

MANUEL

**Cartographie
des sols forestiers**

Janvier 1996

Cette publication fait partie des Mesures d'appoint (FLAM)
du Programme d'inventaires forestiers (PIF) 1992-1995

Rédaction: Station fédérale de recherches agronomiques
Zurich-Reckenholz

**Publié par l'Office fédéral
de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)**

REMERCIEMENTS

L'éditeur remercie les collaboratrices et collaborateurs de la Station fédérale de recherches agronomiques de Zurich-Reckenholz du développement de la méthode de cartographie et d'autres travaux de base, des suggestions, contributions et finalement de la rédaction du présent manuel.

On doit à Peter Lüscher, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, à Franz Borer, Amt für Umweltschutz, Abt. Bodenschutz des Kantons Solothurn et à Edouard Burlat, Eidg. Technische Hochschule, Fachbereich forstliches Ingenieurwesen d'avoir assuré la lecture critique du manuscrit. Qu'ils en soient remerciés.

IMPRESSUM

Editeur

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)

Rédaction

Station fédérale de recherches agronomiques (FAP), Reckenholz, 8046 Zurich

Auteurs

Andreas Ruef, Dr. Karl Peyer, FAP

Traduction

Dr. Luc-François Bonnard, FAP

Graphisme

Elsbeth Plüss, FAP

Commandes

Service de documentation

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 3003 Berne

Prix: Fr. 20.--

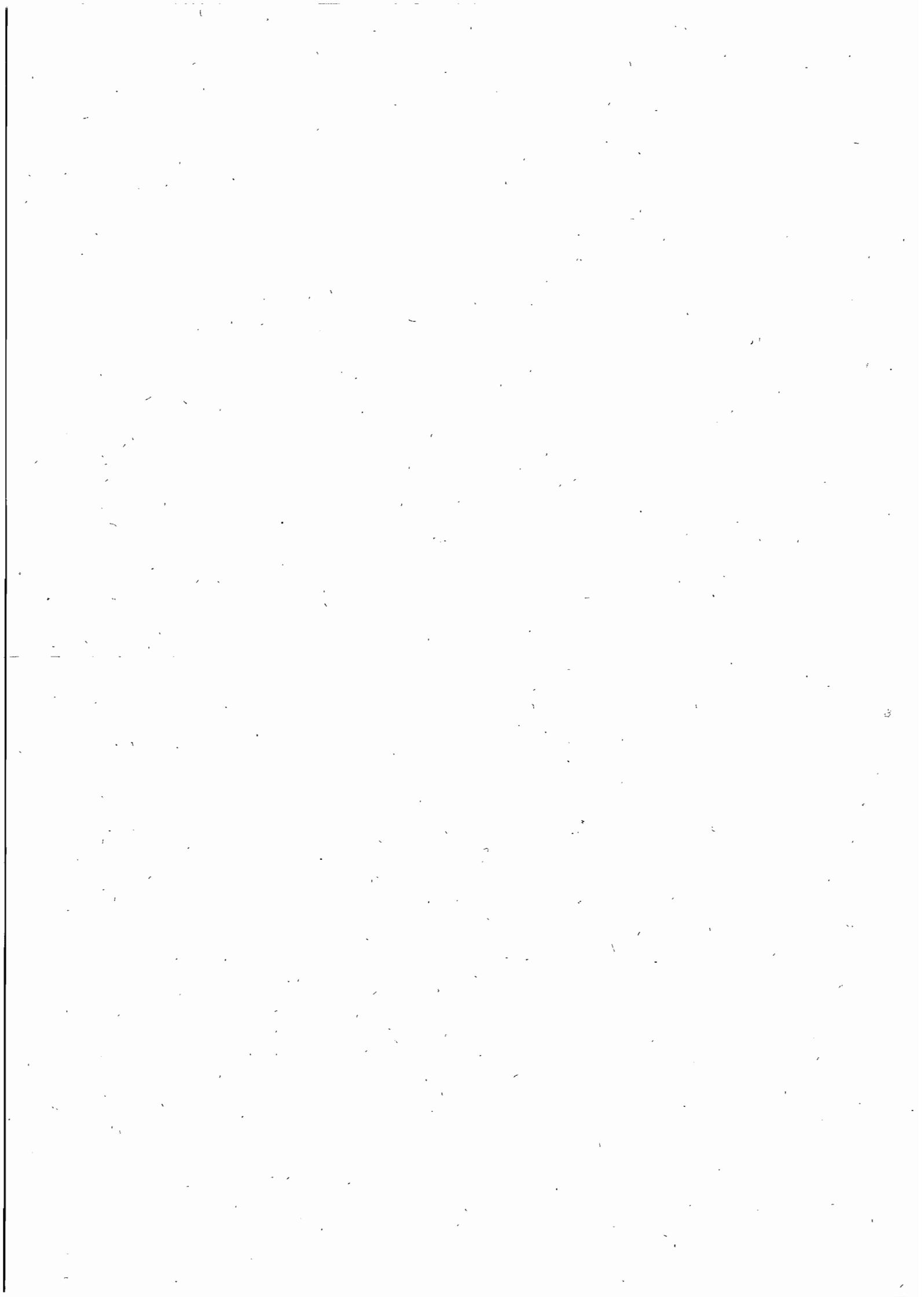
3.96 300 U32868

Table de matières

Préface	7
1 Introduction	9
1.1 But et conception du manuel	9
1.2 Bases légales	9
1.3 Contenu et usages de la carte des sols	10
1.4 Schéma du déroulement d'une cartographie	12
PARTIE I CARTOGRAPHIE DES SOLS	13
2 Préparation du projet	15
2.1 Formulation et planification	15
2.2 Collectage des documents de base	17
2.3 Parcours de reconnaissance	18
2.4 Exploitation des photographies aériennes	19
3 Travaux de terrain	21
3.1 Etablissement de l'inventaire des sols	21
3.1.1 Profils de sol	21
3.1.2 Sondages	23
3.2 Légende de travail (clé cartographique)	23
3.2.1 Codage de la légende de travail	24
3.2.2 Fichier	26
3.3 Lever cartographique	26
3.3.1 Concepts de base	26
3.3.2 Documents de travail et matériel	28
3.3.3 La carte de terrain	28
3.3.4 Délimitation des surfaces	29
3.3.5 Variabilité des formes de sol et de terrain	31
4 Présentation des résultats	35
4.1 Mise au net de la légende de travail et de la carte de terrain	35
4.2 Code cartographique	37
4.3 Légende de la carte des sols	40
4.4 Elaboration de la carte	42
4.4.1 Teintes	42
4.4.2 Elaboration conventionnelle	42
4.4.3 Le TED dans la confection de la carte	42
4.5 Exploitation des cartes des sols	43
4.6 Notice explicative	45

PARTIE II	ETUDE DU PROFIL DE SOL ET DE SA STATION	47
5	Le profil de sol et son protocole	49
5.1	Le profil de sol	49
5.2	Protocole et description de profil	50
5.3	Identification de l'emplacement	52
5.3.1	Situation, topographie / géologie	52
5.3.2	Données générales	52
6	Etude du profil (esquisse du profil)	54
6.1	Horizons*	54
6.1.1	Numérotation, profondeurs, limites	54
6.1.2	Symboles des horizons principaux	55
6.1.3	Symboles complémentaires	56
6.1.4	Symboles de subdivision des horizons principaux	56
6.2	Esquisse du profil et signes	59
6.3	Structure	60
6.3.1	Formes de structure	60
6.3.2	Détermination pratique	61
6.4	Matière organique	61
6.5	Terre fine (texture)	62
6.5.1	Fractions	62
6.5.2	Texture	62
6.5.3	Détermination de la texture par test tactile	64
6.6	Pierrosité	64
6.7	Contenu calcaire	66
6.8	Valeurs pH	66
6.9	Couleur	67
6.10	Prélèvement d'échantillon	68
7	Données stationnelles et le peuplement	69
7.1	Données stationnelles générales	69
7.1.1	Altitude et exposition	69
7.1.2	Climat	69
7.1.3	Utilisation, végétation	70
7.1.4	Matériau de départ	71
7.1.5	Elément paysagique	71
7.2	Forme de l'humus	73
7.2.1	Classification des formes d'humus	74
7.3	Peuplements, essences, capacité de production	76
8	Désignation du sol (classification)	78
8.1	Types de sol	78
8.2	Sous-types	80
8.3	Régime en eau / Profondeur utile	81
8.3.1	Genre et degré de mouillure	81
8.3.2	Catégories de régime en eau des sols	82
8.3.3	Profondeur utile et capacité de rétention en eau facilement disponible	86

PARTIE III APPLICATIONS ET INTERPRÉTATIONS	87
9 Applications et interprétations de la carte des sols en sylviculture	89
9.1 Marche à suivre dans l'interprétation des cartes des sols	89
9.2 Domaines d'application	91
9.3 Carte des sols et station	92
9.3.1 Station et facteurs stationnels	92
9.3.2 Méthodes de la cartographie stationnelle	92
9.3.3 La carte des sols comme moyen de la cartographie stationnelle	93
9.4 La capacité de production	94
9.4.1 Niveaux de capacité de production	95
9.5 Carte des sols et sylviculture	97
9.5.1 Propriétés du sol et choix des essences	97
9.5.2 Début et durée de rajeunissement	99
9.6 L'estimation des sols forestiers	100
9.6.1 Cote du sol et niveaux de capacité de production	100
9.6.2 Le déroulement de l'estimation	101
9.6.3 Détermination de la valeur du profil	102
9.6.4 Corrections stationnelles	104
9.6.5 Carte des cotes des sols	104
9.7 Carte des sols en ingénierie	104
9.7.1 Viabilité	105
9.7.2 Compaction du sol	106
10 Exemples d'application	108
10.1 Remaniement forestier de Schlatt-Hofstetten (ZH)	108
10.2 Exploitation du gravier à Solenberg (SH)	113
10.3 Amélioration à Jens-Merzligen (BE)	117
Littérature	121



Préface

On dispose aujourd'hui de cartes des sols, principalement à l'échelle du 1:25'000, pour divers objets de l'activité sylvicole. Ces cartes prennent toute leur valeur avec l'entrée en vigueur de la nouvelle loi forestière qui exige des données stationnelles parmi les documents de planification sylvicole. Ce faisant, se trouvent réunis le besoin d'une diffusion de la méthode de cartographie et celui d'une meilleure connaissance des possibilités d'application. Ces vœux sont pris en compte dans le cadre du programme d'inventaire forestier 1992 - 1995, programme partiel "Mesures d'accompagnement" de la Direction fédérale des forêts.

