

Fiche technique - Sol

Diagnostiquer la sensibilité du sol au tassement



Travaux sylvicoles ou d'exploitation et protection des sols

La note de service 09-T-297 "Travaux sylvicoles ou d'exploitation et protection des sols" constitue une déclinaison opérationnelle de l'accord partenarial "Produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité" conclu entre la Fédération France Nature Environnement, la FNCofof, les Forestiers Privés de France et l'Office national des forêts dans le cadre du Grenelle de l'environnement.

> Elle traduit les engagements pris en matière de politique environnementale dans le cadre de la certification ISO 14001 de l'ONF dont l'axe 3 concerne le sol. Son objectif prioritaire est de limiter le tassement des sols lors des activités réalisées par l'ONF ou ses prestataires.

> Elle précise les conditions d'organisation qui permettent la mécanisation des travaux sylvicoles et d'exploitation tout en limitant leur impact sur la structure des sols forestiers, en fonction de leur sensibilité physique au tassement.



Source : FCBA



Objectif prioritaire : limiter le tassement des sols

Sur sols sensibles, les phénomènes de tassement provoqués par des travaux mal conduits peuvent induire une destruction dommageable pour l'ensemble du milieu forestier (réduction de la capacité de drainage naturel, phénomènes d'engorgement, diminution de l'activité biologique et du développement racinaire...).

Le tassement correspond à une diminution du volume par suite d'efforts de compression verticaux, due à une réduction de la porosité avec expulsion de l'air, puis expulsion de l'eau si la pression se maintient. Ce tassement provoque une augmentation de la masse volumique.

Cette nouvelle fiche technique constitue un outil pédagogique et reprend, en les détaillant, les dispositions de la note de service 09-T-297 concernant le diagnostic de sensibilité des sols au tassement :

> elle explique comment réaliser ce diagnostic, en accomplissant trois actions :

- un diagnostic initial de la sensibilité potentielle à l'échelle de la forêt, à réaliser dans le cadre du suivi des aménagements ;

et lorsque le sol s'avère sensible au tassement :

- la réflexion préalable au choix du ou des systèmes potentiels d'intervention ;
 - la conservation, sur les sols sensibles, de la praticabilité des cloisonnements, en évitant leur détérioration.
- > elle fournit les méthodes pour répartir les sols en trois classes :

Sensibilité du sol au tassement

Non sensible



Sensible



Très sensible





Eléments du diagnostic

Tout diagnostic de sensibilité d'un sol au tassement doit être réalisé en prenant en compte des facteurs :

- > **constants dans le temps** : pierrosité, texture et hydromorphie ;
- > **variables dans le temps** : engorgement et humidité.

1. Pierrosité

C'est la teneur en **éléments grossiers** (particules de diamètre > 2 mm, incluant cailloux, graviers et gravillons) ; cette teneur peut être déterminée selon deux méthodes :

Méthodes	Critères	Sensibilité au tassement
Tarière	Bloquée systématiquement malgré plusieurs essais	Pierrosité forte (taux d'éléments grossiers ≥ 50 %) ⇒ Sensibilité au tassement nulle ou faible mais, en période d'engorgement, les sols caillouteux alluviaux ou de fond de vallon peuvent perdre leur structure sous le passage d'engins
	Non bloquée systématiquement lors de plusieurs essais <i>(peut être bloquée lors d'un essai par des cailloux, même en faible quantité)</i>	
Examen d'un profil pédologique existant ou creusé à la pioche	Les éléments grossiers se touchent	Pierrosité faible (taux d'éléments grossiers < 50 %) ⇒ Sensibilité au tassement variable
	Les éléments grossiers ne se touchent pas	

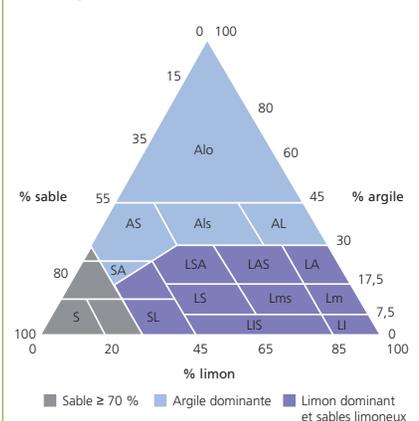
2. Texture

Les classes de textures peuvent être **estimées au toucher** sur le terrain, la texture d'un sol étant déterminée en utilisant l'outil "Triangle des textures".

