

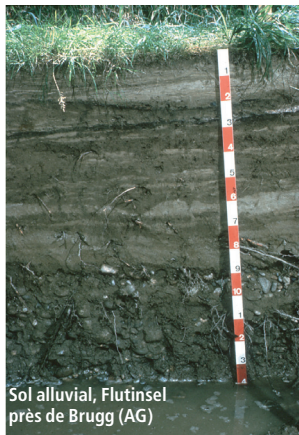
Attribution des profils de sols de la base de données WSL aux types de stations forestières selon NaiS

Peter Lüscher, Monika Frehner, Gabriele Carraro, Urs Rutishauser

Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement
OFEV
Division Forêts



Sol brut rocheux dans le Jura soleurois



Sol alluvial, Flutinsel près de Brugg (AG)



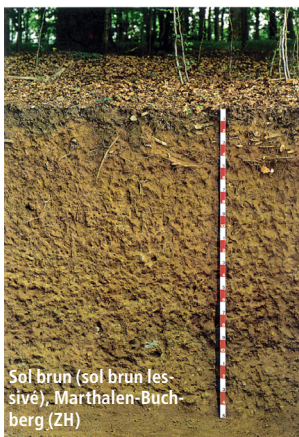
Sol organique
Grabs (SG)



Pararendzine,
Stalden (VS)



Pseudogley, Schmidwald
près de Melchnau (BE)



Sol brun (sol brun lessivé),
Marthalen-Buchberg (ZH)



Podzol humo-ferrugineux,
Engstlenalp (BE)



Cryptopodzol, Pian
d'Arf (GR)

18 août 2017

7 Initiation à l'étude du sol

- 7.1 Horizons du sol
- 7.2 Formes d'humus
- 7.3 Types de sols et leur formation
- 7.4 Appréciation des caractéristiques du sol
- 7.5 Fiches de description de la station
- Littérature

Le sol en tant qu'espace racinaire est un élément de la biocénose forestière indispensable à la croissance des végétaux. L'appréciation des couches supérieures et sous-jacentes du sol nous éclaire sur les conditions du milieu et fournit de précieux arguments ainsi qu'une aide à la décision pour les interventions sylvicoles.

Les principes énoncés ci-après ont été définis pour caractériser les horizons du sol et pour déterminer les formes d'humus et la formation des sols. Ces principes reposent largement sur les définitions et les procédures décrites dans le premier volume des sols forestiers de Suisse, un ouvrage publié en allemand et intitulé «Waldböden der Schweiz» (Walther, Zimmermann, Blaser, Luster et Lüscher, 2004). A cela s'ajoutent un glossaire des principaux termes pédologiques en annexe à ce premier volume aux pages 653 à 691.

7.1 Horizons du sol

Ces horizons sont décrits sur la base des caractéristiques du sol. Une distinction est généralement établie entre les horizons organiques et les horizons minéraux (Illustration 5). Les principes régissant l'attribution des symboles pour les différents horizons sont résumés au chapitre 7.1.3.

7.1.1 Horizons organiques

Les horizons organiques recouvrent les horizons minéraux. Ils se distinguent par le degré de décomposition de la matière organique et par la structure des débris végétaux. Ces horizons sont le résultat de processus de décomposition et de transformation dans des conditions de milieu variées où l'humidité de la couche supérieure du sol joue notamment un rôle déterminant.

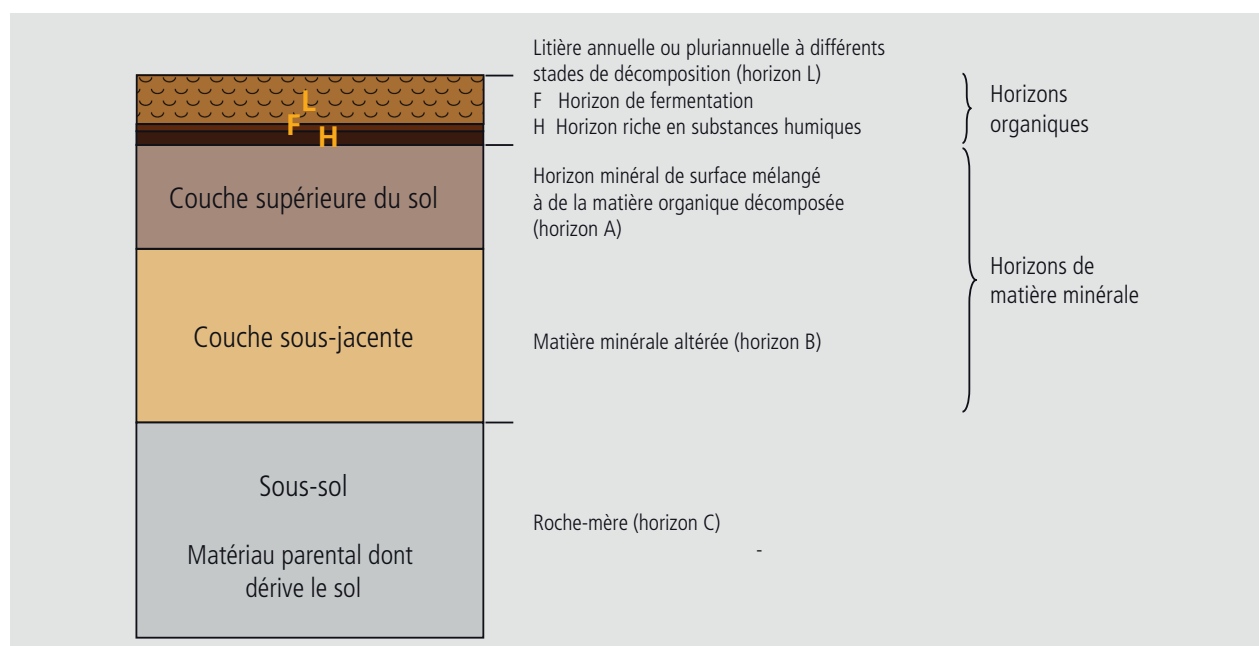


Illustration 5: Représentation schématique de la structure du sol



Illustration 6: Surface du sol recouverte de litière



Illustration 7: Surface du sol recouverte de litière constituée principalement d'aiguilles de résineux

7.1.1.1 Horizons des couches supérieures des sols terrestres (altération sans influence de l'eau)

L Horizon de litière

L'horizon de litière L (litter) est composé de débris végétaux de surface, encore identifiables (Illustration 6 et 7). Ils peuvent être aérés à l'état sec ou agglomérés à l'état humide, voire même former des couches comprimées après la fonte des neiges. Ces débris végétaux sont essentiellement non transformés avec moins de 10% de substance organique fine.

F Horizon de fermentation

L'horizon de fermentation ou de décomposition F (Illustration 8) est constitué de débris végétaux de surface dont la structure est discernable avec présence de substance organique fine (10 - 70 %v). Les processus d'altération se reflètent souvent dans des indices visib-

H Horizon humique

L'horizon humique H est composé principalement de substances organiques fines (> 70 %v) et de débris végétaux difficilement identifiables (Illustration 9). Aucune structure n'est visible. Il est de consistance collante à l'état humide. Sa couleur est foncée à noire. La matière minérale fait défaut. Le latic racinaire de plantes vivantes lui confère souvent une certaine cohérence.

L'horizon de litière, l'horizon de fermentation et l'horizon humique sont regroupés sous la dénomination d'horizons organiques également appelés couches organiques.



Illustration 8: Horizon de fermentation



Illustration 9: Horizon humique

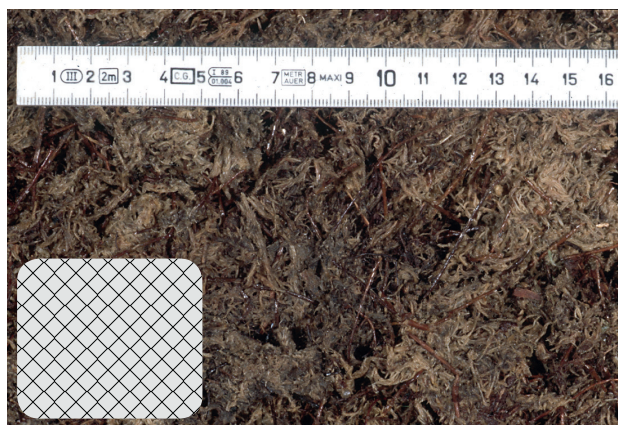


Illustration 10: Horizon tourbeux

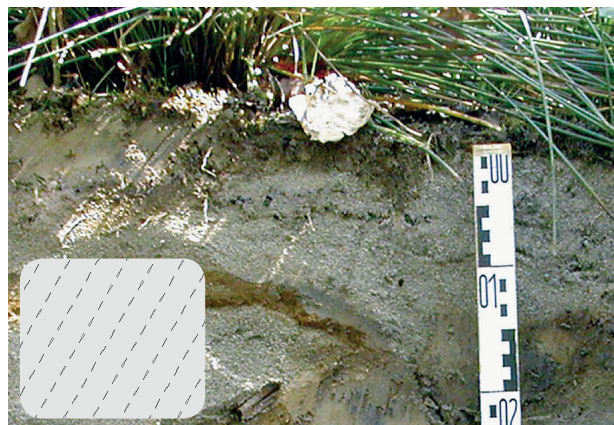


Illustration 11: Horizon minéral Ai : début de formation d'humus

7.1.1.2 Horizon organique des sols semi-terrestres et des marais (altération sous l'effet de l'eau)

T Horizon tourbeux

L'horizon tourbeux est constitué de restes de plantes à l'origine de la tourbe. Il contient des substances fibreuses en phase de turbification (Illustration 10).

7.1.2 Horizons minéraux

Ces horizons sont principalement constitués de composants minéraux. Ils sont mélangés à de la matière organique (humus) dans la couche supérieure du sol où leur classification se base sur la teneur en humus, la structure, la brunification, l'hydromorphie et la migration (lessivage). Dans les couches sous-jacentes des sols, les signes distinctifs sont quant à eux la couleur, le stade d'altération, l'hydromorphie, l'éluviation (lessivage) et l'illuviation (enrichissement ou accumulation).

7.1.2.1 Horizons des couches supérieures des sols terrestres, mélangés à de l'humus

A Horizon organo-minéral

Horizon minéral de surface ; la couleur de la terre minérale fine est assombrie par la matière organique.

Ai Horizon A pauvre en matière organique au stade initial de formation du sol lorsque son développement est encore lacunaire (Illustration 11).

Ah Horizon A très humique, nettement assombri par la matière organique mélangée à la matière minérale. La



Illustration 12: Horizon Ah



Illustration 13: Horizon Ahh

structure granuleuse traduit l'activité de la pédofaune (Illustration 12).

Ahh Zone supérieure d'un horizon Ah avec une activité biologique du sol nettement ralentie (Illustration 13). L'horizon Ahh est principalement composé de matière organique fortement transformée (humifiée), d'où sa couleur foncée à noire. Il ne contient que très peu d'éléments

minéraux, faute de mélange. Les horizons Ahh donnent des indications sur les anciens modes d'exploitation pratiqués ou sur la composition en essences des peuplements précédents et ils peuvent être influencés par le stade de développement (p.ex. stade du perchis).

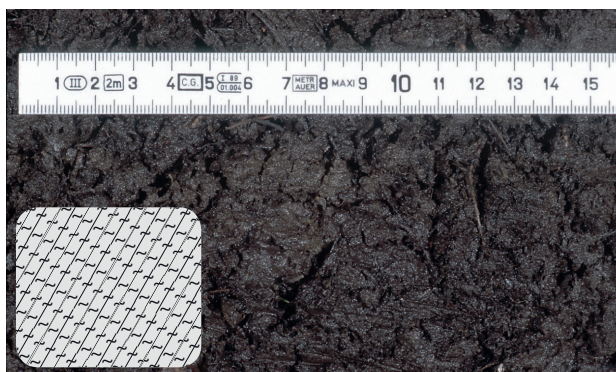


Illustration 14: Horizon Aa

Aa Horizon A hydromorphe composé d'un mélange sombre de matière minérale et de matière organique fine (de type anmoor). Cet horizon se forme sous l'action de l'eau qui limite l'aération (conditions anaérobies). Sa structure est à peine discernable et il présente parfois des signes d'hydromorphie (Illustration 14).

Atteintes à la surface du sol

Érodée: Les diverses formes d'érosion (vent, eau) peuvent ameublir la litière, mais elles peuvent aussi provoquer un déplacement superficiel de la matière minérale fine (Illustration 15).

Compactée (près de la surface): Suite au piétinement du bétail ou à des interventions de récolte des bois. Les sols peuvent aussi être compactés à différentes profondeurs par les processus liés à la pédogenèse (cf. sol brun lessivé, sols à nappe perchée) (Illustration 16).

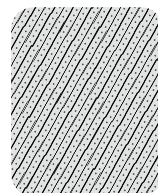


Illustration 15: érodée

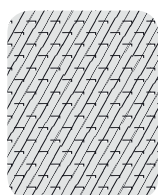


Illustration 16 : compactée

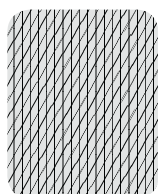
Horizons de transition



AE Horizon A, décoloré (appauvri suite à une migration de fer et de substance organique), transition vers un horizon E.

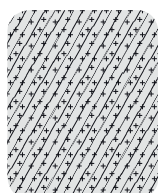


AEI Horizon A, lessivé (marqué par un appauvrissement en argile, sus-jacent à un horizon enrichi en argile (Bt), d'aspect décoloré par rapport à l'horizon Bt).

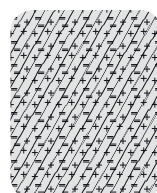


AB Transition vers un horizon B (humique).

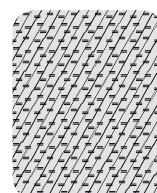
AC Transition vers un horizon C (humique).



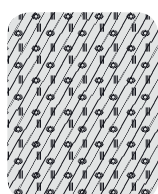
Silicate



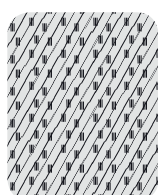
Roche mixte



Calcaire



AS Horizon A, hydromorphe (marbré ou tacheté de rouille sous l'action d'une nappe perchée).



AG Horizon A, hydromorphe (tacheté de rouille sous l'action d'une nappe de fond ou de pente).

7.1.2.2 Horizons des couches sous-jacentes des sols terrestres

E Horizon éluvial (horizon d'éluvation), décoloré suite à une migration de fer et de substance organique (podzolisation), appauvri en éléments nutritifs (Illustration 17).

El Horizon éluvial (horizon de lessivage). Formé par la migration d'argile, appauvri en cette substance, sus-jacent à un horizon illuvial (Bt), mais généralement plus clair que ce dernier (Illustration 18). La teneur en argile est sensiblement différente de celle de l'horizon Bt (pour autant que la roche-mère soit identique).