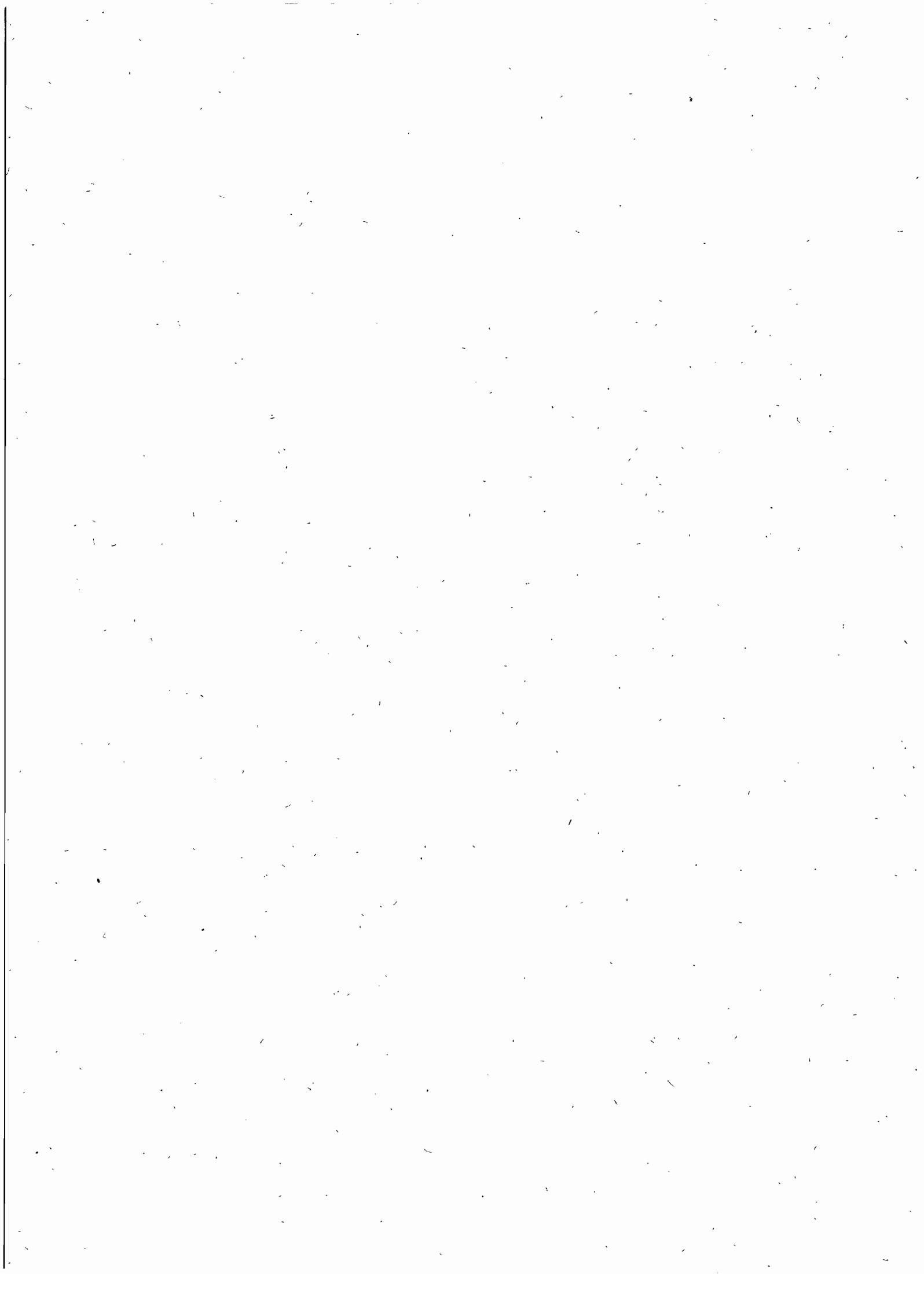
La Station fédérale de recherches agronomiques (FAP) à Zurich-Reckenholz s'occupe depuis près de 20 ans de cartographie des sols agricoles et sylvicoles. On y utilise une méthode de lever uniforme développée au service de cartographie des sols. Le présent manuel en présente l'état le plus récent: du collectage des documents de base jusqu'à la confection de la carte finale en passant par l'étude des profils et le lever de carte. Une partie spéciale traite des applications et interprétations des cartes des sols.

Ce manuel doit permettre à l'avenir d'effectuer des cartographies des sols selon des critères et des directives uniformes. Il sert d'une part de moyen de réflexion aux offices forestiers cantonaux dans la planification d'éventuels projets cartographiques, d'autre part aux personnes chargées de l'exécution de projets. Il s'adresse en particulier à tous les praticiens et autres utilisateurs des cartes des sol qui doivent inclure le sol dans leurs planifications ou dans des décisions concrètes.

OFFICE FÉDÉRAL DE
L'ENVIRONNEMENT
DES FORÊTS ET DU PAYSAGE
Direction fédérale des forêts



Heinz Wandeler
Directeur



1 Introduction

1.1 But et conception du manuel

La présente publication traite de la méthode de cartographie des sols développée à la FAP, en particulier pour les sols forestiers. Elle doit rendre possible l'uniformité des critères et des directives dans le lever de la répartition des sols et permettre la comparaison des résultats. Elle doit en plus faciliter l'utilisation et la compréhension de la carte des sols.

Le "manuel de cartographie des sols forestiers" doit être compris comme une incitation et un encouragement, selon une formule d'ouvrages analogues par exemple en Allemagne (ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE, 1982) ou en Autriche (ARBEITSGRUPPE BODENZUSTANDSINVENTUR, 1989).

Mais des connaissances pédologiques sont aussi nécessaires pour cartographier qu'un manuel, aussi complet soit-il. Au début il est recommandé de faire appel aux conseils d'un cartographe expérimenté.

On ne traite pas ici de la classification des sols. Celle-ci est l'objet d'une publication séparée (FAP, 1992a) et constitue à la fois un préalable et un complément à ce manuel.

Ce manuel comprend trois parties. La première présente la méthode de cartographie, des préliminaires à l'achèvement de la carte. La deuxième traite de l'examen du profil. Ces deux parties ont dans l'ensemble un caractère général, à savoir qu'elles s'appliquent tant à la cartographie des terres agricoles qu'à celle des forêts. On relève à chaque fois les différences spécifiques. La troisième partie décrit les possibilités d'application des cartes des sols en sylviculture, y compris l'estimation des sols, et donne quelques exemples.

1.2 Bases légales

La nouvelle législation forestière fédérale est en vigueur dès le 1er janvier 1993. Elle induit à bien des égards une nouvelle orientation de l'économie forestière, entre autres dans le domaine stationnel. Le maintien quantitatif de la forêt est complété dans la loi forestière par un nouveau décret sur le **maintien qualitatif** de la forêt qui stipule que la forêt doit être protégée en tant que communauté naturelle vivante et que doivent être reconnues ses fonctions envers la société humaine. (art.1 al.2 lettre b,c LFo). La gestion forestière est le moyen de remplir ces fonctions; elle comprend, à côté des soins et de l'utilisation, la planification forestière (OFFEP, 1993). La nouvelle loi forestière fixe à cet effet les conditions-cadres (art.20 al.2, resp. art.38 al.2, lettre a LFo); les cantons doivent concrétiser les prescriptions de planification et d'exploitation. Le paragraphe 2 de l'art. 18 OFo a une signification particulière (dans le sens d'une exigence minimum). On y demande que soit

fixés dans les documents de planification forestière, à côté des fonctions du sol, également les **conditions stationnelles**.

Les données sur la nature du sol font partie respectivement de la description et de la cartographie des stations, telles qu'elles sont fixées par la loi. Les cartes des sols doivent apporter à cet égard une aide précieuse.

1.3 Contenu et usages de la carte des sols

Le sol tient une place centrale dans un espace naturel par ses propriétés de filtre, tampon, régénérateur et de phytosupport. C'est pour cette raison que la carte des sols est un document de base de haute valeur informative.

Les cartes des sols renseignent sur la **répartition** et les **caractéristiques** des sols d'une région ou d'un paysage donné. Elles y ajoutent des informations sur le **matériau de départ** (roche-mère, substrat), les **processus génétiques** ou la classification des sols.

Elles trouvent des **utilisations** dans:

- **l'agriculture et la sylviculture:** conseils pour une utilisation adaptée au milieu, le choix des essences, le travail et l'amélioration du sol, le potentiel de rendement, etc.
- **la planification locale et régionale:** document de travail pour la détermination des bonnes terres polyvalentes (surfaces d'assolement); plans d'utilisation, etc.
- **la protection de l'environnement:** base pour la protection du sol, des eaux, ainsi que document de travail pour les études d'impact, etc.
- **la recherche sur les espaces naturels:** aide en science du sol (recherche et enseignement), en botanique (phytosociologie), zoologie (pédobiologie), géographie (géomorphologie, écologie du paysage), géologie, géotechnique (substrat et matériau de construction), hydrologie etc.

Les cartes des sols, en fonction de leur **échelle**, donnent une vue d'ensemble régionale ou des informations utilisables au niveau de la parcelle.