- Les sables grossiers (> 0,2 mm) "grattent" les doigts et sont nettement sensibles au toucher.
- Les sables les plus fins (< 0,1 mm) sont peu sensibles au toucher mais crissent à l'oreille.

Classe de textures des sols	Propriétés	Sensibilité potentielle au tassement
Sables dominants	Peuvent constituer un squelette très portant en période humide, ne se tassent pas et ne fluent pas sous le poids des engins	nulle
Argiles dominantes	Permettent une fissuration par alternances de gonflement/retrait, indispensables à la structuration du sol ; mais une couche de sol argileuse mal structurée ou détruite par le tassement devient très vite imperméable	faible risque de formation d'une nappe d'eau temporaire
Limons dominants	Cumulent l'incapacité de gonflement/retrait des sables et l'imperméabilité des argiles en cas de mauvaise structuration ou de destruction	moyenne à forte

Triangle des textures (Jamagne 1967, modifié)



- Alo Argile lourde
- AS Argile sableuse
- Als Argile limono-sableuse ou argile
- AL Argile limoneuse
- LA Limon argileux
- Lm Limon moyen
- LI Limon léger
- LmS Limon moyen sableux
- LIS Limon léger sableux
- LS Limon sableux
- SL Sable limoneux
- S Sable
- SA Sable argileux
- LSA Limon sablo-argileux
- LAS Limon argilo-sableux

3. Hydromorphie

L'hydromorphie se repère par des **traces de décoloration beige clair ou gris clair** (perte de fer) et **rouille** (accumulation d'oxyde de fer), liées à la stagnation d'une nappe d'eau. La

profondeur d'apparition de traces d'hydromorphie témoigne du niveau qu'une nappe d'eau atteint périodiquement dans le sol.

Un sol est considéré **hydromorphe** si ces traces recouvrent plus de 10 %

de la surface du profil ou de la carotte de sol extraite à la tarière. Les nappes circulantes sont toutefois oxygénées et ne laissent donc pas de traces, même s'il y a engorgement (cas des sols alluviaux).

4. Engorgement

Un sol est **engorgé** si le trou creusé à la tarière le jour même de l'observation se remplit rapidement d'eau jusqu'à la profondeur d'apparition de la nappe.

Si la nappe d'eau est permanente et située à moins de 50 cm de la surface, le sol est toujours très sensible, quelle que soit sa texture.

5. Humidité

Hormis le cas des sols engorgés en permanence (ci-dessus), on peut établir un diagnostic de la sensibilité du sol en croisant sa texture et son état d'humidité.

On distingue au toucher l'état **sec, frais ou humide** de chaque horizon du sol. Les propriétés permanentes du sol et son humidité peuvent varier selon la profondeur du sol. Ainsi, sur un point

d'observation donné, si plusieurs horizons de sol de sensibilités différentes sont superposés, il convient de retenir la plus forte sensibilité observée sur les 50 premiers cm.