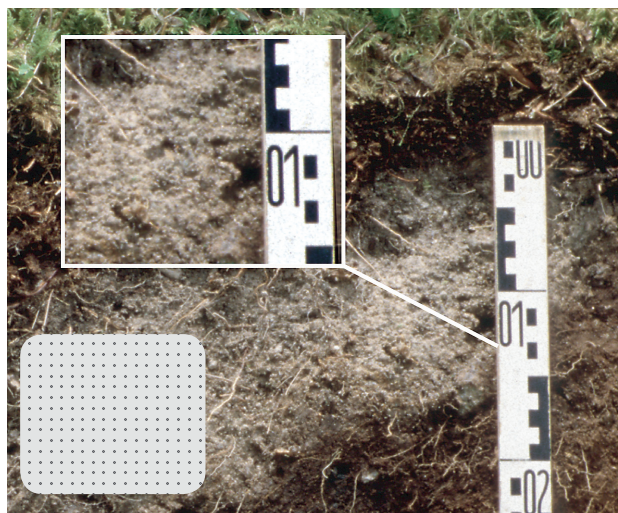


Illustration 17: Horizon éluvial E, décoloré (couleur claire), appauvri en fer, en substance organique et en éléments nutritifs

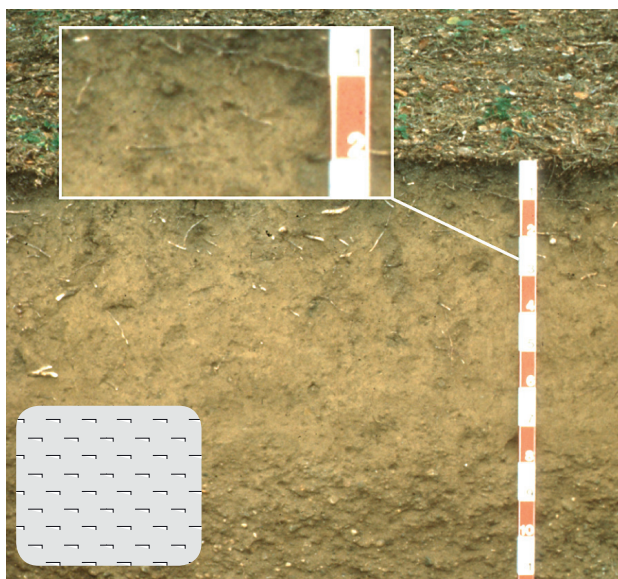


Illustration 18: Horizon El, appauvri en argile

Horizons de transition

ES Horizon éluvial (décoloration hydromorphe), appauvri en sesquioxydes suite à une décoloration hydromorphe (Illustration 19).

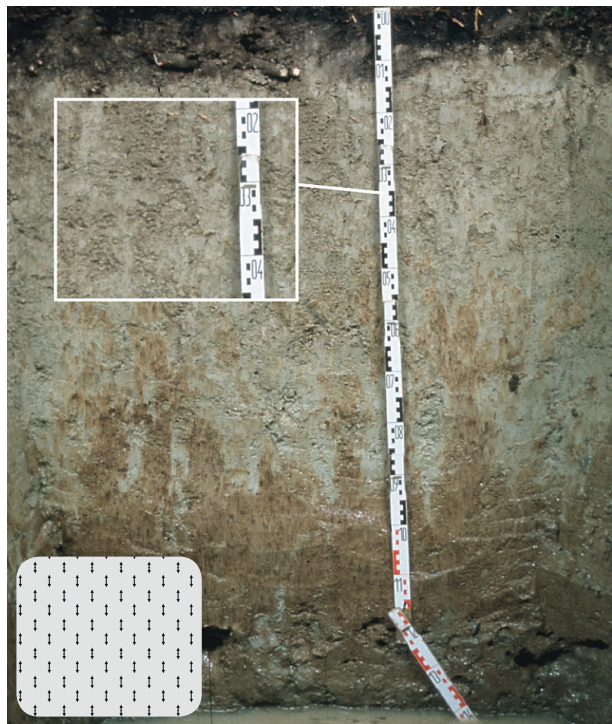


Illustration 19: Horizon ES

EIB Transition avec un horizon B (appauvri en argile) (Illustration 20).

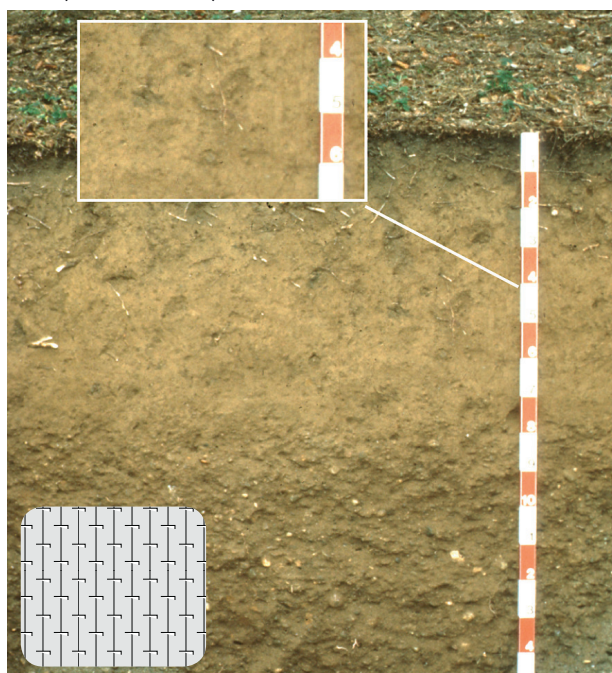


Illustration 20: Horizon EIB

B Horizon minéral d'altération, de couleur brune. L'altération et/ou la néoformation d'argile rendent la couleur et la teneur en éléments de cet horizon différentes de celles de la roche-mère.

Bv Horizon B fortement brunifié (Illustration 21).

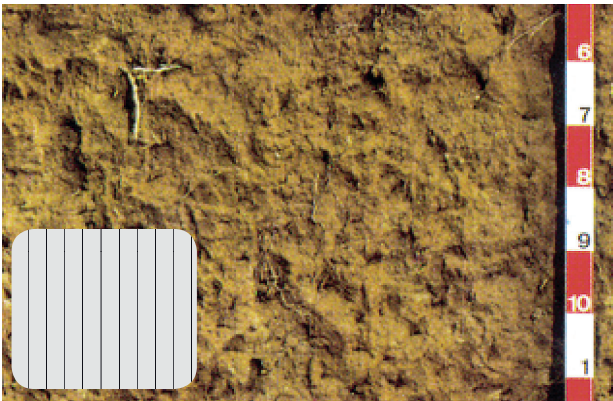


Illustration 21: Horizon de matière minérale Bv, brunifié (altération, illuviation, néoformation)

Bt Horizon illuvial (ou d'accumulation) fortement enrichi en argile suite à sa migration par lessivage (masques en argile). La teneur en argile est sensiblement différente de celle d'un horizon appauvri en cette substance (pour autant que la roche-mère soit identique) (Illustration 22).

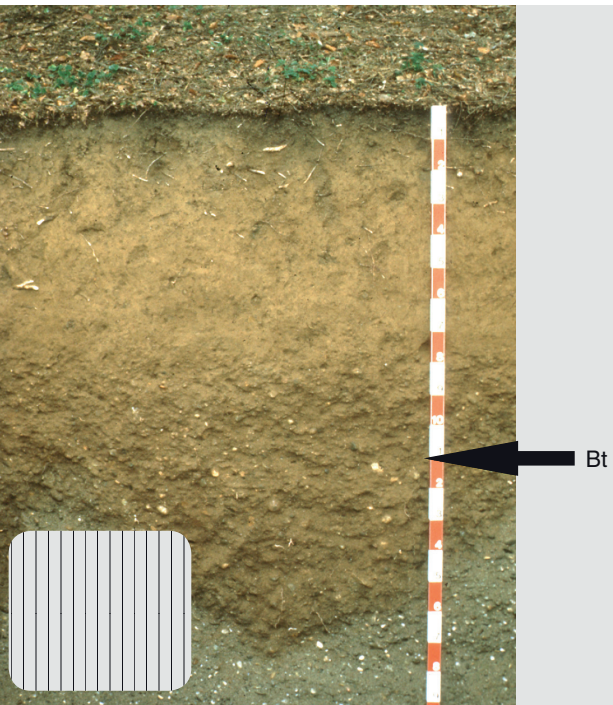


Illustration 22: Horizon Bt: fortement enrichi en argile suite à sa migration (masques en argile, structure prismatique)

Bh Horizon illuvial (podzolisation), enrichi en matières humiques suite à l'illuviation (de couleur foncée à noirâtre) (Illustration 23).

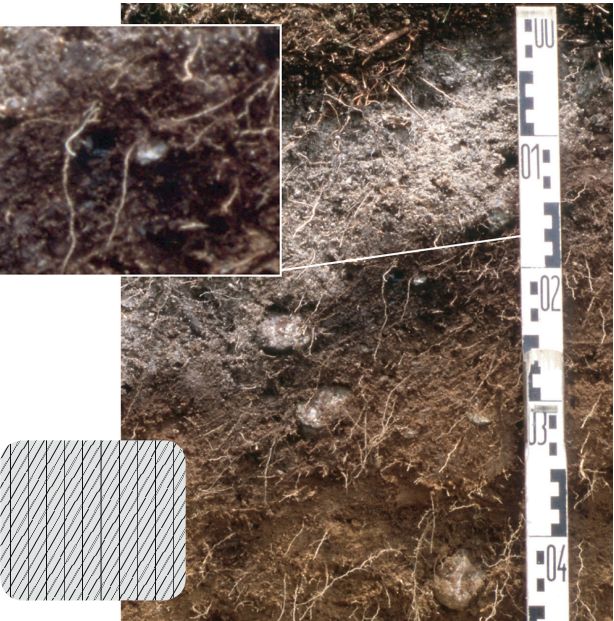


Illustration 23: Horizon Bh: de couleur foncée à noirâtre (enrichi en matières humiques suite à leur migration)

Bs Horizon illuvial (podzolisation), enrichi en sesquioxydes suite à l'illuviation (de couleur rougeâtre) (Illustration 24).

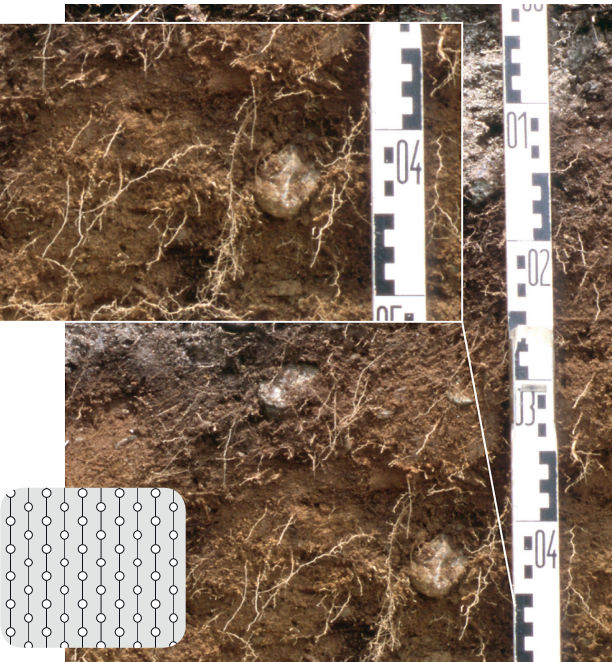


Illustration 24: Horizon Bs: de couleur rougeâtre (enrichi en fer et en éléments nutritifs suite à leur migration)

Bh,s Horizon illuvial (crypto-podzolisation), enrichi en matières humiques et en sesquioxydes suite à l'illuviation. La présence de l'humus donne à la matière minérale fine une couleur foncée qui masque les teintes rougeâtres des sesquioxydes.



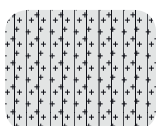
Bcn Horizon B hydromorphe, avec concrétions de manganèse (Illustrations 25 et 61).



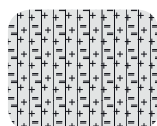
Illustration 25: Horizon Bcn avec concrétions de manganèse

Horizons de transition

BC Transition vers un horizon C.



Silicate



Roche mixte



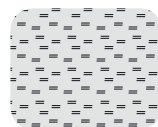
Calcaire

BS Horizon B hydromorphe (marbré ou tacheté de rouille sous l'action d'une nappe perchée).

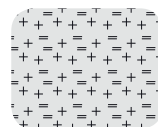
BG Horizon B hydromorphe (tacheté de rouille sous l'action d'une nappe de fond ou de pente)

7.1.2.3 Roche-mère

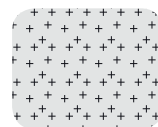
C Roche-mère (roche meuble), à l'origine de la pédogenèse. Couche de fond à peine influencée par la pédogenèse.



Horizon C
calcaire



Horizon C
roche mixte



Horizon C
silicate

Cv Horizon C présentant un début d'altération (faible brunissement) (Illustration 26).



Illustration 26: Horizon Cv

Horizons de transition

CS Horizon C hydromorphe (marbré ou tacheté de rouille sous l'action d'une nappe perchée).



CG Horizon C hydromorphe (tacheté de rouille sous l'action d'une nappe de fond ou de pente).



IIC Changement de couche (matériau parental géologiquement différent) (Illustration 27).



Illustration 27: Horizon IIC, changement de couche dans le profil

R Roche-mère (roche dure, substrat rocheux), à l'origine de la pédogenèse (Illustration 28).

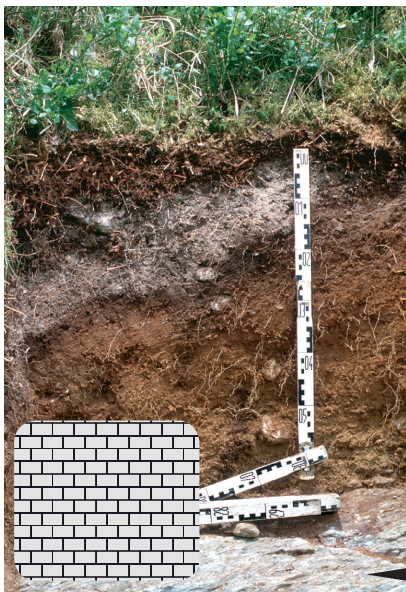


Illustration 28: Horizon R (roche)

7.1.2.4 Horizons influencés par une nappe perchée

S Horizon à eau stagnante (colorations rouge pâle, taches de rouille, concrétions de manganèse).

Sw Horizon de stagnation temporaire à humidité fluctuante, (donc temporairement anaérobie) (Illustration 29).

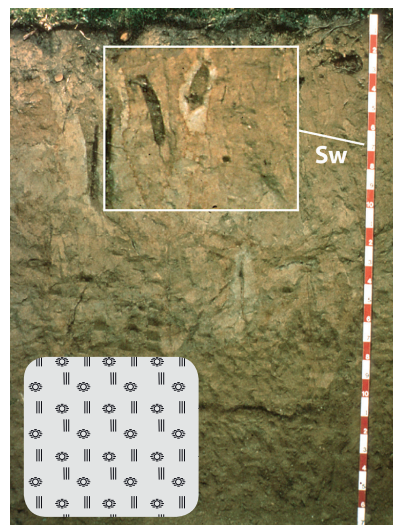


Illustration 29: Horizon Sw

Sd Horizon du plancher de la nappe (zone de rétention), marbré, plus dense, moins perméable et donc plus fréquemment anaérobie que l'horizon Sw sus-jacent (Illustration 30).