Les cartes à **petite échelle**, comme la Carte des aptitudes des sols de la Suisse au 1:200'000 (DFJP, 1980) donnent une vue d'ensemble des conditions pédologiques sur le plan national. Elles étayent des questions à caractère interrégional. On y représente non plus des sols uniques, mais seulement des associations de sols qui reflètent les propriétés essentielles respectivement des types paysagiques, des roches de départ et du relief.

Les cartes des sols **mi-détaillées** à l'échelle du 1:25'000 donnent des indications au plan régional sur les sols et leurs aptitudes agricole et sylvicole. Elles sont souvent trop imprécises pour juger le sol au niveau de la parcelle. Elles constituent en revanche une base précieuse et utile pour des aménagements régionaux et écologiques touchant tout une région (fig. 1) (MÜLLER, ZIHLMANN, 1987).

Les cartes de détail à **grande échelle** 1:1'000 à 1:10'000 sont nécessaires pour l'estimation des parcelles, par exemple lors de remaniement, pour des gestions agricoles et sylvicoles, de même que pour des questions ayant trait à la fumure. A l'avenir enfin on fera de plus en plus appel à ce type de carte dans des études d'impact.

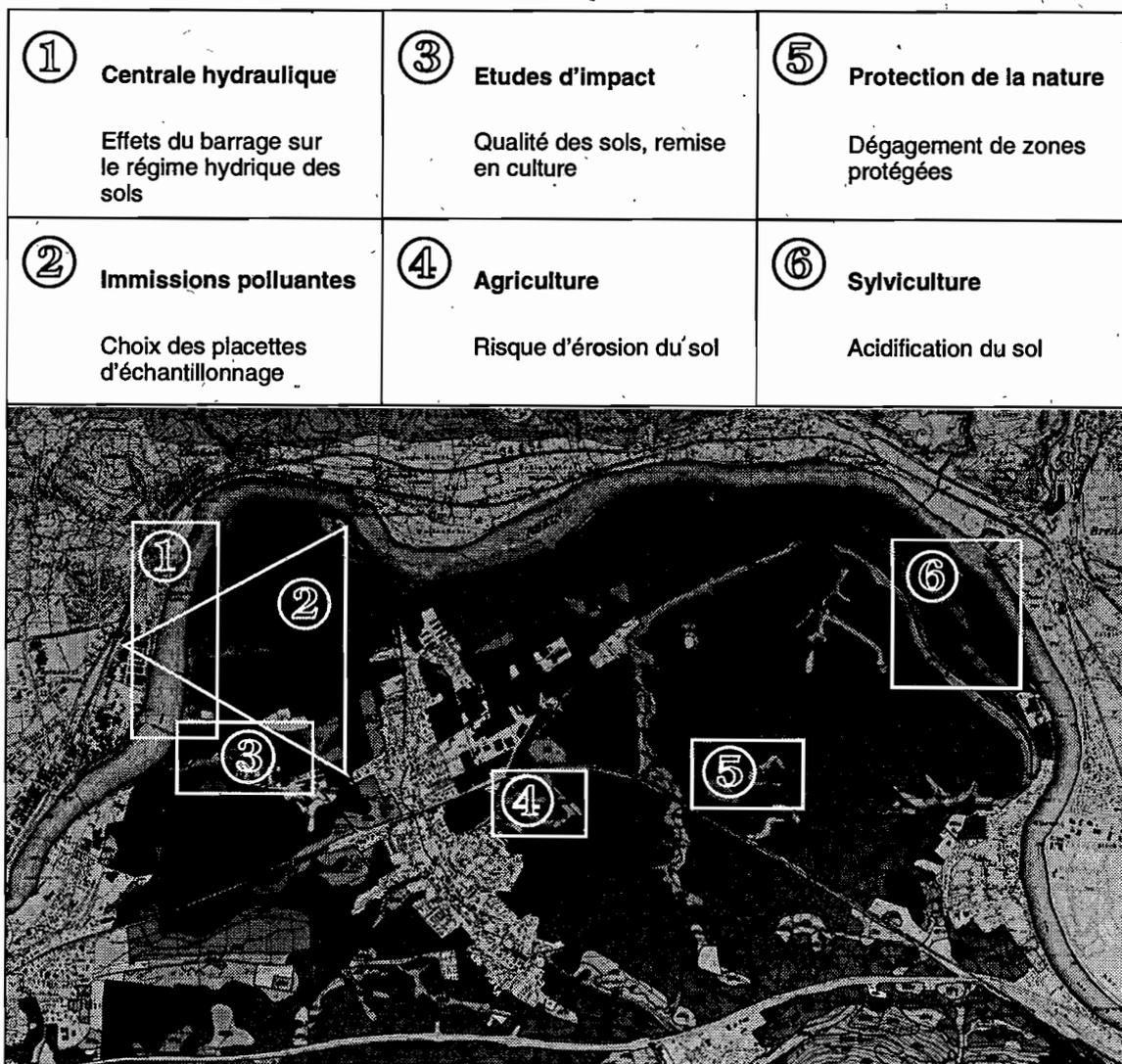


Fig. 1: exemples d'utilisation d'une carte des sols au 1:25'000, feuille Rheinfelden

On constate que l'échelle d'une carte conditionne l'ouverture de la fourchette des unités cartographiques et l'étendue de leur contenu informatif. Il est important, en vue d'applications ultérieures, de délimiter des petites surfaces lorsque la nature des sols varie rapidement et profondément. Les possibilités d'application spécifique d'une carte des sols dépendent donc de l'échelle choisie.

1.4 Schéma du déroulement d'une cartographie

Le schéma ci-dessous d'une cartographie vaut pour les études de détail et celles au 1:25'000. Les éventuelles différences dans l'importance et l'exécution des diverses étapes sont signalées dans les paragraphes correspondants. Les étapes ci-dessous sont décrites dans la Partie I.

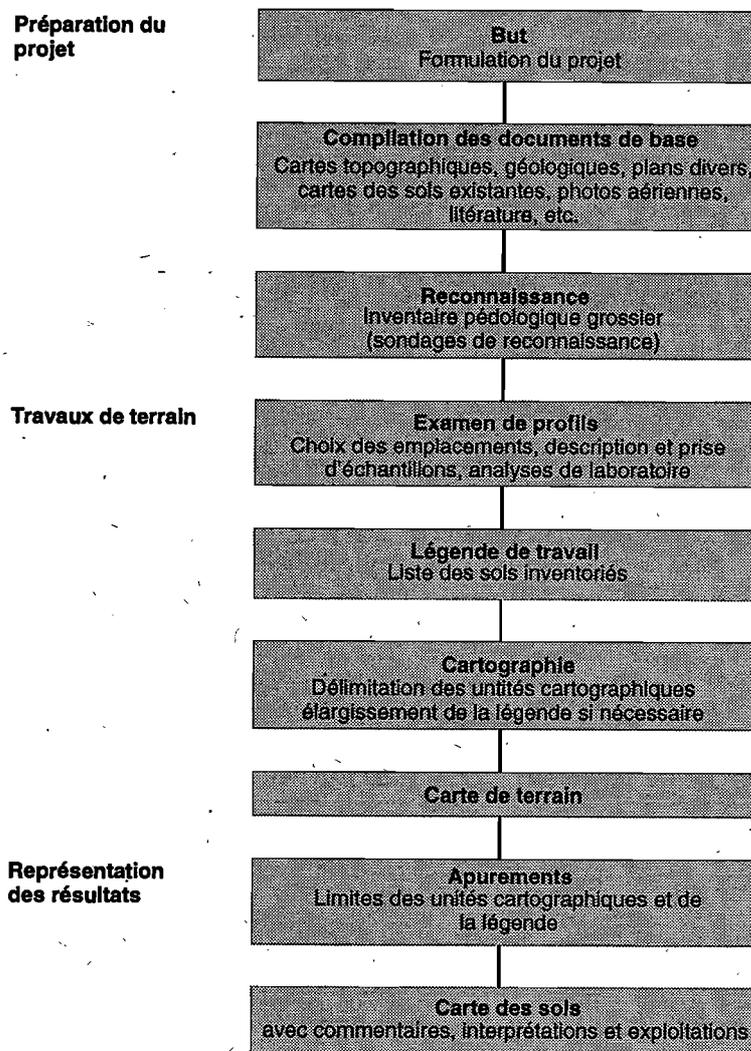
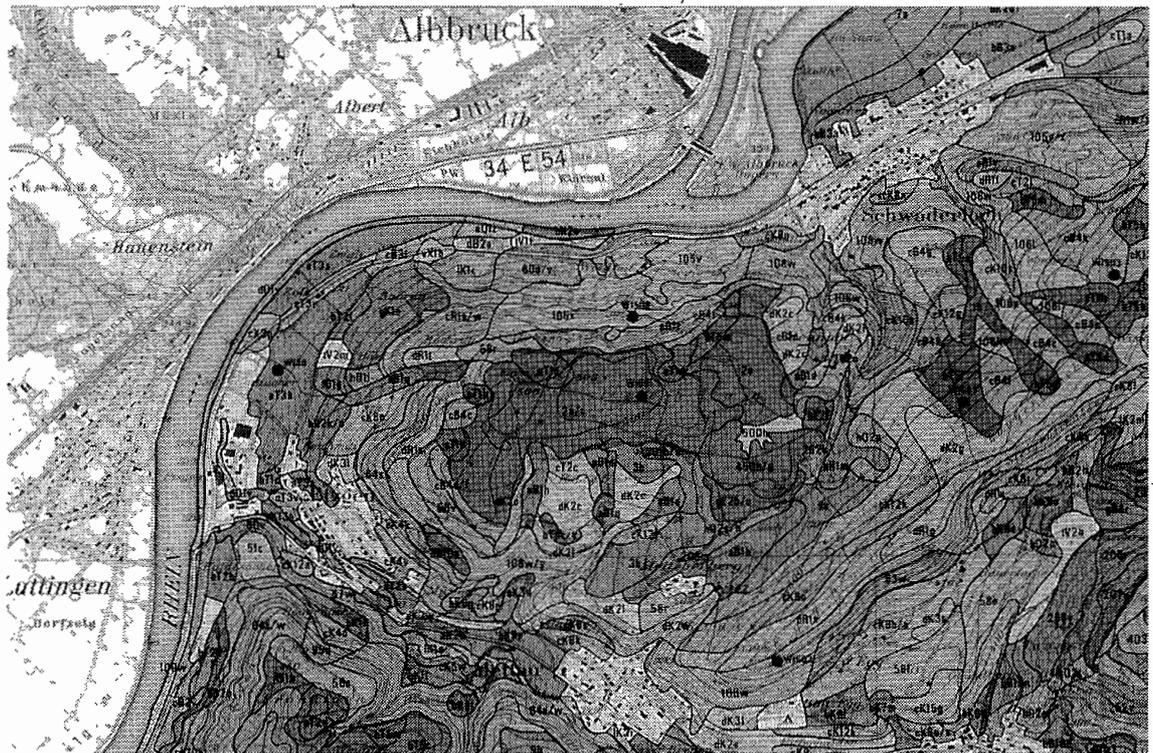