Texture dominante voir triangle des textures	Etat d'humidité du sol		
	Sol sec	Sol frais	Sol humide
Sable sable grossier à sable fin	Peu de différences selon l'état d'humidité de l'échantillon. Un échantillon sec ne tient pas dans la tarière, alors qu'un échantillon humide peut éventuellement se mouler (tel un château de sable)		
Sable limoneux et sable argileux	La présence de sable est dominante mais l'échantillon laisse une poudre sur les doigts (sable limoneux)	Il se tient un peu quand on essaie de le modeler Il s'effrite facilement (sable limoneux) ou colle légèrement (sable argileux)	Il se disperse très facilement comme le limon, mais "gratte" nettement. Une faible quantité d'argile rend l'échantillon collant à l'état humide mais il ne se tient pas
Limon sableux	L'échantillon a un comportement équivalent aux limons mais il "gratte" quelque peu	L'échantillon a un comportement équivalent aux limons mais il "gratte" quelque peu	L'échantillon a un comportement équivalent aux limons mais il "gratte" quelque peu
Limon limon léger, limon léger sableux, limon moyen sableux, limon moyen	Il est poussiéreux, pulvérulent, dessèche les doigts Les petites mottes soumises à la pression éclatent complètement (pulvérisation) L'échantillon ne se modèle pas	Il est doux au toucher et peu collant (aspect de talc) Il se modèle bien (boudin) mais s'effrite facilement à la pression entre le pouce et l'index et forme, au mieux, des écailles sur le pouce	Il a un aspect savonneux Il s'écrase totalement entre les doigts et se disperse intégralement dans l'eau (perte de consistance, aspect de boue)
Limon argileux limon argileux, limon argilo-sableux, limon sablo-argileux.	L'échantillon s'écrase facilement sa pulvérisation n'est pas totale (différence avec le limon)	Il est doux au toucher, s'écrase facilement (il ne reste qu'une fine lamelle écailleuse entre le pouce et l'index), colle peu, se modèle très bien avec une très bonne tenue du boudin (consistance de pâte à modeler)	Sa tenue est très faible Il se disperse facilement dans l'eau (meilleure tenue pour l'argile limoneuse, proche des argiles)
Argile argile limoneuse, argile lourde, argile, argile sableuse	Elle forme des petits blocs très durs et fortement cohérents (ils peuvent parfois être confondus avec des sables grossiers) On peut briser ces blocs en morceaux plus petits mais non les réduire en poudre à la main	L'échantillon résiste à la pression et se modèle (consistance de pâte à modeler) : on peut en faire un boudin assez fin, collant fortement aux doigts. Par pression entre le pouce et l'index, on peut former une lamelle d'autant plus fine que l'échantillon est argileux	Il reste plastique, très collant et résiste toujours à la pression se déforme mais ne se délite pas (ne se fragmente pas, ne se désagrège pas)
		Attention toutefois aux échantillons très argileux, frais à humides, pour lesquels la confection d'une lamelle n'est pas toujours possible ; l'argile forme un "masque" lisse sur la peau (absence "d'écailles")	

Pour résumer, c'est l'état d'humidité du sol qui constitue le facteur déterminant de sa sensibilité au tassement,

traduite dans le schéma synthétique suivant :

Texture au sol	Etat d'humidité du sol			
	Sol sec sur 50 cm de profondeur	Sol frais	Sol humide	Nappe d'eau à moins de 50 cm de la surface
Sol très caillouteux (éléments grossiers \geq 50 %)	[bleu]			[orange]
Sol très sableux (sable \geq 70 %)	[bleu]		[jaune]	[orange]
Sol à argile dominante	[bleu]	[jaune]		[orange]
Sol à limon dominant et sol sablo-limoneux	[bleu]	[jaune]	[orange]	[orange]



Mise en œuvre du diagnostic

Action 1 : réaliser un diagnostic initial à l'échelle de la forêt

L'**objectif** est de doter progressivement les forêts à enjeu moyen ou fort de production, d'une **carte de sensibilité** potentielle des sols au tassement dans les zones où la pente est inférieure à 40 %, à l'occasion :

- > de l'élaboration d'un nouvel aménagement ;
- > d'un modificatif d'aménagement, suite à un bilan périodique.

Ce type de carte permet d'**optimiser l'organisation de l'exploitation** dans

l'espace et dans le temps, en réservant pour les périodes humides des parcelles peu sensibles par tout temps (sols très sableux ou très caillouteux non hydromorphes) et en focalisant l'effort d'exploitation sur les autres sols en période sèche.

Cette carte à vocation pratique doit être élaborée avant tout **à partir de l'expertise des personnels de terrain**, en s'appuyant si possible sur la carte des stations forestières.