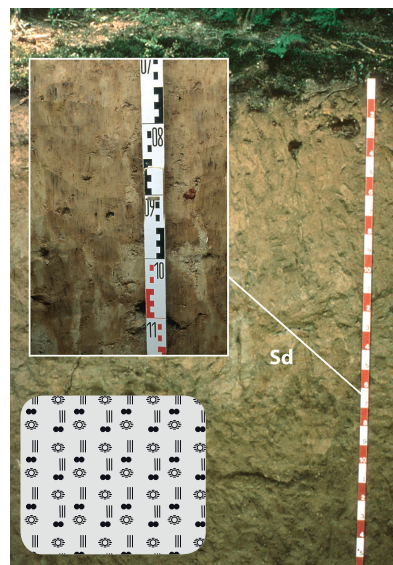


Illustration 30: Horizon Sd

2A

7.1.2.5 Horizons des couches sous-jacentes des sols semi-terrestres et des marais

G Horizon gleyeux, horizon minéral, influencé par une nappe permanente de fond ou de pente (Illustration 31).

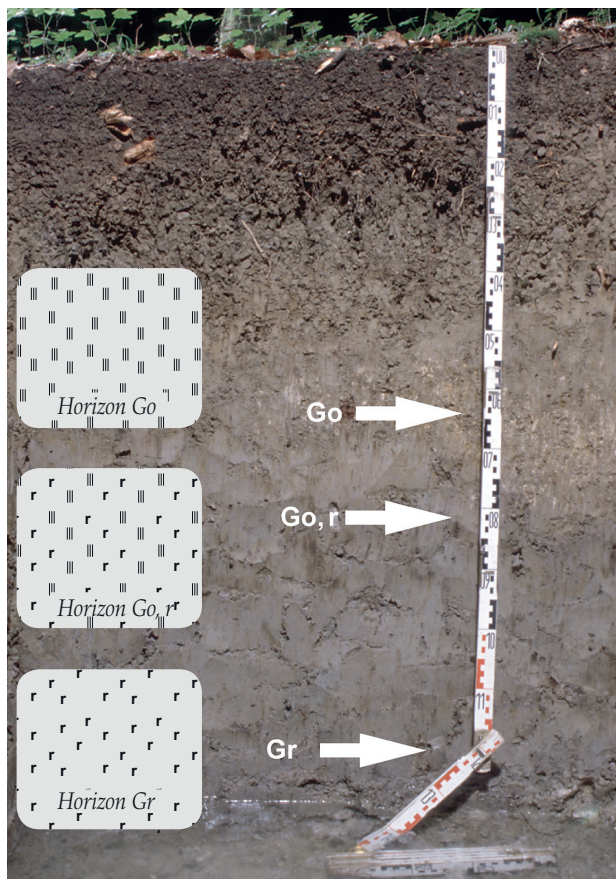


Illustration 31: Horizon G

Go Horizon formé dans des conditions oxydantes (horizon d'oxydation), taches de rouille dans la zone de battement d'une nappe de fond ou de pente.

Gr Horizon formé dans des conditions réductrices (horizon de réduction), colorations de réduction, constamment saturé d'eau.

Go,r Horizon Go partiellement réduit.

7.1.3 Clé des symboles attribués aux horizons

A Les horizons sont caractérisés par des lettres majuscules (symbole principal).

Ah Les caractéristiques typiques des horizons correspondants sont exprimées au moyen de lettres minuscules (symbole supplémentaire). Le symbole supplémentaire h de l'horizon Ah indique par exemple une teneur en humus plus élevée que dans un horizon A.

BC Les horizons de transition présentent les caractéristiques de deux horizons. La succession des deux symboles principaux est dictée par la pédogenèse, c'est-à-dire par la formation du profil du haut vers le bas. Elle ne souligne pas l'importance des horizons.

A/C Les horizons complexes où les caractéristiques et les propriétés d'un horizon sont également présentes dans d'autres horizons.

B1 Zones du sol dont les caractéristiques sont légèrement différentes.

B2 "

B3 "

II Changement géologique des couches, p. ex. IIC.

() Horizon aux caractéristiques indistinctes.

[] Horizon aux caractéristiques discontinues.

Ah-B-C Représentation d'une succession d'horizons

7.2 Formes d'humus (Couches supérieures du sol)

7.2.1 Remarques concernant les formes d'humus

Les formes d'humus sont décrites et définies d'après la succession des différents horizons et l'épaisseur des horizons organiques. La forme d'humus est un indicateur intégral de la capacité de transformation des éléments nutritifs de la couche supérieure du sol et par conséquent de son degré d'activité biologique pour une station donnée.

Il existe plusieurs formes d'humus. Le mull se forme lorsque les débris végétaux sont décomposés en l'espace d'une année et que la matière organique transformée se mélange en profondeur avec la matière minérale fine. L'humus brut se distingue par des horizons organiques épais et une faible incorporation dans les horizons minéraux inférieurs. Le moder est une forme d'humus intermédiaire dont l'activité biologique est modérée. Ces trois formes d'humus typiques (mull, moder, humus brut) se développent généralement en conditions aérobies.

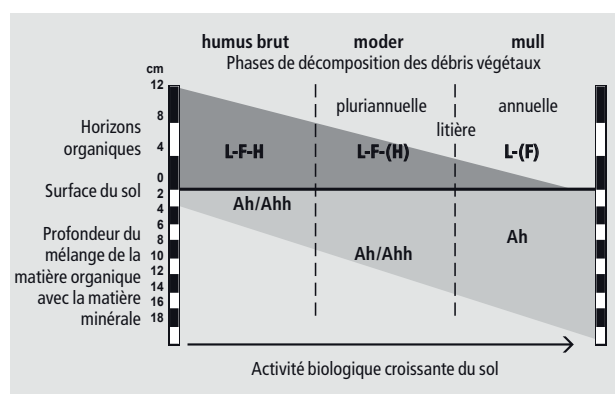


Illustration 32: Représentation schématique de la structure d'un profil d'humus typique

A cela s'ajoutent différentes formes d'humus qui varient suivant le régime de l'air et de l'eau dans la couche supérieure du sol:

Les formes d'humus xériques (en milieux secs). Elles se développent sur des stations soumises à de longues périodes de sécheresse continue.

	humus brut	moder-humus brut	moder moder typique	moder-mull	mull	
en milieu sec (formes xériques)					mull F	L-Mull L
en milieu humide (formes hydromorphes)						
Variantes	☐ anmoor ☐ tourbe	☐ mull calcique ☐ moder calcique	☐ tangel ☐ érodée			

Illustration 33: Tableau synoptique des formes d'humus

Les formes d'humus hydromorphes (en milieux humides). Elles se développent sur des stations dont les couches supérieures du sol sont régulièrement saturées en eau.

Les formes d'humus très hydromorphes (anmoor, tourbe). Elles se développent sur des stations où le sol est constamment saturé en eau pendant de longues périodes jusqu'à la surface, d'où des conditions d'aération déficitaires.

Les formes d'humus spéciales (mull calcique, moder calcique, tangel ou mor calcique). Il existe aussi des formes d'humus spéciales qui se caractérisent par leur milieu de décomposition. La présence de calcaire conduit à la formation de mull calcique ou de moder calcique. Le tangel, autre forme spéciale d'humus, se développe en montagne sur les versants ombragés au climat frais et humide. Contrairement à l'humus brut, la zone de contact avec la roche est très légèrement acide.

7.2.2 Description des formes d'humus

7.2.2.1 Formes d'humus typiques

Mull (Illustration 34)

Succession possible des horizons: L - Ah ou L - (F) - Ah

Suivant la saison, l'horizon de litière L peut être absent de cette forme d'humus biologiquement active. Une grande part des débris végétaux se décompose en l'espace d'une année car l'activité biologique y est intense. L'horizon de fermentation F n'est que peu évolué, voire inexistant. L'horizon Ah présente une structure grumeleuse stable et une épaisseur dépassant 8 à 10 cm. L'incorporation profonde de la matière organique à la matière minérale fine est consécutive à l'action de la pédofaune, en particulier des vers de terre. L'intime mélange de la matière humique et de la matière minérale fine a pour effet de lier l'humus à l'argile. Le pH du sol est acide à neutre.

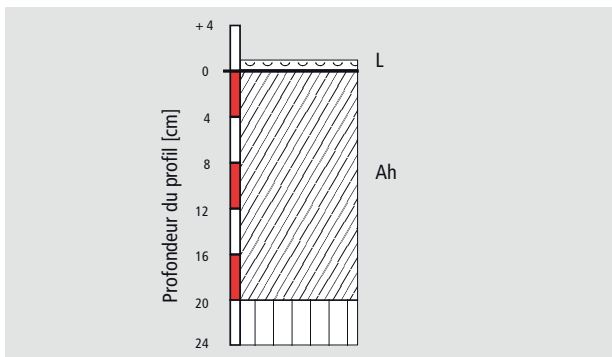


Illustration 34: Mull typique

Mull calcique (Illustration 35)

Succession des horizons identique au mull typique (L-Ah). La matière fine dans l'horizon Ah est carbonatée.



Illustration 35: Mull calcique

Transition: mull-moder / moder-mull (cf. chapitre 7.2.3).

Moder (Illustration 36)

Succession possible des horizons:

L - F - Ah ou L - F - (H) - Ah / Ahh

L'activité des vers de terre diminue fortement. La litière se décompose plus lentement et un horizon de fermentation continu se forme à partir des apports de plusieurs années. Un horizon humique H se développe parfois durant les premiers stades. Il arrive qu'un horizon Ahh noir apparaisse sous l'effet de l'incorporation ralentie de la matière organique. L'épaisseur des horizons Ah et Ahh est inférieure à 8-10 cm.

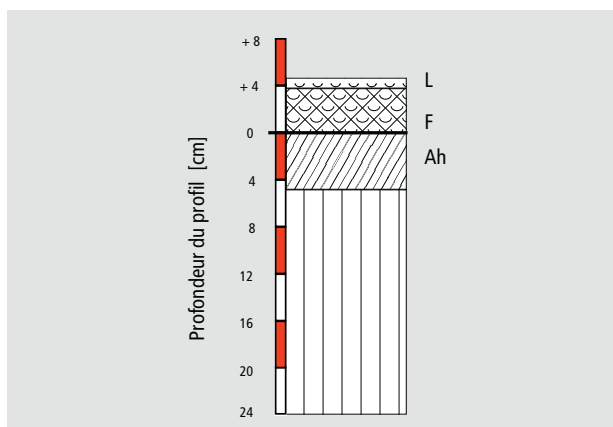


Illustration 36: Moder typique

Moder calcique

Succession des horizons comme pour le mull typique (L - F - Ah). La terre fine de l'horizon Ah est carbonatée. La décomposition des débris végétaux est le plus souvent ralentie par la sécheresse, raison pour laquelle le moder calcique est également classé parmi les formes d'humus xériques.

Transition: Moder-humus brut (cf. chapitre 7.2.3)

Humus brut (Illustration 37)

Succession possible des horizons:

L - F - H - Ah ou L - F - H - EA

Les horizons organiques sont nettement marqués, ils peuvent être très épais et les transitions entre les horizons sont généralement distinctement reconnaissables. La présence de racines peut être très importante dans l'horizon humique. L'horizon minéral sous-jacent, moins épais, présente des décolorations souvent ponctuelles, mais parfois aussi continues. Ces signes d'éluviation traduisent une migration très profonde de la matière humique et des éléments nutritifs. Ce processus de migration engendré par l'acidité peut aussi déjà se manifester dans le moder, mais cela présuppose la présence d'une couche supérieure du sol fortement acide et très perméable ainsi que d'abondantes précipitations. L'humus brut est une forme d'humus typique des altitudes élevées et des climats plutôt froids.

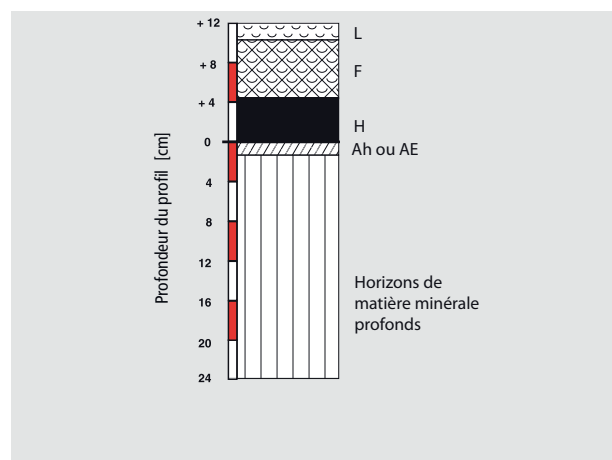


Illustration 37: Humus brut typique

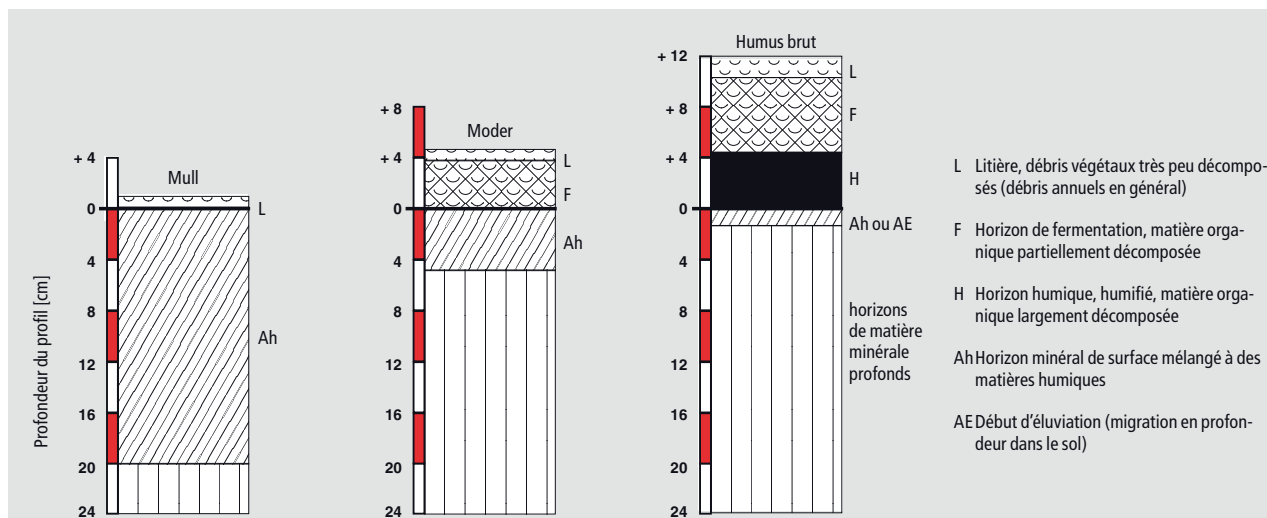


Illustration 38: Comparaison schématique des trois principales formes d'humus typiques

7.2.2.2 Formes d'humus xériques, hydromorphes et très hydromorphes

Tout comme pour les formes d'humus typiques classifiées en fonction des horizons organiques présents, une distinction est faite entre le xéromull, le xéromoder, l'hydromull, l'hydromoder et l'hydromor.

Formes d'humus xériques

Les périodes sèches ralentissent la décomposition des débris végétaux et une couche organique se forme avec un horizon de fermentation d'une épaisseur variable. Les périodes humides favorisent quant à elles l'activité biologique, la litière se décompose mieux et se mêle à la matière minérale sous l'action des organismes creusant le sol. C'est ainsi qu'apparaissent d'épais horizons de mélange (jusqu'à 30 cm ou plus).

Xéromull

Succession des horizons: L - (F) - Ah - A

Xéromoder (Illustration 39)

Succession des horizons: L - F - Ah - A



Illustration 39: Xéromoder

Formes d'humus hydromorphes (Illustration 40)

Les formes d'humus hydromorphes se caractérisent principalement par des signes d'hydromorphie dans la couche supérieure du sol, le plus généralement sous la forme de taches de rouille.