Fig. 2: schéma du déroulement d'une cartographie

PARTIE I

CARTOGRAPHIE DES SOLS





2 Préparation du projet

2.1 Formulation et planification

Tous les points importants doivent être discutés et au besoin fixés par contrat, (spécifications) entre le mandant et le mandataire avant l'exécution d'un projet de cartographie. Il faut en particulier déterminer les besoins du mandant en ce qui concerne l'exploitation de l'étude et la forme sous laquelle les résultats doivent être présentés. Il convient en outre de planifier l'agenda et les aspects financiers ainsi que les questions de matériel et de personnel.

Spécifications

- périmètre de cartographie: surface en ha
- documents de travail: plans
photographies aériennes
plans de conduites et câbles
souterrains
- finances: devis pour le mandant
- échéances: travaux préparatoires
travaux de terrain
cartes de terrain p.ex. pour taxation
rapport final y.c. cartes des sols et
cartes dérivées
- forme de représentation des résultats: nombre d'exemplaires; en couleurs ou
noir/blanc
exploitation statistique des cartes
- besoins en information: public
propriétaires fonciers
intéressés

Exploitations possibles

- remaniements parcellaires (qualité du sol, cotes)
- propositions d'amélioration
- risque de pertes de matières nutritives par percolation et ruissellement
- risque d'érosion
- risque de compaction
- aptitude (agriculture et sylviculture)

- dégagement des secteurs agricoles préférentiels (p.ex. les zones d'assolement)
- constat de l'état premier du sol avant l'ouverture d'une gravière
- planification et aménagements forestiers
- dégagement des réserves naturelles, des surfaces de compensation écologiques
- mesures de protection de l'environnement

Points de la planification du mandataire

- nombre approximatif de profils et de sondages
- nombre d'échantillons de sol pour laboratoire
- plan de travail pour le cartographie
- plan de travail pour l'infrastructure (laboratoire, salle de dessin)
- besoins en matériel (piquets, outils de sondage)
- autres spécifications contractuelles (essais sur champ, recherches particulières en laboratoire, etc.)
- planification de son propre travail

Mandant

La grande partie des mandats de cartographie des sols viennent du domaine public. Ce sont souvent des collectivités de droit public qui souhaitent des cartes de sol détaillées dans le cadre d'améliorations foncières (remaniements parcellaires) ou des communes politiques qui doivent exécuter des dispositions légales découlant d'une loi cantonale sur l'aménagement du territoire. Les cartographies régionales à l'échelle du 1:25'000 sont plutôt demandées par les offices cantonaux. Des bureaux privés peuvent aussi mandater des cartographies (par exemple pour des études d'impact), lorsqu'ils ne les exécutent pas eux-mêmes.

Les mandants qui sont peu familiarisés avec le sol et la cartographie doivent assister au moins une fois au travail de terrain et recevoir le plus tôt possible une ébauche de carte avec interprétation pour prendre position.

2.2 Collectage des documents de base

Toutes les cartes, plans, rapports ou livres qui contiennent des données sur les facteurs de formation et les caractéristiques des sols dans la région à cartographier et ses environs peuvent être utiles (tabl. 1).

Documents	Facteurs de formation du sol	Utilité pour la cartographie
Atlas de la Suisse	divers	vue d'ensemble
cartes géologiques cartes géotechniques cartes hydrogéologiques	matériau-mère	attribution des unités de sol aux substrats (légende) emplacements des profils
séries de températures précipitations Carte d'aptitude climatique 1:200'000 Carte des niveaux thermiques 1:200'000	climat	caractérisation climatique
Carte nationale de la Suisse 1:25'000 photographies aériennes cartes des pentes cartes géomorphologiques	relief	vue d'ensemble délimitation des éléments physiographiques emplacements des profils
vieilles cartes topographiques 1:25'000 plans de câbles et conduites souterrains	homme	modifications par l'intervention humaine
statistiques des surfaces	homme	utilisation du sol
carte de la végétation	végétation	limites provisoires
cartes des eaux souterraines	eau	délimitation des secteurs à eau de fond
cartes des sols des régions avoisinantes et feuilles de profil correspondantes	tous	limites provisoires reprises d'unités de sol dans la Légende

Tabl. 1: documents de base importants

Le résultat de l'exploitation des documents de base peut être représenté sous la forme d'une ou plusieurs esquisses cartographiques (p.ex. superposables). Elles servent à une vue d'ensemble de la région et à la compréhension de la formation (genèse) du paysage, ou bien peuvent être retravaillées en une **carte conceptuelle** en s'aidant des connaissances acquises lors de la reconnaissance (v. 2.3). Une carte conceptuelle contient déjà des données sur l'origine des sols (genèse) et leurs propriétés importantes; le travail de terrain peut bien s'appuyer sur elle. L'exploitation des documents trouve également sa place lors de l'inventaire des sols.

2.3 Parcours de reconnaissance

Un parcours dans le terrain, en même temps et peu après l'exploitation des documents de base, permet de se faire une idée du rôle et de la fourchette de variation des facteurs de formation des sols. On se sert pour cela des:

- entailles dans le terrain: carrières, gravières, talus, excavations, fosses, paquets racinaires renversés
- observations phytosociologiques, utilisation du terrain
- aspects particuliers de la surface du sol: zones mouillées, d'érosion, glissements, taux d'humus élevé, tassement dans la tourbe (regards de drainages), forte pierrosité, etc.

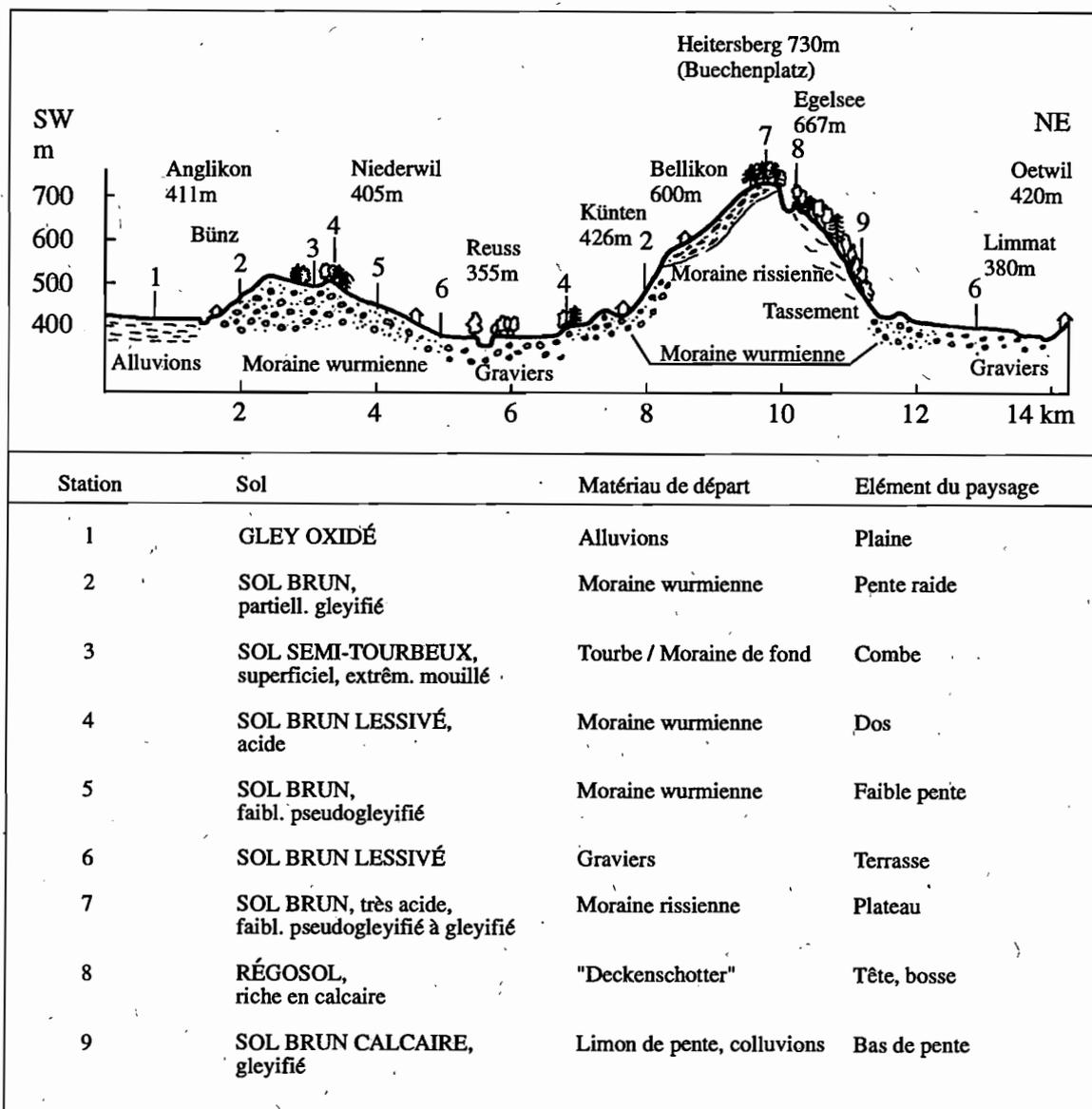


Fig. 3: exemple d'une succession de sols le long d'un transect du Bünztal au Limmattal (d'après FAP, 1986)

Il est recommandé d'exécuter des sondages bien placés le long d'un transect pour rechercher les relations entre les propriétés du sol et ses facteurs de formation. On entend par là une série de sondages tels qu'au moins l'un d'entre eux soit placé dans chaque élément physiographique (fig. 3).

