dans le sol au moment de l'observation. Dans des milieux où l'excès d'eau est quasi-permanente (zone de fonds de vallée par exemple), on peut parfois observer des soles gris bleuâtres ou gris verdâtres. Cette couleur peut être héritée de la roche mère qui a donné naissance au sol ou peut être liée à la présence de la forme réduite du fer (fer ferreux  $Fe^{2+}$ ). Un test rapide et simple nous permet de déterminer si la couleur claire de l'horizon que l'on observe est liée à la réduction du fer ou à une faible quantité de fer.

Le réactif utilisé est une solution d'ortho-phénantroline à 2 % dans de l'éthanol pur.

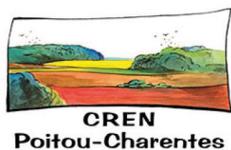
Une coloration rouge, plus ou moins vive, apparaît en présence de fer ferreux.



copyright Annie-Laure Le Bris (Agrocampus Rennes)

# LE PROGRAMME LIGÉRO

## STRUCTURES PARTICIPANTES ET PARTENAIRES FINANCIERS





Ce document a été produit dans le cadre du projet LigéO. Il présente, sur la base de la BAOZH RhoméO et du guide méthodologique d'utilisation des indicateurs pour le suivi des travaux de restauration, les méthodes nécessaires à la mise en place de six indicateurs de suivi des milieux humides testés à l'échelle du bassin de la Loire. Ce document présente aussi l'indicateur trophique, testé sur les marais de la façade atlantique et de la Manche.



## Avec le soutien de :



Cette opération est cofinancée par l'Union européenne, L'Europe s'engage en région Centre-Val de Loire avec le Fonds Européen de Développement Régional.