Hydromull

Succession des horizons: L - AG ou AS

Hydromoder

Succession des horizons: L - F - AG ou AS

Hydromor

Succession des horizons: L - F - H - AG ou AS ou ES



Illustration 40: Hydromoder

Formes d'humus très hydromorphes

L'acidité du sol et la nature des débris végétaux peuvent engendrer diverses formes d'humus en milieux saturés d'eau.

Anmoor (Illustration 41)

Succession des horizons: L – Aa

Cette forme d'humus est un mélange foncé de matière minérale et de matière organique finement répartie et non structurée. Sa couleur noire lui est donnée par les éléments organiques qui se forment dans la litière incomplètement décomposée sous l'action d'organismes anaérobies. L'anmoor se développe lorsque le niveau de la nappe perchée ou de la nappe de fond/de pente reste longtemps à un niveau élevé.

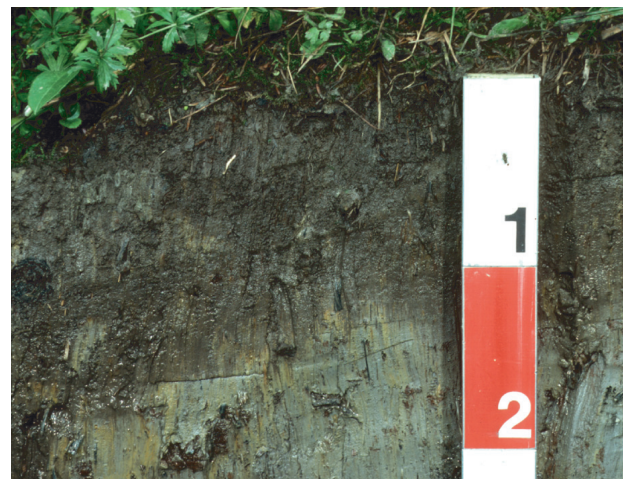
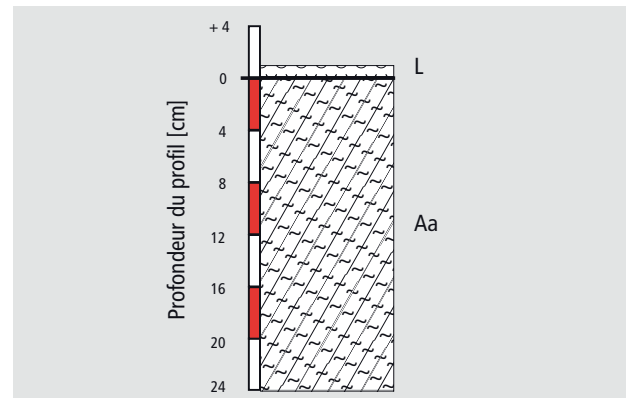


Illustration 41: Anmoor

Tourbe (Illustration 42)

Succession des horizons: T1 - T2

La tourbe est issue de débris végétaux incomplètement décomposés, des sphaignes surtout, qui ne s'altèrent que très lentement en milieu saturé d'eau. Sa texture est souvent spongieuse et fibreuse et son épaisseur peut devenir très importante.

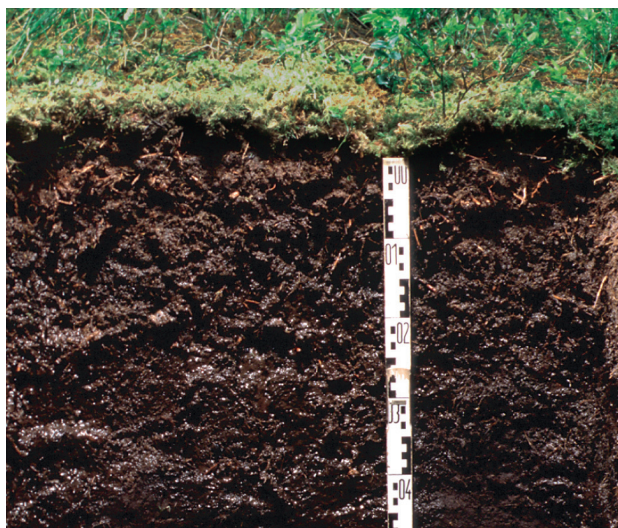
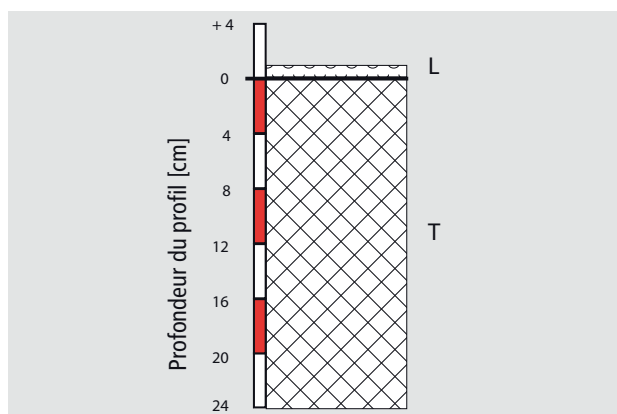


Illustration 42: Tourbe

7.2.2.3 Formes d'humus spéciales

Le mull calcique et le moder calcique sont des formes d'humus présentes sur des sols très pierreux issus d'une roche-mère carbonatée. Le calcaire est présent dans la matière minérale fine jusqu'à la surface du sol. Le mull calcique présuppose une néoformation continue du sol proche de la surface. En d'autres termes, il nécessite des conditions topographiques favorisant l'apport de matériaux carbonatés.

Tangel (Illustration 43)

Succession possible des horizons: L - (F) - H - AC

Le tangel se rencontre principalement dans les Alpes calcaires. Dans la zone de contact avec la roche calcaire, la matière minérale fine n'est que légèrement acide, voire carbonatée. La structure du profil ressemble à celle de l'humus brut, par contre l'épaisseur de l'horizon de mélange Ah peut dépasser les 10 cm.



Illustration 43: Tangel

7.2.3 Aide à la décision pour la détermination des formes d'humus terrestres d'après le livre «Forstliche Standortsaufnahme» (2003)

Forme d'humus	Mull L	Mull F	Moder-mull	Moder typique	Moder-humus brut	Humus brut
Code	1	2	3	4	5	6
Horizons	L-Ah-	L-F-Ah-	L-F-(H)-Ah-	L-F-H-Ah-	L-F-H-Ah-	L-F-H-Ah-
Épaisseur de Ah	>8 cm, souvent 10–15 cm	<10 cm, souvent 5–7 cm	2–8 cm, souvent 3–4 cm	généralement <5 cm	généralement <3 cm	généralement <3 cm
Limite de l'horizon Ah (vers le bas)	peu claire à diffuse	claire à très claire	très claire à abrupte			
Épaisseur de F		jusqu'à 1 cm	jusqu'à 3 cm, souvent 1–2 cm	jusqu'à 5 cm, souvent 1–3 cm	jusqu'à 6 cm, souvent 2–4 cm	jusqu'à 8 cm, souvent 2–4 cm
Épaisseur de H			0,2–0,5 cm	0,5–3 cm	2–4 cm	>4 cm, souvent 5–8 cm
Dissociabilité L/F/H de Ah				difficilement séparable	facilement séparable	très facilement séparable, en partie détachable sous forme de mottes

Tableau 5: Aide à la décision pour la détermination des formes d'humus terrestres d'après «Forstliche Standortsaufnahme» (2003)

7.3.2.2 Sols semi-terrestres (influencés par une nappe permanente de fond ou de pente)

Sols alluviaux et gleys

Dans la zone de battement du niveau de la nappe. Horizon constamment saturé d'eau.

7.3.2.3 Sols organiques (Horizon T > 30 cm)

Bas-marais et hauts-marais

Dynamique souvent modifiée par le drainage.

7.3.3 Description de quelques sols

La classification et la dénomination des sols sont fondées sur les caractéristiques relevées dans le profil et regroupées dans des horizons prédéfinis (cf. vue synoptique au tableau 6).

Sols terrestres (non influencés par une nappe permanente de fond ou de pente)

7.3.3.1 Sol brut rocheux (lithosol)

Succession possible des horizons:
horizons organiques - Ai à (A) - R ou C

Sol avec horizons organiques sur roche dure ou substrat pierreux, en général extrêmement superficiel (< 15 cm), très pierreux, pauvre en terre fine. La roche contient parfois de nombreuses fentes et fissures bouchées et/ou des interstices obstrués entre les pierres (roches silicatées ou carbonatées).

7.3.3.2 Sol brut rocheux mélangé à de l'humus (syrozem)

Succession possible des horizons:
horizons organiques - (A) à A - R ou C

Sol formé sur roche dure ou meuble, généralement superficiel (< 30 cm), pierreux, pauvre en terre fine, avec un horizon A continu (roches silicatées ou carbonatées).

2A

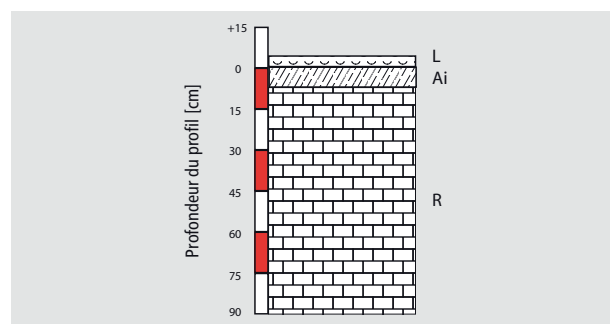


Illustration 45: Sol brut rocheux dans le Jura soleurois.
Autre exemple : Atlas photographique des sols forestiers, profil 4.1
Voralpsee (Grabserberg, SG)

7.3.3.3 Ranker

Succession possible des horizons:
horizons organiques - Ah - AC (- C) - R

Sol décarbonaté à pauvre en carbonates formé sur roche dure silicatée. Superficiel à moyennement profond, souvent pierreux. Un ranker peut être brunifié et il en existe aussi des formes hydromorphes.

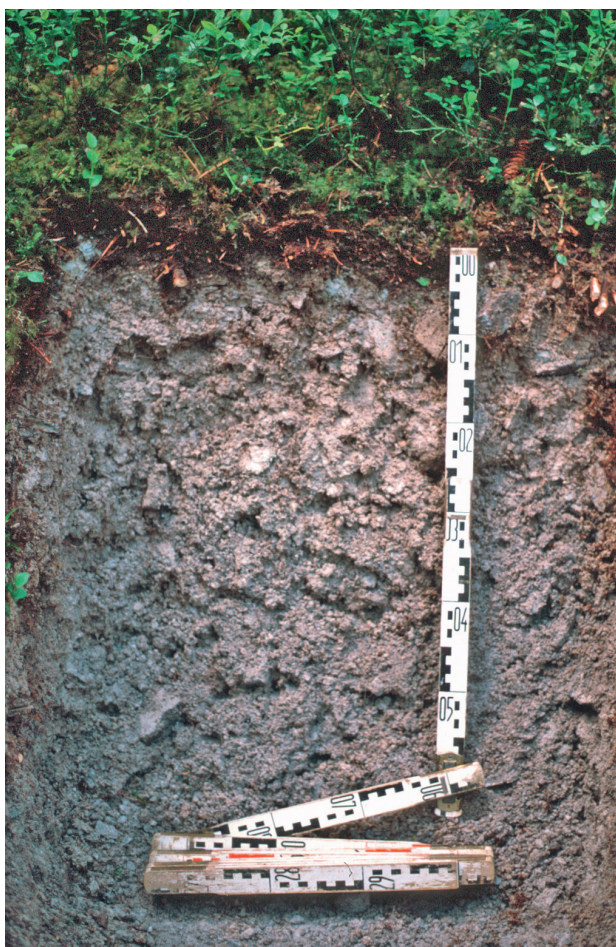
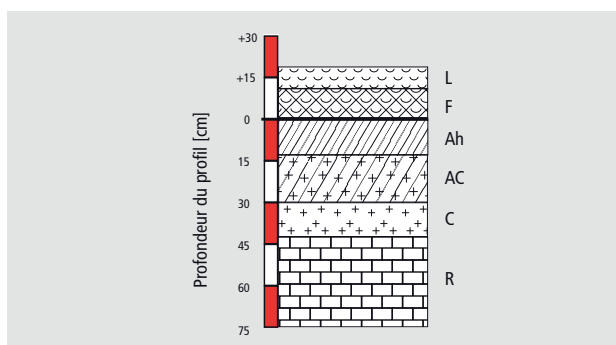


Illustration 46: Ranker, Fuldera (GR)
Autres exemples : Atlas photographique des sols forestiers, profils 5.1 à 5.3.

7.3.3.4 Régosol

Succession possible des horizons:
horizons organiques - Ah - AC - C

Sol décarbonaté à pauvre en carbonates formé sur roche meuble silicatée. Superficiel à moyennement profond, souvent pierreux. Un régosol peut être brunifié et il existe aussi des formes hydromorphes (pseudogleyifiées ou gleyifiées).

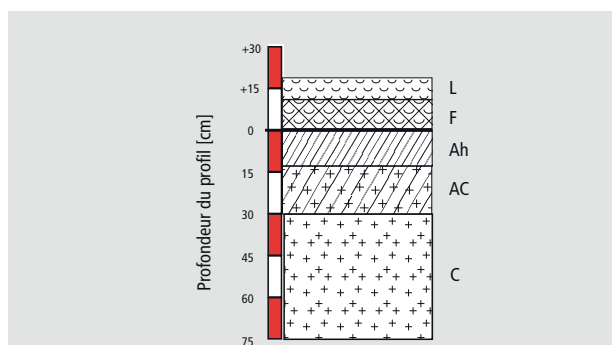


Illustration 47: Régosol, Poschiavo (GR); tiré de Waldböden der Schweiz, volume 2, profil S20.

7.3.3.5 Pararendzine

Succession possible des horizons:

horizons organiques - Ah - AC - C ou R

Sol formé sur roche mixte, dure ou meuble, carbonatée (p. ex. loess, marne, sédiments graveleux, grès calcaire). Superficiel à moyennement profond, souvent pierreux. Une pararendzine peut être brunifiée et il existe aussi des formes hydromorphes (pseudogleyifiées ou gleyifiées).



Illustration 48: Pararendzine, Stalden (VS); tiré de *Waldböden der Schweiz*, volume 2, profil A7.

Autre exemple : *Waldböden der Schweiz*, volume 3, profil M3 à Promasens (FR)

7.3.3.6 Rendzine

Succession possible des horizons:

horizons organiques - Ah - AC - C ou R

Sol formé sur roche calcaire dure ou meuble. Superficiel à moyennement profond, mais devient parfois finement gra-

nuleux en s'altérant; souvent pierreux. S'accompagne généralement d'une forme d'humus active, mais présente parfois un horizon Ah partiellement décarbonaté si ce processus n'est pas inhibé par l'apport de terre fine carbonatée. Une rendzine peut être brunifiée et il existe aussi des formes hydromorphes (pseudogleyifiées ou gleyifiées).