Tous les levés et observations doivent être portés sur la carte de terrain (v. 3.3.3).

Lors d'études sur de grandes surfaces, une cartographie-test d'une portion limitée peut donner une vue d'ensemble. La région-test doit être géologiquement et morphologiquement représentative du périmètre à cartographier.

A la fin de cette étape "vue d'ensemble", les relations locales entre les facteurs de formation du sol et les caractéristiques du profil de sol dans les éléments paysagiques typiques du domaine à cartographier doivent être connues (fig. 3). L'inventaire des sols par fosses et carottage repose sur cette condition.

2.4 Exploitation des photographies aériennes

Les photographies aériennes aident l'observateur exercé à délimiter des surfaces différentes par leurs facteurs de formation et leurs propriétés. Mais il n'est pas possible d'en tirer des informations qualitatives sûres comme la granulométrie, l'hydrologie ou le chimisme ou encore la détermination du type de sol. Pour cela, il est indispensable de prélever des échantillons (carottages) dans le terrain (SCHNEIDER, 1974). La photographie aérienne est par ailleurs un instantané contrairement à un profil de sol qui montre son comportement longue durée dans sa morphologie, p.ex. dans les signes de présence d'eau.

L'interprétation des photographies aériennes consiste avant tout dans l'analyse respectivement du grisé et de la couleur (contrastes) et du relief dans les séries stéréoscopiques.

L'emploi des photographies aériennes en terrain boisé est limité principalement à l'analyse du relief et à l'orientation.

Analyse de la couleur et du grisé

Les contrastes dans la couleur et le grisé facilitent avant tout le repérage et la délimitation des sols humides et des sols superficiels (tabl. 2). Lorsque, dans une région-test choisie, on a éclairci la relation liant les couleurs/grisé à la forme du sol, on peut établir un **clé d'interprétation des photographies aériennes** pour la dénomination du sol. L'attribution correcte d'une plage cartographique à une unité de sol de la légende (v. 3.2) implique une

solide expérience de terrain. La rectitude doit en être vérifiée par le cartographe au moins par un échantillonnage ponctuel sur le terrain.

Grisé p.r. aux environs	Propriétés corrélées (du sol)
sur une surface - clair - moyen - foncé	surface rugueuse (pierres, sable) emplacements secs, sols superficiels sols profonds à hydrologie équilibrée zones humides
en point, en ligne - clair - foncé	lentille pierreuse, arête d'érosion, emplacements superficiels conduits de drainage, émergence de source, emplacements humides

Tabl. 2: clé d'interprétation des photos aérienne pour le grisé

Analyse du relief

Le facteur de formation du sol varie normalement très fort et imprime sa marque aux délimitations sur la carte ainsi qu'aux exploitations subséquentes. Le relief devient visible sous le stéréoscope - de façon accentuée - des plages cartographiques peuvent être délimitées et attribuées à des éléments physiographiques (v. 7.1.5).

Les limites de tels éléments correspondent bien aux limites des sols sur les cartes à petite échelle (1:25'000 et plus petites). On constate par ailleurs une étroite relation entre le genre des éléments physiographiques et le sol.

L'analyse du relief ne suffit plus dans les cartographies de détail (1:10'000 et plus grand) pour fixer les limites des sols. De petites différences de relief ne peuvent pas toujours être détectées au stéréoscope - elles correspondent sur le terrain souvent à des diversités importantes des sols.

L'analyse des photographies aériennes a une moindre signification en cartographie des sols forestiers qu'en régions non boisées. Les petites variations du relief sont mal, voire invisibles sous forêt car celle-ci a un effet compensatoire (petits arbres sur bosses, grandes arbres en combe).

3 Travaux de terrain

Ils consistent dans le choix et la description des profils de sol et des sondages (inventaire) ainsi que dans le travail de lever de carte proprement dit.

3.1 Etablissement de l'inventaire des sols

Il s'agit d'une liste aussi complète que possible de toutes les formes de sol apparaissant dans un périmètre de cartographie. L'inventaire se compose de la description des profils et sondages aménagés pour l'étude en question et de celle de profils, sondages et unités de sol d'études préexistantes touchant au périmètre et aux régions voisines à mêmes conditions pédologiques.

Dans des projets cartographiques d'une certaine étendue, il est judicieux d'établir tout d'abord un inventaire provisoire en cartographiant une région-test représentative. Des cartes détaillées préexistantes dans des zones à cartographier au 1:25'000 pourront remplir ce rôle.

3.1.1 Profils de sol

Voici les critères importants pour le choix définitif des profils:

- Emplacement:**
- tenir compte du plus grand nombre possible de facteurs de formation du sol **relief, matériau-mère, végétation** (champs et forêt) et **climat**
 - centrer le plus possible dans l'élément physiographique à caractériser
 - en forêt, dans les conditions les plus naturelles possibles
 - éviter les emplacements profondément modifiés par l'homme, sauf si leur étendue les rend cartographiables (p.ex. gravières recultivées)
 - garder une distance suffisante des routes, chemins, talus ferroviaires, fossés, cours d'eau etc. (en général 5 m)
 - rester en bordure de parcelle cultivée pour limiter les dégâts
 - en cas de creusage mécanisé tenir compte des voies d'accès
 - **ATTENTION** aux conduites et câbles souterrains (électricité, téléphone, eau); consulter les plans y relatifs!

- Dimensions:**
- largeur: 60 - 100 cm
 - longueur: 200 cm
 - profondeur: jusqu'à l'horizon C, max. 200 cm
 - adapté aux conditions et besoins spécifiques
- Situation:**
- le profil face au sud; sur pente, contre l'amont
- Distribution:**
- régulière dans le périmètre à cartographier (mais pas systématique)
 - cartographies de détail: - env. 1 profil par 10 - 15 ha
 - cartes au 1:25'000 : - env. 1 profil par 100 - 150 ha,
soit 100 - 150 profils par feuille
- Périodes:**
- zone agricole: terres ouvertes entre récolte et semailles, prairies au premier printemps ou arrière automne
 - forêt: indifférent, souvent avec lever de la végétation (printemps, été)
- Examen:**
- voir Partie II ETUDE DU PROFIL ET DE SA STATION

A la place des fosses d'examen on peut utiliser toutes sortes de saignées naturelles et artificielles:

- carrières
- gravières, sablières, marnières
- talus ferroviaires et routiers
- excavations
- tranchées pour conduites d'eau, drains, canalisations, places de chantier
- paquets racinaires renversés

Important: n'utiliser que des coupes fraîches, si besoin est, préparées à l'avance (rafraîchies, humidifiées); prendre garde à toute perturbation.

Les coupes de sol qui représentent bien une unité de sol significative de la région cartographiée, sont désignées comme **profils-standart**. Ceux-ci sont portés sur la carte, et décrits, avec les données de laboratoire, dans un rapport.

3.1.2 Sondages

Des sondages (surtout avec un véhicule-sonde) peuvent remplacer des fosses pour compléter et parachever l'inventaire des sols.

Emplacement: • mêmes critères que pour les fossés
Forêt: dans les peuplements; à partir de l'état de développement de la futaie sondages sur les pistes de débardage; mais pas dans les traces de roue!

Profondeur: • aussi profond que possible

Outils:

- sonde hydraulique (sur véhicule), Ø du carottier env. 8 cm
- sonde à main (aussi appelée Edelmann ou hollandaise), Ø du carottier 3 - 10 cm
- exceptionnellement sonde à percussion ("Purckhauer")

Distribution: • selon les besoins, en complément et/ou à la place de profils

Examen: • analogue à celui des profils; les formules de protocole peuvent être plus simples que pour les profils

Périodes:

- sondages avec véhicule, sur champs: après récolte; sur pré (fraîchement fauché) ainsi qu'en forêt: toute l'année, pour autant que les chemins soient en bon état
- sondages à main, presque toujours possibles avec égard aux cultures; éviter celles qui sont à terme. Forêt: indifférent.

3.2 Légende de travail (clé cartographique)

La légende de travail (établie à partir de l'inventaire des sols) est une liste des unités de sol, codée et ordonnée selon certains critères (tabl. 3).

Les divers emplacements représentatifs de l'inventaire des sols sont directement intégrés à la légende sous forme d'unités de sol.

D'autres unités de sol sont adjointes à la légende de travail durant le lever cartographique. Un profil ou un sondage de référence doit être décrit (protocole) pour les principales d'entre elles.

Il faut toujours donner pour chaque unité de sol: hydrologie / profondeur, type de sol, sous-type(s), pierrosité et granulométrie de la fraction fine (fig. 4). Selon les cas, surtout dans les cartographies de détail, on peut ajouter le degré de fertilité, de productivité, la forme d'humus, le substrat ou la cote (tabl. 3).

La légende de travail est construite et ordonnée comme la future légende définitive. Le **régime hydrique** est le premier critère de subdivision pour répondre aux nécessités agricole et sylvicole.

3.2.1 Codage de la légende de travail

Les propriétés décrivant les unités de sol sont codées dans la légende de travail. Le codage doit porter au moins sur les éléments de la figure 4. Le même code est utilisé pour la notation des unités de sol sur la carte de terrain (v. 3.3.3).