Elle doit principalement faire apparaître :

- > les **sols engorgés en permanence** rendant impossible la mécanisation terrestre complète des travaux et des coupes ;
- > les **sols à forte sensibilité potentielle** où la mécanisation des travaux et des coupes est impossible à certaines périodes de l'année : les prescriptions particulières des ventes dans les unités de gestion concernées doivent alors mentionner cette restriction.

Action 2 : réfléchir au choix des systèmes potentiels d'intervention

Bien avant toute intervention, le gestionnaire forestier doit prévoir le système d'exploitation le mieux adapté à chaque contexte, lors de l'établissement du document d'aménagement ou de la programmation des interventions.

S'il est impossible d'estimer à l'avance l'état d'humidité d'un sol, la connaissance de ses propriétés intrinsèques (texture, pierrosité, hydromorphie) permet de définir *a priori* différentes options d'intervention :

- > quelle que soit sa texture ou sa charge en cailloux :
 - un **sol sec** (ou fortement gelé) **est toujours portant** : les engins peuvent alors y circuler sans précautions particulières ;

- un **sol engorgé** avec présence d'une nappe d'eau située à moins de 50 cm de la surface **est très sensible** au tassement : la **mécanisation terrestre** complète des travaux et des coupes doit être **proscrite**, sous peine de dommage irréversible.

- > à l'exception des sols très caillouteux, un **sol humide, voire même seulement frais, est toujours sensible**. Un tassement peut être causé en profondeur sans qu'aucune trace ne soit apparente en surface ; aussi le passage d'engins dans la parcelle doit être organisé et nécessite des précautions particulières. Les sols limoneux ou sablo-limoneux sont les plus sensibles.

> dans la grande majorité des cas et dès lors que la pente le permet (pente inférieure à 40 %), les **cloisonnements** sur lesquels doivent impérativement circuler tous les engins forestiers pour le bûcheronnage, le débardage (en application des articles 1.1.2 et 3.2.2 du RNEF) et la plupart des travaux sylvicoles, **sont la réponse adaptée à la mécanisation tout en assurant la préservation des sols forestiers**.

- > pour les parcelles sur sols à engorgement permanent ou à forte sensibilité rendant la mobilisation des bois difficile toute l'année, il est judicieux d'étudier la faisabilité de l'utilisation d'un **système de récolte alternatif, tel que le câble aérien**, ou dans d'autres cas la **petite mécanisation**.

Action 3 : sur les sols sensibles, conserver la praticabilité des cloisonnements en évitant leur détérioration

Sur sol sensible, il faut éviter qu'un scalpage des horizons superficiels, ou que des ornières trop importantes causées par des engins compromettent l'utilisation ultérieure des cloisonnements d'exploitation, ou nécessitent

une remise en état coûteuse. Conformément au tableau ci-dessous, il convient :

> de prévoir que l'utilisation des cloisonnements soit accompagnée de précautions supplémentaires à inscrire

dans les clauses particulières des coupes concernées, en particulier le dépôt des rémanents d'exploitation sur les cloisonnements ;

> d'interdire leur utilisation dans les cas extrêmes.