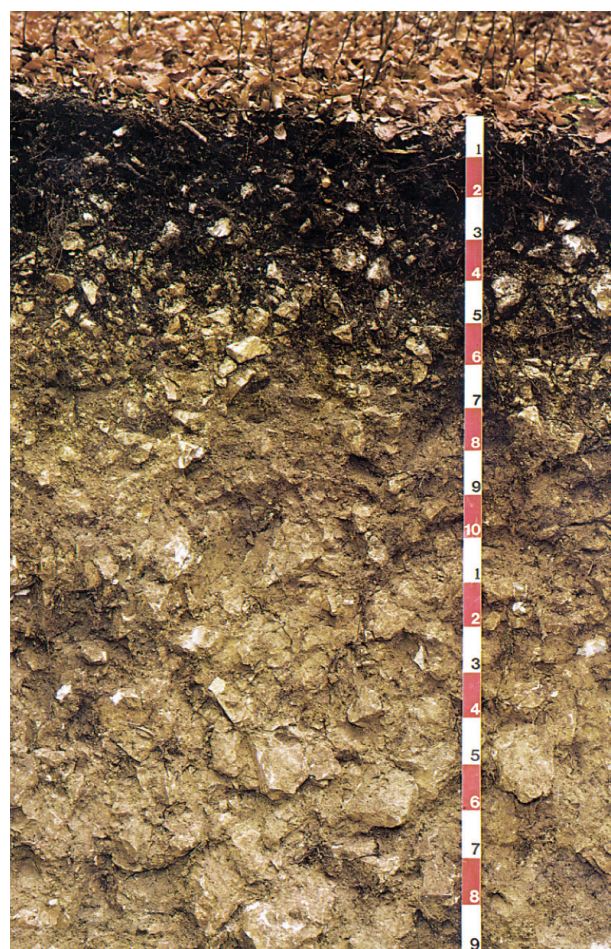
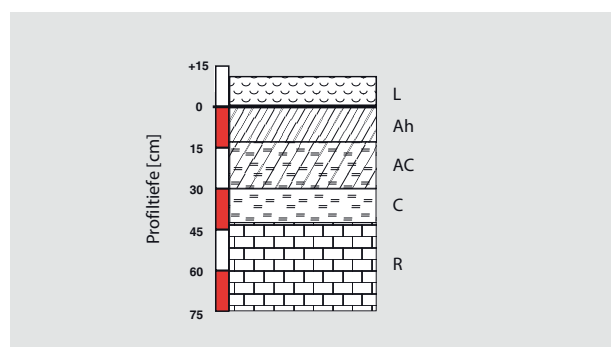


Illustration 49: Rendzine, Schitterwald (SO); tiré de *Waldböden der Schweiz*, volume 1, profil J6.

Autres exemples : *Waldböden der Schweiz*, volume 1, profil J2 à Noiraigue (NE), profil J13 à Neunkirchen (SH)

Sols évolués (sols altérés)

7.3.3.7 Sol brun

Succession possible des horizons:
horizons organiques - Ah - Bv - BC - C

Il doit sa particularité à l'horizon minéral d'altération B de couleur brune.

Conditions optimales de stockage d'eau et d'éléments nutritifs, aération normale, perméabilité à l'eau normale, moyennement à très profond, légèrement à fortement acide, limite des carbonates souvent à différentes profondeurs.

Un sol brun peut être podzolisé et il existe aussi des formes hydromorphes (pseudogleyifiées ou gleyifiées).

7.3.3.8 Sol brun neutre / sol brun calcaire

Horizon B au pH neutre à alcalin ; sinon caractéristiques semblables à celles du sol brun.

Brunifié légères marques d'altération de la matière minérale dans les horizons de sols diversement évolués.

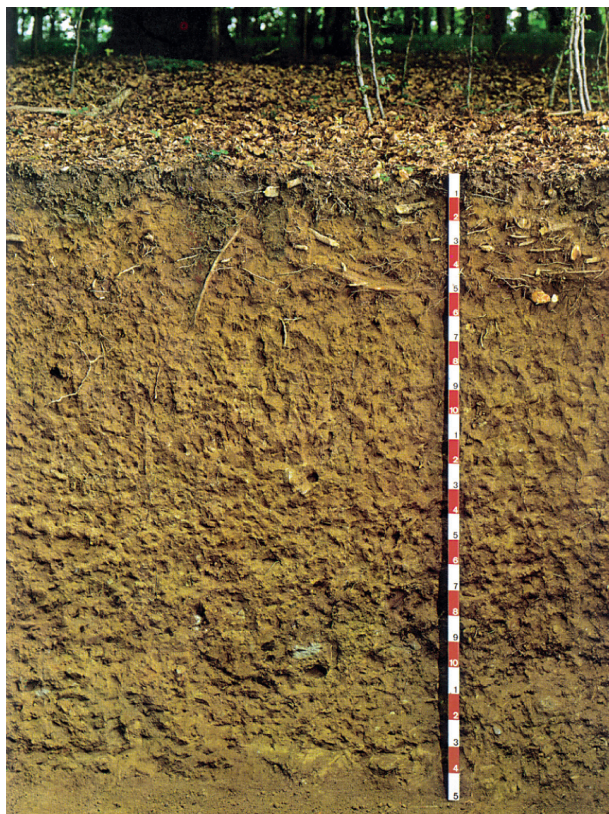
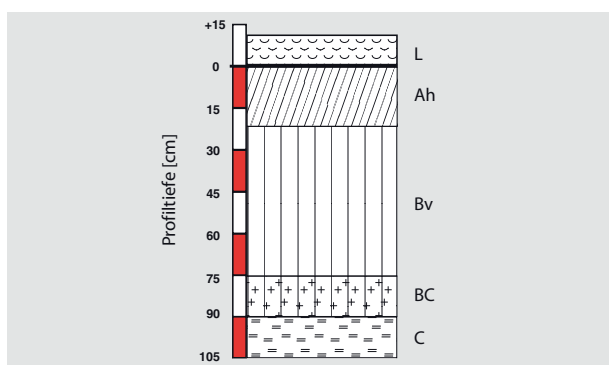


Illustration 50: Sol brun (sol brun lessivé), Marthalen-Buchberg (ZH);
tiré de Waldböden der Schweiz, volume 3, profil M15.
Autre exemple : Waldböden der Schweiz, volume 3, profil M2 à
Lausanne (VD)

7.3.3.9 Sol brun lessivé

Succession possible des horizons:

horizons organiques - Ah - El - Bt - BC - C

Se caractérise par une migration d'argile conduisant à un appauvrissement dans les couches supérieures du sol et à son accumulation dans la partie inférieure du profil. Cette accumulation d'argile permet d'emmagasinier une plus grande quantité d'eau et d'éléments nutritifs, mais il existe également, suivant les conditions climatiques, un risque accru de périodes d'engorgement localisé dans l'espace racinaire. Un sol brun lessivé peut aussi être hydromorphe (pseudogleyifié ou gleyifié).

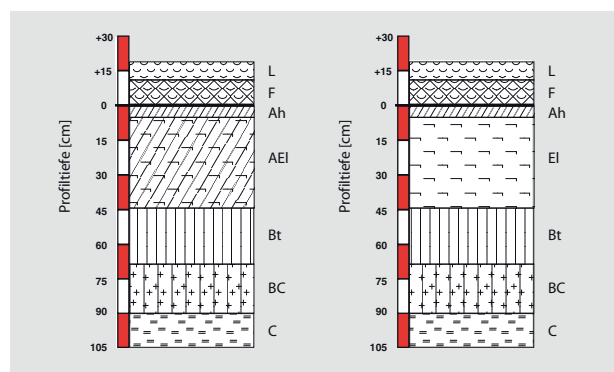


Illustration 51: Sol brun lessivé, Hard près de Laufenburg (AG); tiré du livre *Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz*.
Autre exemple : *Waldböden der Schweiz*, volume 3, profil M14 Irchel (ZH)

7.3.3.10 Podzol (podzol humo-ferrugineux)

Succession possible des horizons:

horizons organiques - Ah resp. AE - E - Bh - Bs - Bv ou BC - C

Les podzols se caractérisent par des processus de migration. Un horizon éluvial E décoloré, de couleur gris clair à blanc, apparaît en-dessous des horizons organiques. La forme d'humus correspond généralement à un humus brut. Les couches supérieures du sol sont appauvries et par con-

séquent pauvres en éléments nutritifs.

En-dessous se succèdent les horizons illuviaux, un horizon illuvial Bh humique de couleur foncée suivi d'un horizon illuvial Bs brun rougeâtre où les éléments lessivés s'accumulent et seront disponibles pour les plantes, pour autant que leurs racines aient pénétré jusque-là. La zone de transition vers la roche-mère commence en-dessous.

Un podzol peut être hydromorphe (pseudogleyifié ou gleyifié).

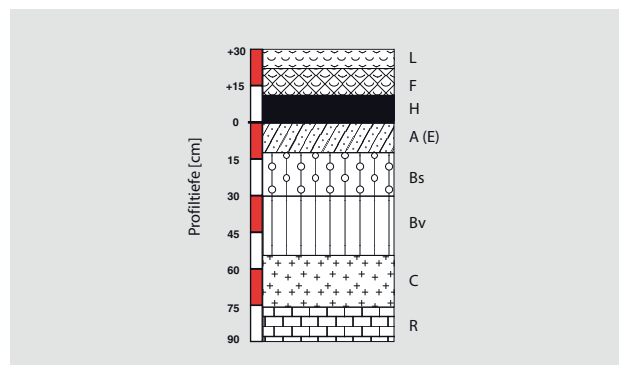
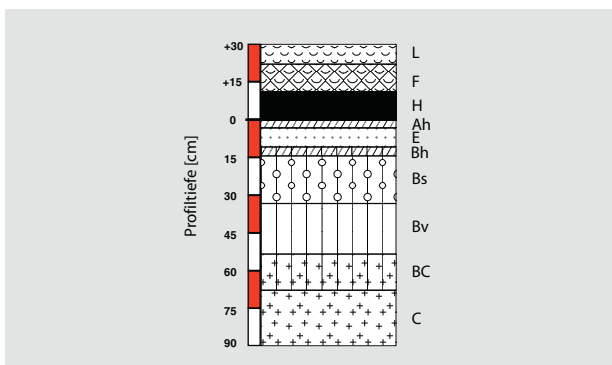


Illustration 52: Podzol (humo-ferrugineux), Engstlenalp (BE); tiré de *Waldböden der Schweiz*, volume 2, profil A9.
Autre exemple : *Waldböden der Schweiz*, volume 2, profil A23 Pontresina (GR)



Illustration 53: Sol brun podzolisé (sol ocre podzolique), Gurtellen (UR), voir chapitre 7.3.3.12; tiré de *Waldböden der Schweiz*, volume 2, profil A11.

podzolisé légères marques de lessivage ou d'accumulation dans les horizons de sols diversement évolués.

Les différents types de podzols se distinguent en fonction de l'horizonation du profil, comme par exemple le podzol humo-ferrugineux décrit ci-dessus.

7.3.3.11 Podzol ferrugineux

Succession possible des horizons:

horizons organiques - Ah resp. A(E) - E - Bs - Bv ou BC - C

Exemple : Waldböden der Schweiz, volume 2, profil S2, Gassetto près de Quinto (TI).

7.3.3.12 Sol ocre podzologique (sol brun podzolisé)

Succession possible des horizons:

horizons organiques - A(E)/Ah - Bs - Bv - C ou R

Les sols ocres podzologiques (voir Illustration 53) se caractérisent par la couleur brun rougeâtre de l'horizon illuvial. L'horizon éluvial est rarement présent. Les couches supérieures du sol ont souvent été modifiées par l'érosion ou l'utilisation passées.

7.3.3.13 Podzol humifère

Succession possible des horizons:

horizons organiques - Ah - AE - Bh - Bv(s) - BC - C

Exemple : Waldböden der Schweiz, volume 2, profil S16, Rodas près de Roveredo (GR)

7.3.3.14 Cryptopodzol

Succession possible des horizons:

horizons organiques - Ah - AE - Bh_s - BC - C

Le cryptopodzol se caractérise par sa couleur foncée qui s'étend souvent jusqu'à plus de 35 cm de profondeur. Sa formation est liée à certains facteurs pédogénétiques, comme le climat insubrique.

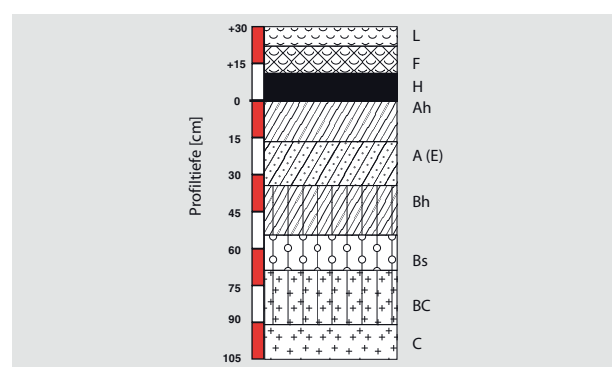


Illustration 54: Cryptopodzol, Pian d'Arf (GR); tiré de Waldböden der Schweiz, volume 2, profil S17.

7.3.3.15 Sols à nappe perchée

Pseudogley

Succession possible des horizons:
horizons organiques - Ah - Sw - Sd - C/S

Les pseudogleys se distinguent par la présence d'un horizon tassé et peu perméable. Les phases d'engorgement alternent avec les phases de sécheresse caractérisées par des conditions d'aération normale. La durée de ces phases dépend principalement de l'importance des précipitations.

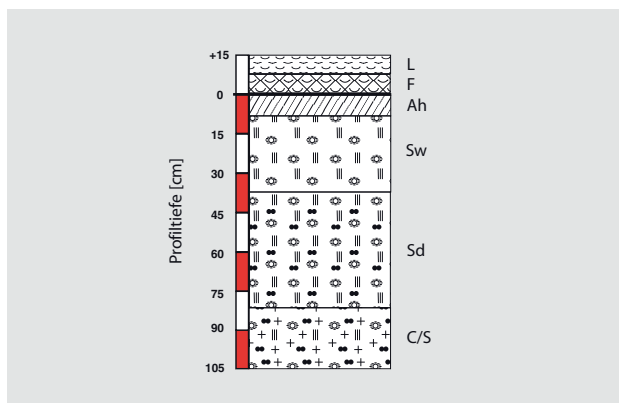


Illustration 55: Pseudogley, Schmidwald près de Melchnau (BE); tiré de *Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz*, volume 2.

Stagnogley

Succession possible des horizons:
horizons organiques Ah - ES - Sw - Sd - C/S

Semblable au pseudogley, mais présentant des décolorations hydromorphes à proximité de la surface.

Horizon décoloré par l'eau (décoloration hydromorphe): horizon pâle, décoloré et sous-jacent aux horizons organiques. Présent dans les couches supérieures des sols saturés d'eau jusqu'à la surface pendant de longues périodes. L'éluviation se produit avec l'abaissement de la nappe.

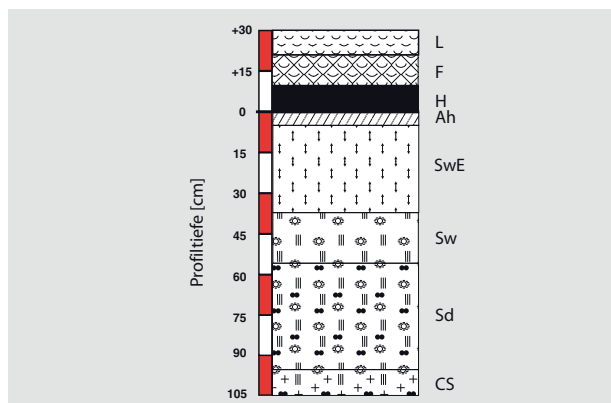


Illustration 56: Stagnogley, Langental-Rickenzopfen (BE); tiré de *Waldböden der Schweiz*, volume 3, profil M11.
Autre exemple : *Waldböden der Schweiz*, volume 3, profil M9 Roggwil (BE)

Sols semi-terrestres (influencés par une nappe permanente de fond ou de pente)

7.3.3.16 Sols alluviaux (sols d'inondation)

Succession possible des horizons:
en partie formes d'érosion Ai/Ah - AC/Go - C/Gr

Sols jeunes caractérisés par des inondations régulières. Les anciens dépôts alluviaux donnent aux horizons une granulométrie variable (graveleuse, sableuse à argileuse) avec parfois d'anciens horizons humifères de surface enfouis. Un sol alluvial peut être brunifié.