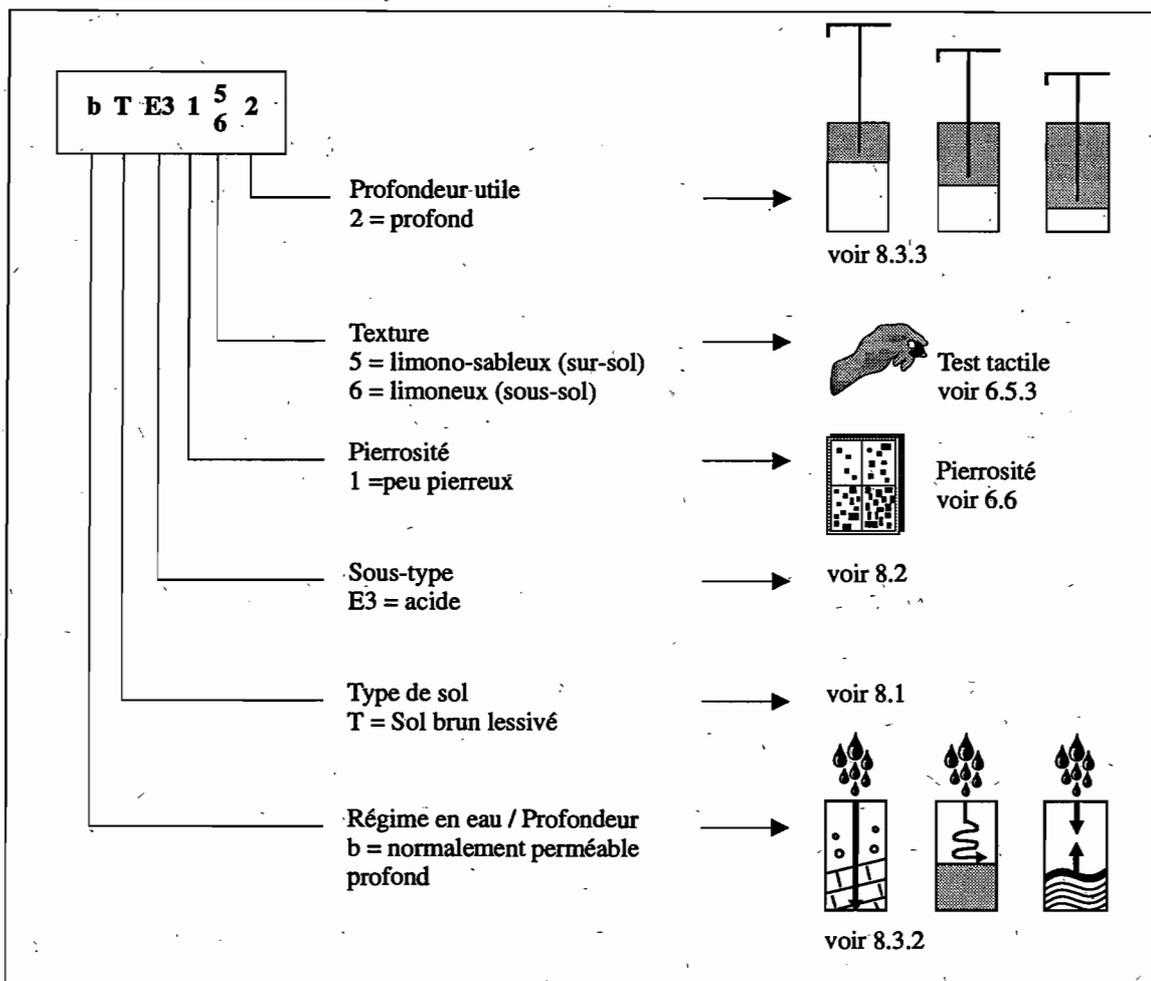


Fig. 4: codage de la légende de travail

Régime en eau Profondeur	Type de sol	Substrat	Sous- type	Pier- rosité	Texture	Profon- deur	Humus	Niveau de prod.	Profil de référence
Unités pures									
a	E	MOR	G1-G2	0	5-12	1	Mf	I	WB 516
a	T	MOW	E3-E4	1	5/6	1-2	Mt-Mf	I	
b	B	KO(SC)		1-2	5	2-1	Mt	II	WB 507
b	B	HL(SC)	ZT	2	6	2	Mt	II	
b	E	SA	E3-E4	0	5	2	Fm	II	
b	E	KO	G2	1	5-12	2-1	Mt	II	
b	K	AL	G1	1-2	5	2	Mt	II	
b	T	SW	E3	1/2	5/6	2	Mt-Mf	II	
c	B	ME	I1	0-1	6-7	3	Mt	III	Hw 501
c	B	HS	ZT	3	5-6	3	Mt	III	
c	E	SA	E3-E4	0-1	5	3	Mf-Fm	III	WB 505
c	E	ME	I1	0-1	6-7	3	Mt	III	
c	T	SW	E3	2/3	5/6	3	Mt	III	
d	B	SC	VF	3	5-6	4	Mt	IV	
d	K	SA	KF	0	5	4	Mt-Mf	IV	
f	E	ME	I2	0	6/7-13	2	Mt	II	Hw 503
g	E	LO	E4,I2,ZT	0-1	5-12	3	Mt-Fa	III	
h	O	ME	I2,KR,FB	0	6-12	4	Mt	IV	
k	B	HL	G3	1-2	6	2	Mt	I-II	Hw 511
k	K	HL	G3	0-1	5-6	2	Mt	II	
o	Y	ME	E3	0-1	6/7-8	3	Mt	III	Hw 511
t	W	KO	E1-E2	0	5	3	Mt	II	
x	G	HL	OM,R3	0	5	4	MHt	III	Hw 511
Unités composées									
c	T	SC	E3	2-3	5/6	3	Mt	III	EB 501
d	O	SC	KR	3	5	4-5	Mt	IV	
t	W	KO	E1	1-2	5	3	Mt	III	EB 501
x	G	KO	OM	0-1	5	4	MHt	IV	

Tabl. 3: exemple d'une légende de travail élargie au substrat (v. 7.1.4), à la forme d'humus (v. 7.2) et au niveau de productivité (v. 9.4.1).

Il est judicieux, lors de projets qui durent longtemps, d'établir, au bout d'un certain temps et si la région cartographiée peut être considérée comme représentative, une légende définitive qu'on utilisera pour la suite du travail de terrain. Il est possible ce faisant d'établir par étapes les cartes définitives.

3.2.2 Fichier

Un fichier (fig. 5) peut être utile pour des cartographies d'une certaine importance. Il donne au cartographe, par ses informations sur la topographie (esquisse), le matériau de départ et les sols apparentés, une meilleure vue qu'une légende au code abstrait. Il peut être avantageux lorsque plusieurs personnes travaillent au même projet.

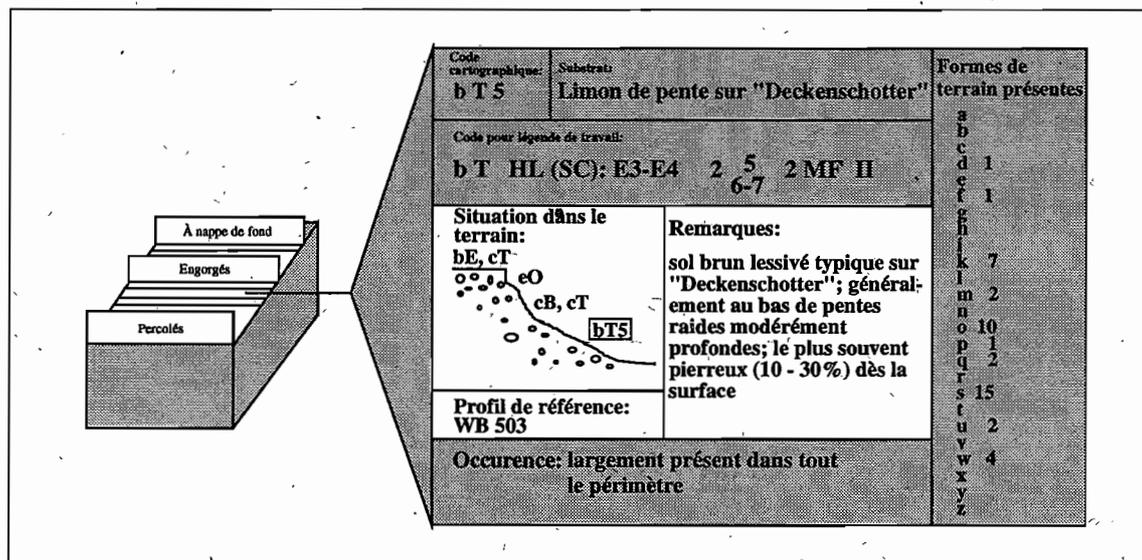


Fig. 5: fichier

3.3 Lever cartographique

Le lever cartographique dans le terrain consiste à délimiter des surfaces (plages), à en rechercher les caractéristiques du sol et de la station, de les attribuer à une unité respectivement de l'inventaire et de la légende, et de les noter sur la carte de terrain.

3.3.1 Concepts de base

Plage:

surface délimitée par le cartographe sur les cartes ou les photos aériennes. Il existe des plages pures (pédotope) ou composées (complexes). Le contenu de la plage est exprimé par l'unité de sol correspondante.

Plage pure:

surface dont les propriétés ne varient pas ou peu (p.ex. épaisseur des horizons). Des plages pures peuvent contenir de petites surfaces de sols étrangers (inclusions).