Texture	Etat d'humidité du sol		
	Sol sec sur 50 cm de profondeur	Sol frais	Sol humide
Sol très caillouteux (éléments grossiers ≥ 50 %) > sols praticables par tous temps	pas de précaution particulière		
Sol très sableux (sable ≥ 70 %) > sols praticables toute l'année moyennant des précautions lorsque les sols sont humides (notamment en hiver)	pas de précaution particulière		<ul style="list-style-type: none"> > couche de rémanents de 30 cm d'épaisseur minimum ⁽¹⁾ > réduction de la charge des engins > incitation à l'utilisation de pneus larges, et tracks ⁽²⁾ à tuiles larges
Sol à argile dominante > sols praticables toute l'année moyennant des précautions lorsque les sols sont frais ou humides (notamment en hiver)	pas de précaution particulière	<ul style="list-style-type: none"> > couche de rémanents de 30 cm d'épaisseur minimum ⁽¹⁾ > réduction de la charge des engins > incitation à l'utilisation de pneus larges, et tracks ⁽²⁾ à tuiles larges 	
Sol à limon dominant et sol sablo-limoneux avec présence d'hydromorphie temporaire > sols impraticables à certaines périodes de l'année et sous certaines conditions lorsqu'ils ne sont pas secs sur 50 cm	pas de précaution particulière	<ul style="list-style-type: none"> > couche de rémanents de 30 cm d'épaisseur minimum ⁽¹⁾ > réduction de la charge des engins > incitation à l'utilisation de pneus larges, et tracks ⁽²⁾ à tuiles larges 	Pas d'utilisation possible des cloisonnements tant que le sol est dans cet état d'humidité : attendre que le sol soit ressuyé ou gelé pour entamer ou poursuivre l'abattage mécanisé et le débardage ⁽³⁾
Nappe permanente à moins de 50 cm de la surface avec texture quelconque	Pas de cloisonnements d'exploitation permettant la mécanisation complète des coupes Exceptionnellement, on peut envisager d'utiliser des cloisonnements d'exploitation avec un entraxe de 36 à 40 m à condition : <ul style="list-style-type: none"> > d'imposer le débusquage par câble des produits éloignés ainsi qu'un abattage traditionnel sur les zones inaccessibles à la machine > d'exploiter lors des conditions climatiques les plus favorables > de disposer une couche de rémanents de 30 cm d'épaisseur minimum ⁽¹⁾ > de réduire la charge des engins > d'inciter à l'utilisation de pneus larges, et tracks ⁽²⁾ à tuiles larges 		

(1) Si la récolte des menus bois est prévue, elle doit donc impérativement se faire lorsque le sol est sec ou gelé. Cette contrainte, qui se substitue alors à la disposition d'une couche de rémanents sur les cloisonnements, doit explicitement figurer dans les clauses particulières.

(2) Track : semi-chenille métallique se montant sur les deux roues d'un boggye, afin d'augmenter la surface de contact au sol et donc de réduire la pression qui s'y exerce.

(3) Pour les ventes de bois sur ce type de sols, cette possibilité d'arrêt de l'exploitation et du débardage lié à l'état du sol, en application de l'article 3.2.2 du RNEF, doit figurer dans les prescriptions particulières.

Plus d'informations

Sources externes

- > Guide pratique : Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt "PROSOL"
FCBA-ONF, 2009
- > Laissez une bonne impression !
Guide de gestion environnementale des chantiers forestiers (disponible sur les sites internet des partenaires).
AFOCEL, CTBA, ONF, *Entrepreneurs des Territoires*, FNCOFOR et FNB, 2003
- > PISCHEDDA D., BRÊTHES A., RANGER J., 2009.
Enjeux et gestion du risque de tassement des sols en forêt. Colloque INRA : "Le tassement, un risque majeur pour les sols ?"
SIMA 2009

Sources internes

- > Règlement national d'exploitation forestière
RNEF, 2008
disponible sur www.onf.fr
Accès professionnel/Filière bois
- > Note de service 09-T-297 : Travaux sylvicoles ou d'exploitation et protection des sols
- > Notes de service 06-G-1268 et 07-G-1409 :
Politique environnementale de l'ONF et révision
- > LAMANDÉ M., RANGER J., LEFÈVRE Y., 2005.
Effets de l'exploitation forestière sur la qualité des sols.
Les dossiers forestiers de l'ONF, n° 15,
131 p.
- > ONF, 2005. Dossier "Tassements du sol dus à l'exploitation forestière".
Rendez-vous techniques de l'ONF, n° 8,
pp. 23-51
- > ONF, 2008. Dossier "Exploitation respectueuse des sols".
Rendez-vous techniques de l'ONF, n° 19,
pp. 23-54
- > Intraforêt : n° 127d4 et ada0

Contact

Didier PISCHEDDA
didier.pischedda@onf.fr

Alain BRÊTHES
alain.brethes@onf.fr

Cette fiche est éditée grâce aux crédits du FEDD conformément au plan d'action de la politique environnementale (action H10).

Direction de la publication

ONF - DEDD/DTCB/DGCOM

Rédaction

Jean-Michel MOUREY
Didier PISCHEDDA
Laurence LEFEBVRE

Hiver 2009