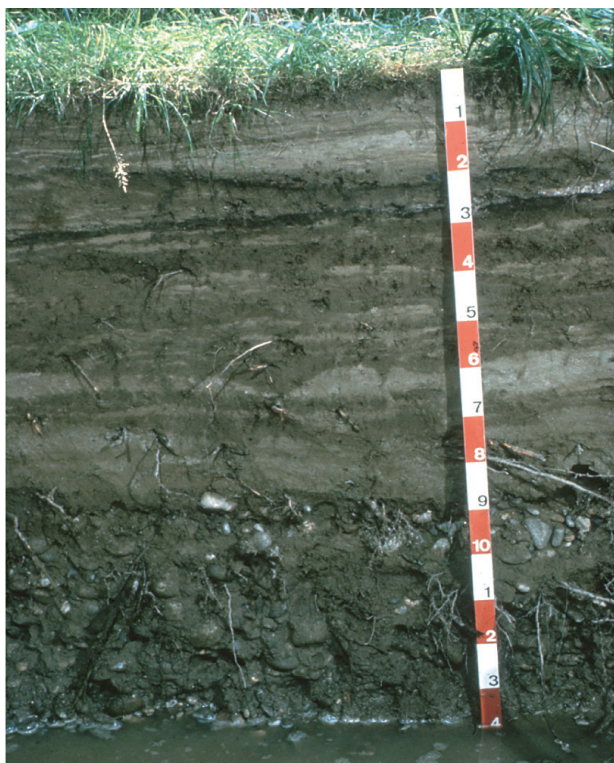
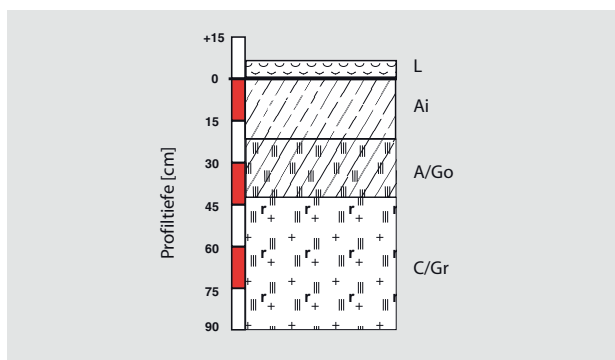


Illustration 57: Sol alluvial, Flutinsel près de Brugg (AG); tiré de *Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz*, volume 1.
Autre exemple : *Waldböden der Schweiz*, volume 2, profil A18 à Fläsch (GR)

7.3.3.17 Gley

Succession possible des horizons:
horizons organiques Ah - Go - Gr - C/G

Les sols influencés par une nappe de fond et de pente se caractérisent par la présence d'un horizon de réduction (Gr) gris-bleu à verdâtre constamment saturé d'eau. Le manque d'aération empêche généralement la croissance des racines. Un horizon d'oxydation (Go) sus-jacent se forme dans la zone de battement de la nappe. Cet horizon à humidité variable présente des taches de rouille.

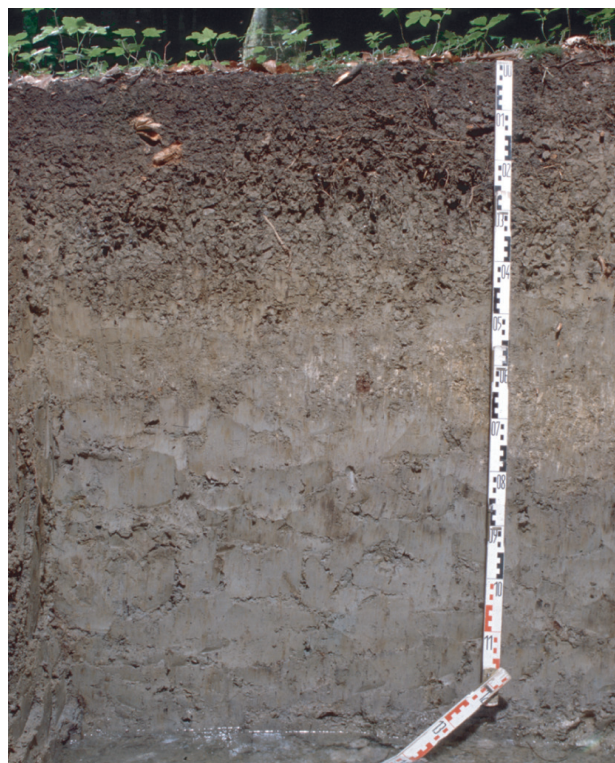
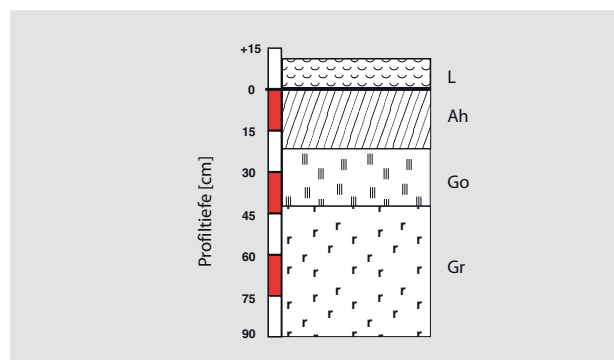


Illustration 58: Gley, Emartingen-Tobel (TG); tiré de *Waldböden der Schweiz*, volume 3, profil M16.
Autre exemple : *Waldböden der Schweiz*, volume 3, profil M12 Sihlwald (ZH)

hydromorphe: légères caractéristiques d'hydromorphie (influencé par une nappe perchée et/ou une nappe de fond) dans les horizons de sols diversement évolués.

7.3.3.18 Sol organique (marais)

Succession possible des horizons:
horizons organiques ou succession d'horizons tourbeux
T sur G

Sol présentant des horizons organiques d'une épaisseur dépassant 30 cm. Sous l'effet d'un engorgement per-

manent et d'un manque d'aération, les débris végétaux ne se décomposent plus. D'épais horizons tourbeux, purement organiques, se forment sur la couche de fond minérale.

Les formes d'humus, l'évolution du sol et ses caractéristiques sont brièvement décrits pour les différents types de station au chapitre 10.

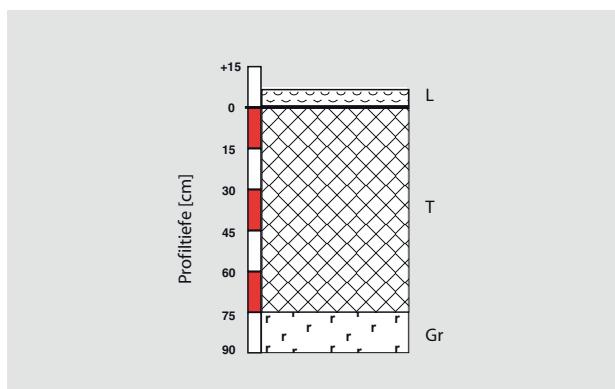


Illustration 59: Sol organique, Chriüzwald Grabs (SG); Atlas photographique des sols forestiers, profil 14.3

7.3.4 Succession des horizons pour différents sols

Les sols les plus importants ainsi que la succession de leurs horizons sont résumés ci-dessous.

Plus de détails sont disponibles au chapitre 8 (pages 213 à 231) du premier volume de Waldböden der Schweiz (Walther et al., 2004).

Classification des sols :

- Sols terrestres (sols non influencés par une nappe permanente de fond dans les premiers 40 cm)
- Sols semi-terrestres (sols influencés par une nappe permanente de fond ou de pente dans les premiers 40 cm)
- Marais (sols organiques avec un horizon tourbeux supérieur à 30 cm)
- Sols semi-subhydriques et subhydriques (sols périodiquement inondés comme par exemple dans les plaines alluviales)

Sols terrestres		
Sols bruts rocheux	Ai à (A) - C ou R	Sols bruts formés sur roche meuble ou dure (lithosol sur roche dure)
Sols bruts rocheux mélangés à de l'humus	(A) à A - C ou R	Sols bruts formés sur roche meuble ou dure (syrosem)
Ranker	Ah - AC - C ou R	Sols Ah - C généralement sur roche dure silicatée
Régosol	Ah - AC - C	Sols Ah - C sur roche meuble décarbonatée
Pararendzine	Ah - AC - C ou R	Sols Ah - C généralement sur roches mixtes meubles
Rendzine	Ah - AC - C ou R	Sols Ah - C généralement sur roche calcaire dure
Sol brun (sol brun neutre)	Ah - Bv - BC - C	Sols avec un horizon B (neutre à acide)
Sol brun acide	Ah - Bv - BC - C	Sols avec un horizon B (acide, pH < 4.5)
Sol brun lessivé	Ah - El - Bt - BC - C	Sols avec migration d'argile
Podzol humo-ferrugineux	Ah - E - Bh - Bs - BC - C	Sols avec des horizons Bh et Bs. La podzolisation est le processus de migration dominant
Podzol ferrugineux	Ah - E - Bs - BC - C	Sols avec un horizon Bs dominant
Sol ocre podzolique	A(E) - (Ah) - Bs - Bv - C	Sols avec lessivage à peine visible
Podzol humifère	Ah - AE - Bh - BC - C	Sols avec un horizon Bh dominant
Cryptopodzol	Ah - AE - Bh _s - C	Horizon Bh _s dominant (Bh masque Bs), sud de la Suisse
Pseudogley	Ah - Sw - Sd - C/S	Sols caractérisés par la présence marquée d'une nappe perchée
Stagnogley	Ah - ES - Sw - Sd - C/S	Sols à nappe perchée fortement décolorés par l'eau
Sols semi-terrestres		
Gley	Ah - Go - Gor - Gr	Sols influencés par une nappe de fond ou de pente
Gley à anmoor	Aa - Go - Gor - Gr	Sol à anmoor (Gr saturé d'eau en permanence)
Gley tourbeux	T - Gr	Sols avec début de formation de tourbe
Sol alluvial	Ai - GIG - Ah _b	Sols issus de jeunes sédiments fluviaux
Ancienne zone alluviale	A(h) - (B)C - G	Sols brunifiés (début) en région alluviale
Marais (sols organiques)		
Sol organique	T1 - T2 - T3	Généralement riche en éléments nutritifs, légèrement acide

Tableau 6: Successions possibles des horizons pour les principaux sols forestiers

7.4 Appréciation des caractéristiques du sol

L'appréciation de certaines caractéristiques du sol permet d'évaluer les conditions et les limites pour la croissance des plantes dans l'espace racinaire. Cette appréciation repose sur les critères suivants:

7.4.1 Profondeur

La profondeur est définie par l'épaisseur de matière issue des processus de formation des sols dans laquelle les racines des plantes peuvent pénétrer. En d'autres termes, la profondeur reflète l'épaisseur potentielle de l'espace racinaire. Les horizons tassés, les substrats rocheux ou le manque d'aération peuvent limiter la croissance des racines. L'aptitude des différentes essences d'arbres à s'ancrer dans le sol et à prélever l'eau et les éléments nutritifs nécessaires dépend de l'extension de leurs racines. La classification usuelle de la profondeur du sol est la suivante:

très superficiel	< 15 cm
superficiel	15 - 30 cm
moyennement profond	31 - 70 cm
profond	71 - 100 cm
très profond	101 - 200 cm
extrêmement profond	> 200 cm

Tableau 7 : Classification de la profondeur

Il est difficile d'estimer la profondeur d'un sol lorsque les fissures de la roche sont remplies de terre fine.

7.4.2 Pierrosité

Teneur en éléments minéraux d'un diamètre dépassant 2 mm (pierres, blocs). L'estimation de la pierrosité s'effectue en pourcentage du volume face au profil et s'accompagne souvent d'erreurs. La classification de la pierrosité se fait selon la graduation suivante:

très peu pierreux	< 2 %v
peu pierreux	2 - 10 %v
moyennement pierreux	11 - 25 %v
pierreux	26 - 50 %v
très pierreux	51 - 75 %v
extrêmement pierreux	> 75 %v

Tableau 8 : Classification de la pierrosité

Pierrosité						Profondeur
extrêmement pierreux	très pierreux	pierreux	moyennement p.	peu pierreux	très peu pierreux	
le plus souvent sols bruts très pierreux						très superficiel
						superficiel
						moyennement profond
						profond
						très profond
				le plus souvent sols évolués peu pierreux		extrêmement profond

Illustration 60: Mode de représentation de la profondeur et de la pierrosité pour les différents types de station

La profondeur et la pierrosité jouent un rôle majeur dans l'extension des racines car si l'arbre arrive à bien s'ancrer dans le sol, il en sera d'autant plus stable. En outre, ces deux premiers critères déterminent l'espace offert aux plantes pour emmagasiner et absorber l'eau et les éléments nutritifs dont elles ont besoin. Plus un sol est pierreux, moins il contient de terre fine, ce qui réduit d'autant l'espace accessible aux racines.