- Plage complexe:** ensemble de plages pures différentes par leur genèse et leurs propriétés, mais trop petites pour être graphiquement distinguées les unes des autres.
- Inclusion:** petite surface d'une plage pure à propriétés différentes. Elle n'est pas citée dans la désignation de l'unité de sol. L'échelle et le degré d'exactitude visé d'une cartographie conditionnent le taux autorisé d'inclusions (v. 3.3.5).
- Fourchette de variation:** intervalle dans lequel varient latéralement les caractéristiques et propriétés du sol. Cela concerne surtout la pierrosité, la texture et la profondeur auxquelles on accorde une certaine fourchette (v. 3.3.5). On ne considère pas ici les variations à l'intérieur des horizons d'un profil.
- Forme de sol:** classification dans la systématique des sols. Elle comporte le type de sol, le sous-type, la pierrosité, la texture, le régime en eau et la profondeur utile.
- Unité de sol:** réunion de sols similaires nécessitée par la représentation et la désignation sur cartes. Les unités de sol sont décrites dans la légende par leur(s) forme(s) de sol et les fourchettes de variation de leurs diverses propriétés et caractéristiques. Le code des unités de sol sert à noter les plages de la carte. On distingue des unités pures et complexes.
- Unité cartographique:** concept faitier d'unités de toutes sortes servant au but de la cartographie:
- unités de sol
 - unités de sol et éléments paysagiques
 - unités de végétation
 - unités géomorphologiques
 - etc.
- Sur-sol:** zone d'enracinement principale de la strate herbacée: généralement l'horizon Ah, et là où ils existent, aussi les horizon Oh et Of. En champs, l'horizon labouré.
- Sous-sol:** couche structurée et biologiquement active sous le sur-sol.
- Fond du sol:** matériau de départ non ou peu structuré ou matériau continuellement mouillé.

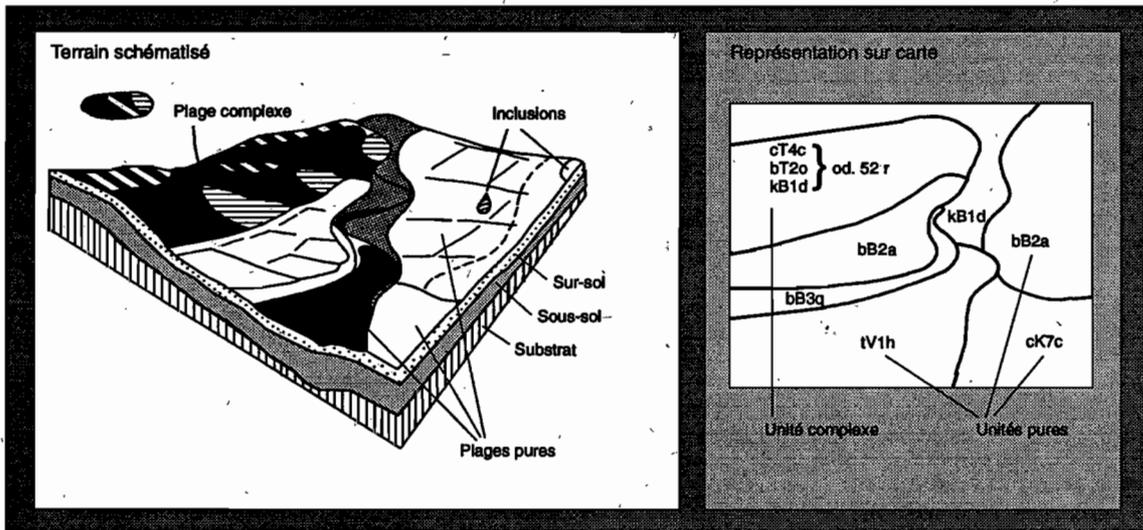


Fig. 6: terrain; carte des sols et concepts de base

3.3.2 Documents de travail et matériel

Documents de travail:

- carte de terrain
- légende de travail (clé cartographique)
- autres cartes (p.ex. géologiques) et éventuellement photographies aériennes pour le repérage sur le terrain

Matériel:

- tarière à main (burin)
- tarière "Purckhauer" avec massette
- carottier ("hollandaise", "Edelmann")
- clinomètre
- pH-mètre de terrain
- acide dilué
- ruban métrique
- planchette
- boussole
- altimètre
- bouteille d'eau (pour humidifier les échantillons secs)
- charte des couleurs (MUNSELL)

3.3.3 La carte de terrain

La carte de terrain est un document sur lequel on reporte les limites et la description des plages, les points de sondage, éventuellement les cotes et autres observations. Les unités de sol y sont codées selon la légende (v. 3.2.1). On donne en plus à chaque fois la topo-

graphie (modèle du terrain et pente; v. 4.2; tabl. 6): le tout constitue le **code cartographique**.

La carte de terrain est normalement une carte topographique avec courbes de niveau. Selon les cas elle peut être aussi un plan parcellaire, des photographies aériennes normales ou orthophotos. L'échelle y est en général plus grande que celle de la carte définitive (v. 4.1, tabl. 4). Il peut être utile d'en tenir simultanément une copie (mesure de sécurité).

3.3.4 Délimitation des surfaces

La délimitation des plages se fait à partir des propriétés des sols reconnues (par profils et sondages). Une limite est tracée dès qu'une propriété se modifie notablement. Egalement lorsque le relief change. En effet la règle vaut que les modifications du sol soient liées à celles de la topographie. Les plages sont donc dessinées selon un point de vue pédologique et topographique!

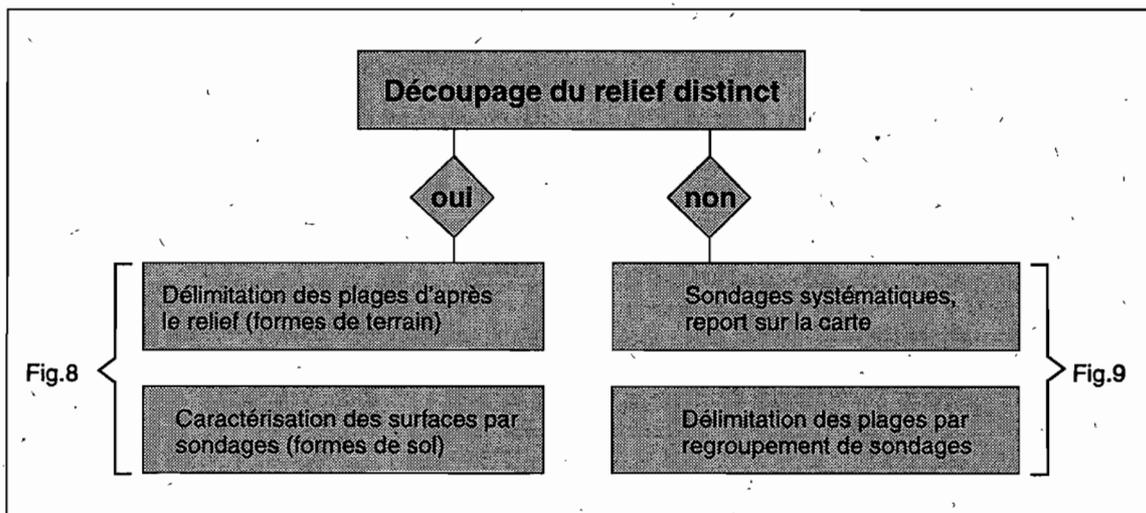


Fig. 7: marche à suivre pour la délimitation des plages

Dans le cas d'un territoire topographiquement bien différencié, les plages sont d'abord découpées selon la forme de terrain, c'est à dire selon les **courbes de niveau** (fig. 8). Puis elles sont "équipées" de leur contenu pédologique en investigant le sol avec une sonde ou un carottier. Le résultat est consigné sur la carte en utilisant le code cartographique. Un prédécoupage du relief par analyse des photographies aériennes ou de cartes topographiques peut ici se révéler avantageux.

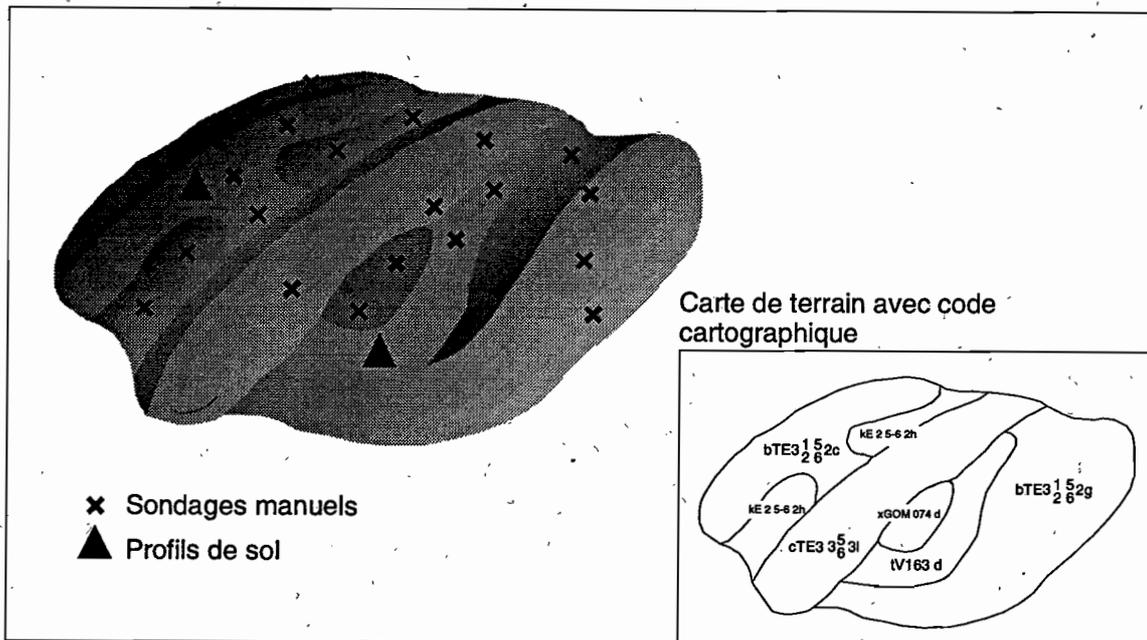


Fig. 8: cartographie d'après les formes de terrain (exemple dans les collines morainiques)

Chaque plage doit être testée à divers endroits (selon sa taille). Ainsi un vallum morainique à son sommet, sur son flanc et à son pied. Si on constate des différences, il faut décider, s'il s'agit d'une fourchette de variation normale, d'inclusions, s'il faut subdiviser la plage ou en faire un complexe.