7.4.3 Perméabilité à l'eau

Les données sur la perméabilité se rapportent à la conductivité hydraulique maximale à saturation. Les valeurs caractérisent un état dans lequel tous les pores sont remplis d'eau et en favorisent ainsi le transport.

extrême (sol très perméable)	> 300 cm par jour
très élevée (sol perméable)	101 - 300 cm par jour
élevée (sol normalement perméable)	41 - 100 cm par jour
moyenne (sol modérément perméable)	11 - 40 cm par jour
faible (sol très peu perméable)	1 - 10 cm par jour
très faible (sol imperméable)	< 1 cm par jour

Tableau 9 : Classification de la perméabilité à l'eau

L'appréciation de la perméabilité dans l'espace racinaire est fondée sur les caractéristiques et indices suivants:

extrême	graveleux, sableux (à gros grains) plus ou moins pierreux (développement d'un sol brut)
normale	à granulosité moyenne; typique pour les sols évolués
légèrement ralentie	taches de manganèse, taches de rouille isolées et quelques colorations rouge pâle
très ralentie	taches de rouille, coloration rouge pâle à l'intérieur de l'horizon concerné; horizon tassé; typique pour les sols à nappe perchée
nulle	souvent avec un horizon de réduction constamment saturé (couleurs gris-bleu à verdâtre), dense, à grains fins; typique des sols hydromorphes

Tableau 10 : Caractéristiques et indices permettant d'apprécier la perméabilité dans l'espace racinaire

7.4.4 Degré d'hydromorphie

La profondeur à laquelle se trouvent les signes d'hydromorphie et leur intensité reflètent les conditions d'aération dans l'espace racinaire. L'hydromorphie peut être due à une perméabilité limitée (nappe perchée) ou à l'influence d'une nappe de fond ou de pente.

fort	signes d'hydromorphie dans tout l'espace racinaire (manque d'aération)
nul	aucun signe d'hydromorphie ou alors seulement isolé et de faible intensité

Tableau 11 : Caractéristiques permettant d'apprécier le degré d'hydromorphie

cf. indications au chapitre 7.4.5

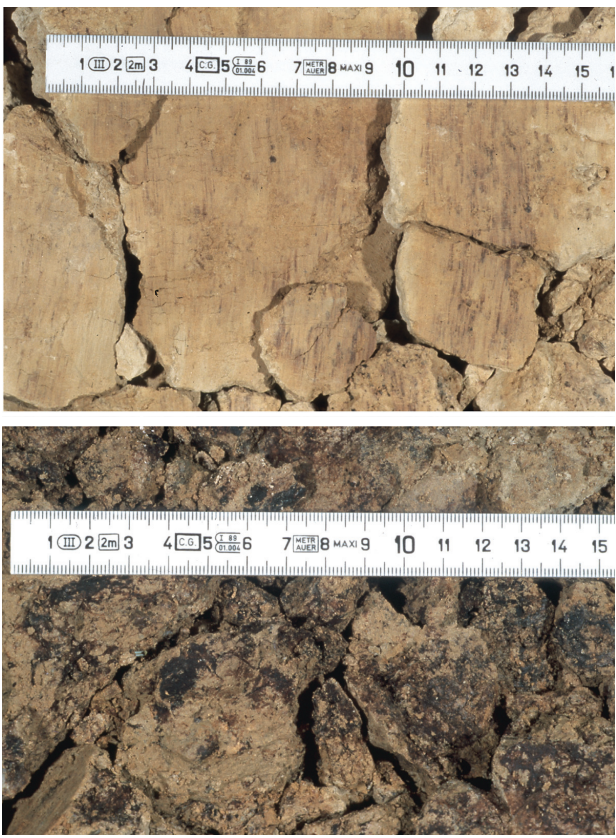


Illustration 61: Concrétions de manganèse

Signes d'hydromorphie

Concrétions de manganèse (Illustration 61)

Die kleinen dunkel violetten bis schwarzen Flecken kennzeichnen die schwächste Stufe einer Vernässung. Durchlüftungsprobleme stellen sich nur kurzfristig und örtlich beschränkt ein.

Taches de rouille (Illustration 62)

Les taches de rouille diffuses se forment généralement dans des horizons à granulométrie plutôt fine, car l'eau et l'air y circulent mal et les ions de fer et de manganèse entrent peu en contact avec l'oxygène et seulement dans des zones très localisées. C'est ainsi qu'apparaissent des taches de rouille de tailles différentes (mm à cm). La répartition et la fréquence de ces taches fournissent des indications sur les zones du sol acheminant l'air. La présence de taches de rouille à l'intérieur de l'horizon concerné révèle une alternance fréquente entre les phases de saturation (les pores n'acheminent plus l'air) et celles d'aération normale (p. ex. dans la zone de battement de la nappe).



Illustration 62: Taches de rouille

Colorations rouge pâle (marmorisation) (Illustration 63)

Les colorations rouge pâle apparaissent lorsque les éléments se déplacent en tous sens durant les phases de saturation. L'eau stagnante en est souvent la cause. Ces colorations de petites dimensions sont composées d'une alternance de lignes pâles (zones d'appauvrissement), de bandes rouges, dues à l'accumulation de fer, et de taches de rouille et de manganèse (zones d'accumulation). Elles se concentrent souvent le long des racines, des fentes et des fissures.



Illustration 63: Colorations rouge pâle

La marmorisation est un phénomène typique dans les horizons influencés par une nappe perchée.

Décolorations hydromorphes (couleurs pâles) (Illustration 64)

Une décoloration de la matière minérale se produit lorsqu'une zone du sol est appauvrie en éléments. Si le sol est saturé jusqu'à sa surface, il arrive que les éléments migrent dans les horizons inférieurs lorsque le niveau de l'eau stagnante baisse.



Illustration 64: Décolorations hydromorphes

Couleurs de réduction (Illustration 65)

Elles sont présentes dans la partie du sol dont les pores sont constamment saturés d'eau. Ces couleurs gris-bleu à verdâtre sont dues à un manque d'oxygène. Dans ce milieu, les racines ne peuvent pratiquement pas pénétrer.



Illustration 65: Couleurs de réduction

Hydromorphie: sols influencés par une nappe de fond ou de pente							Hydromorphie: sols influencés par une nappe perchée						
détrempé	très fortement mouillé	fortement mouillé	mouillé	faiblement mouillé	non hydromorphe		stagnogley	pseudogley	très pseudogleyifié	pseudogleyifié	peu pseudogleyifié	très peu pseudogleyifié	non hydromorphe
						Perméabilité							Perméabilité
						extrême							extrême
						très élevée							très élevée
						élevée							élevée
						moyenne							moyenne
						faible							faible
						très faible							très faible

Illustration 67 : Mode de représentation de l'hydromorphie et de la perméabilité pour les différents types de station

Les sols influencés par une nappe perchée sont classés en fonction de la profondeur de la limite supérieure des horizons Sw ou Sd. A noter que le stagnogley est non seulement très hydromorphe, mais également décoloré par l'eau.

Structure et régime hydrique du sol

La structure permet de tirer des conclusions sur le régime hydrique, par exemple en déterminant le type de sol. Les sols possédant un horizon compact subissent souvent l'influence d'une nappe perchée (pseudogleys, sols pseudogleyifiés). Les sols influencés par une nappe de fond ou de pente (gleys, sols gleyifiés) présentent des horizons à humidité changeante et un horizon constamment engorgé situé à une profondeur variable. La profondeur à laquelle apparaît l'état saturé varie fortement, tant en hiver qu'en été, en fonction du degré d'hydromorphie (Illustration 66).

7.4.6 Granulométrie et structure

La texture d'un sol est définie par la répartition granulométrique de la terre fine (particules du sol > 2 mm) (cf. Illustration 68 et tableau 12). Elle dépend largement de la roche-mère et du degré d'altération du sol.

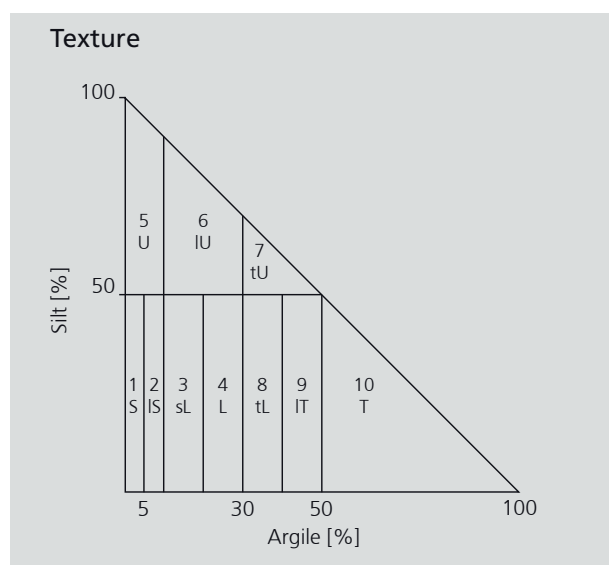


Illustration 68 : Triangle granulométrique de représentation de la texture pour les différents types de station

N°	Abrévi- ation	Texture	Part des fractions [%]			Granulosité (substance fine)	Cohésion	Plasticité (surfaces de frottement)
			ARGIL	SILT	SABLE			
1	S	SABLE	< 5	< 50		Grains bien visibles et perceptibles (au toucher), rugueux (d'autant moins rugueux qu'ils sont fins)	Non cohérent, n'adhère pas aux doigts	Non modelable
2	IS	SABLE limoneux	5-10	< 50		Grains bien visibles et perceptibles; avec en plus un peu de substance fine	Non cohérent; émoussé-farineux: un peu de substance fine adhère aux empreintes des doigts	Non modelable
3	sL	LIMON sableux	10-20	< 50		Grains bien visibles et perceptibles; nette présence de substance fine	Légèrement cohérent; faiblement visqueux; la substance fine adhère aux doigts	Difficilement modelable; se fendille et s'émiette au modelage
4	L	LIMON	20-30	< 50		Grains de sable bien visibles et perceptibles; beaucoup de substance fine	Peu à moyennement cohérent; collant	Modelable; peut être pétri en boudin de l'épaisseur approximative d'un crayon, ensuite se défait
5	U	SILT	< 10	> 50		Soyeux-farineux; les grains de la fraction sableuse sont visibles et perceptibles	Non cohérent; adhère clairement aux doigts	Non modelable ou difficilement modelable
6	IU	SILT-LIMON	10-30	> 50		Les grains de la fraction sableuse sont difficilement ou pas du tout visibles ni perceptibles; beaucoup de substance fine	Faiblement à moyennement cohérent; + surfaces de glissement émoussées; faiblement collant; adhère clairement aux doigts	Non modelable à moyennement modelable
7	tU	SILT-LIMON argileux	> 30	> 50		Généralement peu ou pas du tout de grains de sable visibles et perceptibles, proportion très élevée de substance fine	Cohérent; malléable entre les doigts ; collant	Bien modelable et pétrissable en forme de boudin; surfaces de frottement légèrement luisantes
8	tL	LIMON argileux	30-40	< 50		Peu de grains de sable visibles et perceptibles; proportion très élevée de substance fine	Cohérent; malléable entre les doigts; collant	Bien modelable et pétrissable en forme de boudin; surfaces de frottement légèrement luisantes
9	IT	ARGILE limoneuse	40-50	< 50		Grains de sable invisibles ou très peu visibles et perceptibles; proportion très élevée de substance fine	Comme 7, mais un peu plus émoussé (plus visqueux-farineux)	Comme 7
10	T	ARGILE	> 50	< 50		Pas de grains de sable perceptibles	Cohérent ; très plastique; collant	Bien modelable et pétrissable en forme de boudin; surfaces de frottement brillantes

Tableau 12 : Classification et caractéristiques pour la détermination de la texture

La détermination de la texture se fait sur un profil au moyen d'un test tactile. Les principaux critères de détermination sont la granulosité, la cohésion et la plasticité de la terre fine. Il est ainsi possible, avec un peu d'exercice, de dis-

tinguer sur le terrain 10 classes granulométriques. Les indications concernant la structure du sol sont détaillées dans les principes de base du premier volume de « Waldböden der Schweiz » (Walthert et al., 2004) au chapitre 6.2.4.3.

7.4.7 Limite des carbonates

La limite des carbonates représente la profondeur jusqu'à laquelle le processus de décarbonatation des sols calcaires est arrivé. La profondeur de cette limite est déterminée au moyen d'un test des carbonates dans la terre fine en utilisant de l'acide chlorhydrique (HCl 10%).

Les fiches de description de la station contiennent les indications suivantes concernant la limite des carbonates :

« Lorsqu'une limite des carbonates existe, alors > ... cm », ce qui signifie qu'il existe également des profils sans limite des carbonates dans ce type de station forestière.

« Limite des carbonates le plus souvent à > ...cm de profondeur », ce qui signifie qu'il existe également des profils avec une limite plus profonde dans ce type de station forestière.

« Limite des carbonates à 0 cm » signifie que des carbonates sont présents dans la terre fine jusqu'à la surface du sol.

« Limite des carbonates à 0 cm / < ...cm de profondeur », ce qui signifie que la limite des carbonates se situe à la surface du sol ou à moins de ...cm de profondeur.

« Aucune limite des carbonates »

7.4.8 Valeurs du pH (CaCl₂)

Pour la forme d'humus mull, les sols bruns et les sols bruns lessivés, les valeurs données pour le pH ont été mesurées en laboratoire (CaCl₂). De plus amples informations sont disponibles au chapitre 7.5.

Les valeurs du pH sont classées de la manière suivante (Tableau 13).

> 7.00	alcalin
5.61 – 7.00	légèrement acide
4.61 – 5.60	moyennement acide
3.80 – 4.60	très acide
< 3.80	fortement acide

Tableau 13 : Classification des valeurs du pH

7.5 Fiches de description de la station

Les fiches de description de la station permettent de caractériser les unités NaiS d'un point de vue pédologique. Les données de base proviennent de profils sélectionnés dans la base de données du WSL sur les sols. La station à l'emplacement de chaque profil a été attribuée à un type de station forestière selon la classification du NaiS. Les fiches de description de la station contiennent, pour chaque unité NaiS, les informations suivantes sur les sols :

Forme d'humus

Parmi les formes d'humus, on distingue les formes d'humus typiques, xériques et hydromorphes. On tiendra également compte des variantes très hydromorphes et des formes d'humus spéciales comme le mull calcique, le moder calcique et le tangel (chapitre 7.2). L'éventail des formes d'humus possibles ainsi que leur fréquence sont représentés, pour chaque type de station forestière, dans les fiches de description.

Les valeurs du pH (CaCl₂) données pour les formes d'humus mull proviennent d'échantillons prélevés dans les horizons Ah. Les valeurs minimale et maximale sont indiquées et « n » représente le nombre d'échantillons dont le pH a été mesuré. Ceci doit permettre d'associer la forme d'humus mull à une plage d'acidité.

Formation des sols

Les sols sont répartis en sols bruts, évolués et hydromorphes (chapitre 7.3).

Les sols bruts avec un horizon Ah (ranker, régosal, pararendzine et rendzine) peuvent être hydromorphes et/ou brunifiés. Les sols évolués avec un horizon B peuvent être hydromorphes et/ou podzolisés. Des décolorations dues à l'eau peuvent apparaître dans les sols hydromorphes influencés par une nappe perchée, de fond ou de pente, mais principalement dans les sols à stagnogley. L'éventail des types de sols possibles ainsi que leur fréquence sont représentés, pour chaque type de station forestière, dans les fiches de description.

Les valeurs du pH (CaCl₂) données pour les sols bruns et les sols bruns lessivés proviennent d'échantillons prélevés dans les horizons B. Les valeurs minimale et maximale

sont indiquées et « n » représente le nombre d'échantillons dont le pH a été mesuré. Ceci doit permettre d'associer les sols bruns et les sols bruns lessivés à une plage d'acidité.

La répartition granulométrique des sols, leur profondeur ainsi que leur pierrosité sont également indiquées. Les indications concernant la perméabilité à l'eau et l'hydromorphie des sols sont représentées séparément suivant qu'ils sont influencés par une nappe de fond/pente ou une nappe perchée. La présence éventuelle d'une limite des carbonates sera également mentionnée.

Les indications relatives aux numéros des profils issus de «Waldböden der Schweiz» (2004ff) sont signalées en rouge dans les diagrammes (cf. Liste des types de station ainsi que tableau 15).

Matériau parental

Le matériau parental n'est mentionné qu'au moyen des catégories suivantes : acide, alcalin ou indéterminé.

Des informations supplémentaires, même sous la forme d'une vue d'ensemble, peuvent être tirées de la carte des aptitudes des sols de la Suisse (BEK 1980).

Les indications relatives aux caractéristiques pédologiques comme la **profondeur du sol**, la **pierrosité**, la **perméabilité à l'eau**, l'**hydromorphie**, ainsi que la **granulométrie** et la **profondeur de la limite des carbonates** sont détaillées au chapitre 7.4.

Informations relatives à la carte des aptitudes des sols de la Suisse

La carte des aptitudes des sols de la Suisse à l'échelle 1 : 200 000 est l'unique ouvrage cartographique contenant des informations pédologiques pour l'ensemble de la Suisse.

Les données relatives aux sols se réfèrent à des unités cartographiques définies sur la base de critères géomorphologiques et pétrographiques. Celles-ci sont classées en 25 unités physiographiques (définies avec des lettres majuscules allant de A à Z, cf. tableau 15) réparties sur tout le territoire suisse. 141 unités cartographiques (désignées par des chiffres allant de 1 à 9) ont été éliminées sur la base d'éléments liés à la forme du paysage comme le relief, l'exposition, la pente et l'altitude.

Dans la région géologique du Jura, la carte distingue sur la base du matériau parental et d'éléments paysagers les catégories du Jura tabulaire, des vallées du Jura tabulaire et du Jura plissé, des plateaux et des chaînes du Jura. Le Plateau regroupe les collines morainiques, les collines molassiques recouvertes de moraines, les vallées alluviales et les cours d'eau, les drumlins, ainsi que les hautes collines molassiques en partie morainiques et en partie composées de poudingues. En bordure des Alpes, une distinction est faite entre la molasse sableuse et les poudingues, tandis que les Alpes regroupent les catégories des vallées alpines, des régions sur flysch et Bündnerschiefer (schistes lustrés) principalement dans les Alpes septentrionales, des régions sur Bündnerschiefer, des régions alpines sur formation calcaire, des régions alpines sur formations cristallines (principalement granites, orthogneiss et paragneiss). Au sud des Alpes, une distinction est faite notamment entre le bord des Alpes sur molasse et les vallées.

En matière de relief, les unités cartographiques différencient également les éléments suivants par rapport à la forme du paysage : falaises rocheuses, croupes, plateaux, terrasses, versants d'inclinaisons différentes (expositions nord et sud) ainsi que cuvettes.

Afin d'obtenir uniquement les informations de la carte des aptitudes des sols relatives à la surface forestière, les données ont été croisées avec le réseau d'échantillonnage (quadrillage de 1x1 km) de l'inventaire forestier national. Le tableau 14 présente les unités cartographiques les plus fréquentes parmi les 11'863 échantillons en forêt.

La vérification des critères d'attribution de l'emplacement de chaque profil (pour les 95 profils de «Waldböden

der Schweiz» 2004-06) à une unité cartographique donne la vue d'ensemble présentée au tableau 15.

Jura		Part des échantillons LFI (%)
A	Jura tabulaire	3.1 %
B	Bassins et vallées dans le Jura tabulaire et dans le Jura plissé	
C	Vallées longitudinales du Jura plissé	
D	Plateaux du Jura	
E	Chaînes dans les chaînes du Jura	11.9 %
E2	Pentes raides, calcaires, exposition générale au sud, inclinaison > 35%	3.1%
E7	Pentes raides, calcaires, exposition générale au nord, inclinaison > 35%	3.1%
Bas-Plateau		
F	Plaines des basses régions	
G	Collines morainiques	
H	Basses collines molassiques partiellement recouvertes de moraines	13.5 %
H2	Versants, surtout vallums morainiques, inclinaison < 25%, Suisse orientale, région lémanique	2.9%
H3	Pentes raides, surtout molasse, inclinaison > 25%	4.9%
J	Vallées alluviales du Plateau	
L	Pays de drumlins avec un certain relief	
Haut-Plateau		
K	Moyennes collines molassiques avec formes glaciaires locales	
M	Hautes collines molassiques à fort relief d'érosion (Hörnli)	
N	Hautes collines molassiques à fort relief d'érosion (Napf)	
Bord des Alpes		
O	Bord des Alpes à molasse sableuse	
P	Bord des Alpes à poudingues prédominants	
Alpes		
Q	Vallées alpines larges	
R	Vallées alpines étroites	
S	Régions sur Flysch et Bundnerschiefer, principalement dans les Alpes septentrionales	11.6 %
S5	Pentes raides exposées au sud, inclinaison > 35%	2.8 %
S7	Pentes raides exposées au nord, inclinaison > 35%	4.8 %
T	Régions sur Bundnerschiefer dans la haute vallée du Rhône et au Tessin	
U	Régions alpines sur formation calcaire	18.4 %
U1	Crêtes et versants traversés de bancs rocheux	4.3 %
U5	Pentes raides exposées au sud, inclinaison > 35%	4.6 %
U7	Pentes raides exposées au nord, inclinaison > 35%	6.8 %
V	Régions alpines sur formations cristallines dures (granites, orthogneiss et gabbro)	11.9 %
V1	Crêtes et versants traversés de bancs rocheux	5.3 %
V5	Pentes raides exposées au sud, inclinaison > 35%	2.8 %
V7	Pentes raides exposées au nord, inclinaison > 35%	3.0 %
W	Régions alpines sur formations cristallines relativement altérables (paragneiss et schistes verts)	9.8 %
W5	Pentes raides exposées au sud, inclinaison > 35%	2.6 %
W7	Pentes raides exposées au nord, inclinaison > 35%	3.6 %
Vallées et plaines du Tessin		
X	Bord des Alpes sur molasse partiellement recouverte de moraine	
Y	Vallées	
Z	Plaine de Magadino et plaines dans les environs de Mendrisio	

Tableau 14 : Unités de la carte des aptitudes des sols : les unités les plus importantes en présence de forêt ont été mises en évidence (en gras) (les pourcentages se réfèrent aux placettes d'échantillonnage du LFI. 100% correspondent à 11 863 échantillons).

Unité cartographique		Profils
Jura		
A	Jura tabulaire	
A2	Pentes raides, exposition générale au sud, inclinaison > 35%	J11 Geissberg AG
A3	Pentes raides, exposition générale au sud, inclinaison > 35%	J13 Neunkirch SH
A7	Plateau, lœss et colluvions, vallées longitudinales du Jura plissé	J10 Möhlin AG J12 Etzwil AG
C	Vallées longitudinales dans le Jura plissé	
C6	Moraines du pied du Jura	J1 Chassagne VD
E	Chaînes dans les chaînes du Jura	
E1	Versants, limons de pente, exposition générale au sud, inclinaison < 35%	J7 Dittingen BL
E2	Pentes raides, calcaires, exposition générale au sud, inclinaison > 35%	J4 Bärschwil BL J8 Flüh SO
E3	Pentes raides, avec têtes et bancs rocheux, inclinaison > 35%	J2 Noiraigue NE J5 Geissgrat SO
E4	Plaines tronquées, aplanissements	J3 Pleigne JU
E5	Croupes et hauts de versants, calcaires	J9 Balmberg SO
E7	Pentes raides, calcaires, exposition générale au nord, inclinaison > 35%	J6 Schitterwald SO
Plateau		
F	Plaines des basses régions	
F2	Graviers	M13 Marthalen ZH (LK Winzlerboden)
G	Collines morainiques	
G2	Plaines graveleuses fluvio-glaciaires	M15 Marthalen ZH (LK Buchberg)
H	Basses collines molassiques partiellement recouvertes de moraines	
H1	Plateaux légèrement ondulés et terrasses, moraine argileuse, Suisse orientale et région lémanique	M1 Jussy GE M17 Ermatingen D20 TG V14 Brännli ZG
H2	Versants, surtout vallums morainiques, inclinaison < 25%, Suisse orientale et région lémanique	M9 Roggwil BE M18 Oberbüren SG B Othmarsingen AG
H3	Pentes raides, surtout molasse, inclinaison > 25%,	M5 Belp BE M7 Burgdorf 1011 BE M12 Sihlwald ZH (LK Wüsttobel) V2 Bulle VD V3 Echarlens FR
H4	Cuvettes, rigoles d'accumulation	M16 Ermatingen D21 TG
H5	Plateaux légèrement ondulés et terrasses, moraine sableuse, Suisse occidentale	M2 Lausanne VD, M4 Gurmels FR
H6	Versants, inclinaison < 25%, Suisse occidentale	M3 Promasens FR
H7	Graviers de couverture (Deckenschotter)	M14 Irchelplateau ZH (LK Steig)
J	Vallées alluviales du Plateau	
J1	Alluvions fines	M8 Burgdorf BE (LK Schachen)
K	Moyennes collines molassiques avec formes glaciaires locales	
K1	Plateaux et terrasses, molasse sableuse à grain fin	M10 Langenthal BE (LK Riedhof)
K3	Versants, molasse sableuse, inclinaison > 25%	M6 Burgdorf 2010 BE
K4	Cuvettes, zones d'accumulation	M11 Langenthal (LK Unter-Rickenzopfen)

Tableau 15 : Unités de la carte des aptitudes des sols avec l'indication des profils issus de Waldböden der Schweiz pour les régions du Jura, du Plateau, des Préalpes, des Alpes et du sud des Alpes.

Unité cartographique		Profils
Bord des Alpes (Préalpes)		
O	Bord des Alpes à molasse sableuse	
O3	Pentes raides, exposition générale au sud, inclinaison > 35%	V11 Gubergwald LU
O4	Pentes raides, exposition générale au nord, inclinaison > 35%	V7 Rüschegg 5007 BE
P	Bord des Alpes à poudingues prédominants	
P2	Versants, exposition générale au sud, Suisse orientale	V13 Heumoosegg III ZG, V17 Gottschalkenberg ZG
P5	Versants, exposition générale au nord, Suisse orientale	V12 Chnoden ZG V15 Heumoosegg II ZG V16 Heumoosegg I ZG
P7	Pentes raides, exposition générale au nord, inclinaison > 35%	V19 Schänis SG
Alpes (y compris le sud des Alpes)		
Q	Vallées alpines larges	
Q1	Alluvions fines	A18 Fläsch GR
R	Vallées alpines étroites	
R4	Cône d'alluvions	A24 Nationalpark GR A25 Ramosch GR
S	Régions alpines sur Flysch	
S5	Pentes raides exposées au sud, inclinaison > 35%	V5 Saanen 5020 BE V9 Rüschegg 5045 BE A19 Maladers GR
S6	Versants inférieurs exposés au nord (au-dessous de 1500 m), inclinaison < 35%	V1 Semsales FR V6 Rotenbach FR V8 Rüschegg 5005 BE V18 Alptal SZ
S7	Pentes raides exposées au nord, inclinaison > 35%	V4 Saanen 5017 BE A3 St. Stephan BE
T	Régions sur Bundnerschiefer dans la haute vallée du Rhône et au Tessin	
T1	Crêtes et versants traversés de bancs rocheux	A6 Visp VS
T2	Versants inférieurs (au-dessous de 1000 m), inclinaison < 35%	V7 Stalden VS
T3	Pentes raides, inclinaison > 35%	S1 Piotta TI S2 Gassetto TI
U	Régions alpines sur formation calcaire	
U1	Crêtes et versants traversés de bancs rocheux	A8 Grindelwald BE
U3	Versants supérieurs exposés au nord (au-dessus de 1500 m), inclinaison > 35%	A9 Gadenen BE (LK Engstlenalp)
U4	Versants inférieurs exposés au sud (au-dessous de 1500 m), inclinaison < 35%	V10 Beatenberg BE
U5	Pentes raides exposées au sud, inclinaison > 35%	A4 Lens VS, A17 Bonaduz GR S11 Sagno TI S12 Ganeggio TI
U7	Pentes raides exposées au nord, inclinaison > 35%	A5 Lenk BE A20 Arosa GR A21 Langwies GR
U8	Cuvettes	A2 Gsteig BE, (LK Heitibüel)
V	Régions alpines sur formations cristallines dures (granites, orthogneiss)	
V3	Versants supérieurs exposés au nord (au-dessus de 1500 m), inclinaison > 35%	A22 Celerina GR, A23 Pontresina GR (LK Tais Guiven)

Tableau 15 (suite) : Unités de la carte des aptitudes des sols avec l'indication des profils issus de Waldböden der Schweiz pour les régions du Jura, du Plateau, des Préalpes, des Alpes et du sud des Alpes..

Unité cartographique		Profils
V4	Versants inférieurs exposés au sud (au-dessous de 1500 m), inclinaison < 35%	S5 Cima Pianca
V5	Pentes raides exposées au sud, inclinaison > 35%	A10 Gadmen Schwand BE S8 Bodio 2 TI
V6	Versants inférieurs exposés au nord (au-dessous de 1500 m), inclinaison < 35%	S17 Pian d'Arf GR
V7	Pentes raides exposées au nord, inclinaison > 35%	A16 Brigels GR S3 Intragna TI S13 Girso GR S14 Laura 2 GR S15 Laura 3 GR S16 Rodas GR S18 Prebonella GR S19 Poschiavo 1 GR
W	Régions alpines sur formations cristallines (paragneiss)	
W1	Crêtes et versants traversés de bancs rocheux	S20 Poschiavo 2GR
W5	Pentes raides exposées au sud, inclinaison > 35%	A1 Martigny VS S6 Novaggio TI
W6	Versants inférieurs exposés au nord (au-dessous de 1500 m), inclinaison < 35%	A11 Gurtellen UR S7 Cademario 1 TI
W7	Pentes raides exposées au nord, inclinaison > 35%	A12 Tujetsch GR A13 Somvix GR A14 Trun GR A15 Uebersaxen GR S4 Chironico TI S9 Copera 10 TI S10 Isonne TI

Tableau 15 (suite): Unités de la carte des aptitudes des sols avec l'indication des profils issus de Waldböden der Schweiz pour les régions du Jura, du Plateau, des Préalpes, des Alpes et du sud des Alpes.

Bibliographie

Blaser, P.; Zimmermann, S.; Luster, J.; Walthert, L.; Lüscher P., 2005: Waldböden der Schweiz, Band 2. Regionen Alpen und Alpensüdseite. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bern, Hep Verlag, 920 S.

Bodeneignungskarte der Schweiz 1 : 200 000 (BEK), 1980: Herausgegeben vom Eidg. Justiz- und Polizeidepartement (BA für Raumplanung), Eidg. Volkswirtschaftsdepartement (BA für Landwirtschaft und Eidg. Departement des Innern (BA für Forstwesen).

Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5), 2005: AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover. 5. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 438 S.

Forstliche Standortaufnahme, 2003: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 5. Auflage, IHW-Verlag, München. 352 S.

Frehner, M.; Wasser, B; Schwitter, R., 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern, 564 S.

Leitgeb, E.; Reiter, R.; Englisch, M.; Lüscher, P.; Schad, P.; Feger, K.H., (Hrsg.) 2013: Waldböden - Ein Bildatlas der wichtigsten Bodentypen aus Österreich, Deutschland und der Schweiz. WILEY-VCH Verlag. S. 387.

Lüscher, P., 2013: Nur wer den Boden kennt, kann ihn schützen und nachhaltig nutzen. In: Eidg. Forschungsanstalt WSL (Hrsg.): Forum für Wissen 2013. Bodenschutz im Wald: Ziel - Konflikte - Umsetzung. WSL Ber. 6. 116 S.

Richard, F.; Lüscher, P., 1983ff: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Sonderserie EAFV. Bände 1-4.

Walthert, L.; Zimmermann, S; Blaser, P.; Luster, J.; Lüscher, P., 2004: Waldböden der Schweiz. Band 1. Grundlagen und Region Jura. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bern, Hep Verlag, 768 S.

Walthert, L.; Blaser, P.; Lüscher, P.; Luster, J.; Zimmermann, S., 2003: Langfristige Waldökosystemforschung LWF in der Schweiz. Ergebnisse der ersten Erhebung 1994-1999. <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/cgi-bin/show.pl?type=bericht&nr=276>.

Zimmermann, S.; Luster, J.; Blaser, P.; Walthert, L.; Lüscher, P., 2006: Waldböden der Schweiz. Band 3. Region Mittelland und Voralpen. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bern, Hep Verlag, 847 S.

2A