Si le relief n'offre pas de repères pour tracer les limites (p.ex. dans une plaine alluviale), le terrain doit être systématiquement arpenté et le sol régulièrement testé. Chaque sondage est noté sur la carte, permettant par la suite de regrouper des observations identiques ou voisines (fig. 9).

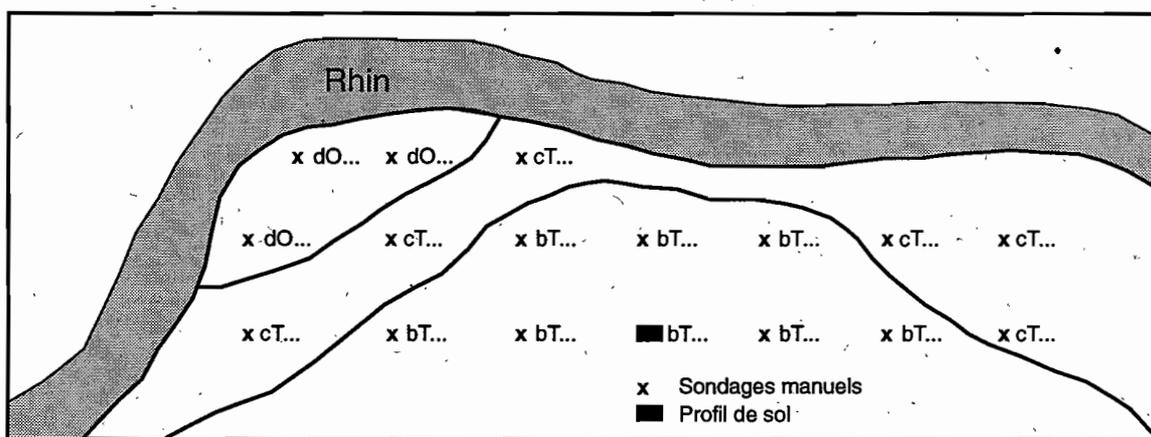


Fig. 9: cartographie par sondages systématiques (exemple: plaine graveleuse)

Chaque unité, comme dans la légende de travail, doit comporter au moins le **régime en eau**, le **type de sol**, le **sous-type**, la **pierrosité**, la **texture fine** et la **profondeur utile**; la **forme de terrain** est aussi déterminée (v. 4.2, tabl. 6) et portée sur la carte. D'autres données peuvent être aussi consignées, qui ont trait à des recherches variant avec le but poursuivi.

Il faut attribuer si possible le contenu d'une plage à une unité préexistante de la légende. Si ce n'est pas le cas, la légende est élargie d'un "nouveau sol".

Le cartographe sera de plus en plus amené à travailler par analogie au fur et à mesure qu'il connaîtra les rapports liant le relief, le matériau-mère les propriétés et la caractérisation des sols.

Les périodes les plus favorables à la cartographie de terrain sont le printemps et l'automne: les terres cultivées y sont généralement "à nu". Pour les forêts ce sont le printemps et l'été où l'observation de la végétation donne des indications sur les différences de sol. Par contre en hiver la neige et le manque de lumière (difficulté de reconnaître les traces de présence d'eau) restreignent le travail de cartographie, même si la pénétration du carottier est plus facile dans un terrain humide dépourvu de neige et non gelé.

La cartographie est également déterminée par l'échelle de travail. Le terrain doit être quadrillé de façon plus serrée en cartographie de détail qu'au 1:25'000. Les objectifs concrets toujours propres aux cartographies de détail nécessitent plus de temps pour les réaliser (p.ex. détermination des cotes, des aptitudes, des productivités etc.).

3.3.5 Variabilité des formes de sol et de terrain

Il est rare de trouver dans la nature des surfaces d'une certaine importance avec des caractéristiques uniformes de sol. Chaque sondage ou presque révèle de petites différences, même à quelques mètres de distance.

Les limites tracées sur la carte ne sont pas aussi nettes dans la nature où il s'agit souvent de zones de transition plus ou moins larges. Pour obtenir des plages suffisamment grandes et des formes relativement simples, il faut accepter de s'écarter quelque peu des contours naturels et traiter les inclusions éventuelles dans l'intérêt de la lisibilité de la carte. **On ne "recherche" pas les limites du sol, on les fixe.** Aussi ne doit-on pas s'attendre en lisant la carte à trouver en chaque point une concordance accomplie entre le document et la nature.

Le cartographe s'efforce normalement de délimiter des plages pures, c'est à dire des formes de sol où les propriétés varient dans des limites étroites. Mais les variations souvent rapides des sols et du relief ne le permettent pas toujours et il faut délimiter des plages complexes (v. 3.3.1).

Plages pures

Il faut tolérer dans les unités de sol pures, une certaine **fourchette de variation** pour la pierrosité, la texture fine et la profondeur, ce qui correspond aux conditions naturelles. Cette fourchette est plus ouverte dans les cartographies générales que dans celles de détail.

Notations: pp - p peu pierreux à pierreux
 Ls - L limono-sableux à limoneux
 p - mp profond à modérément profond

Les plages pures peuvent contenir une certaine quantité d'inclusions étrangères, de deux catégories:

- inclusions qui diffèrent de l'unité les contenant par leur classification et leur interprétation. Leur tolérance est de 10 % max. en cartographie de détail et de 20 % max. en cartographie au 1:25'000.
- inclusions différentes par la classification mais non par l'interprétation. La tolérance est de 20 % max. en cartographie de détail, de 40 % maximum en cartographie au 1:25'000.

La tolérance se réduit avec un degré croissant de différenciation des propriétés de l'inclusion par rapport à celles de l'unité principale.

Plages complexes

Il arrive souvent que les sols varient successivement sur de courtes distances et qu'on ne peut, à l'échelle choisie, les distinguer les uns des autres; ils doivent être traités en complexes.

Les constituants d'un complexe doivent être énumérés dans **l'ordre de leur importance**, normalement d'après leur surface. Celle-ci peut être précisée en cartographie de détail. La coloration du complexe doit être celle du sol dominant.

Critères de décision

Le découpage de la configuration du terrain est une des tâches les plus ardues de la cartographie. Le choix des limites et du contenu des plages doit se faire en tenant compte de deux aspects:

- tenir toujours compte de l'application pratique qui sera faite de la carte et de sa lisibilité. Si, par exemple, à l'intérieur d'une plage délimitée par la topographie, on trouve des sols de types divers, mais de même interprétation, il convient de les regrouper dans cette plage en donnant leur fourchette de variation (fig. 10). Penser aussi au rôle que jouent la grandeur de la plage et les surfaces voisines. Penser, en cartographiant, à "généraliser", à améliorer la lisibilité de la carte et la compréhension de sa légende.

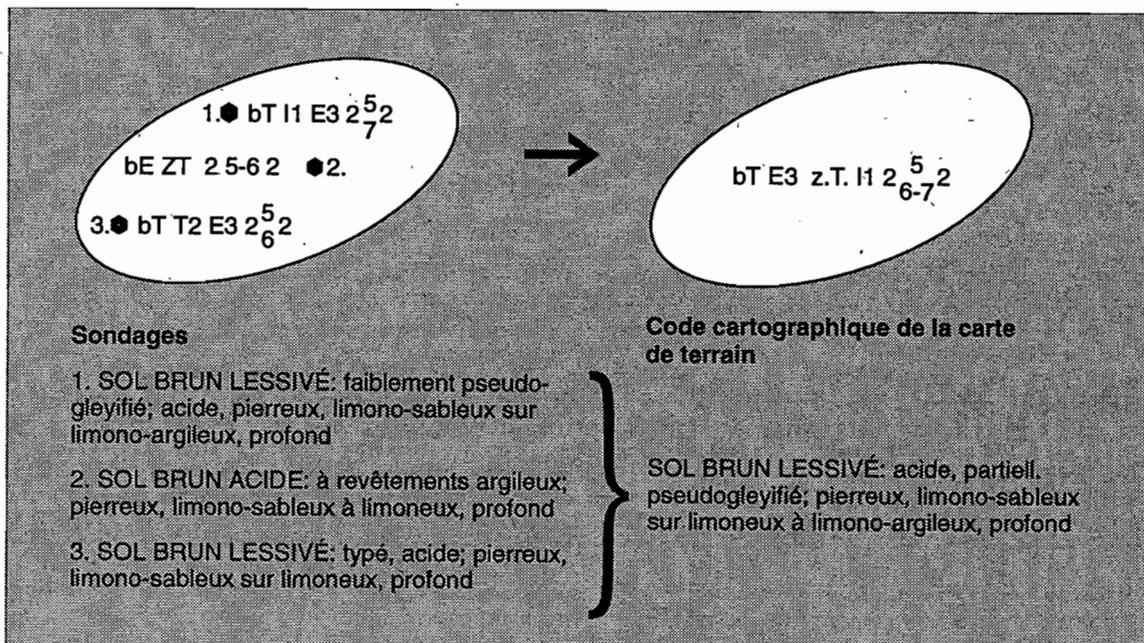


Fig. 10: regroupement de sols semblables (exemple: plage de moraine sous forêt)

- il est important de reconnaître ce qui règle les rapports entre matériau de départ, relief et sol et de travailler par analogies (fig. 11). Le cartographe doit s'efforcer de placer les mêmes sols sur les mêmes situations et les mêmes matériaux de départ sans se laisser troubler par de petites différences de sol ou des domaines de transition.

Connaît-on ce qui règle la séquence cT - dO - cT - bT - bE (fig. 11), on peut l'appliquer à une pente présentant les mêmes conditions géologiques ou élargir les définitions.

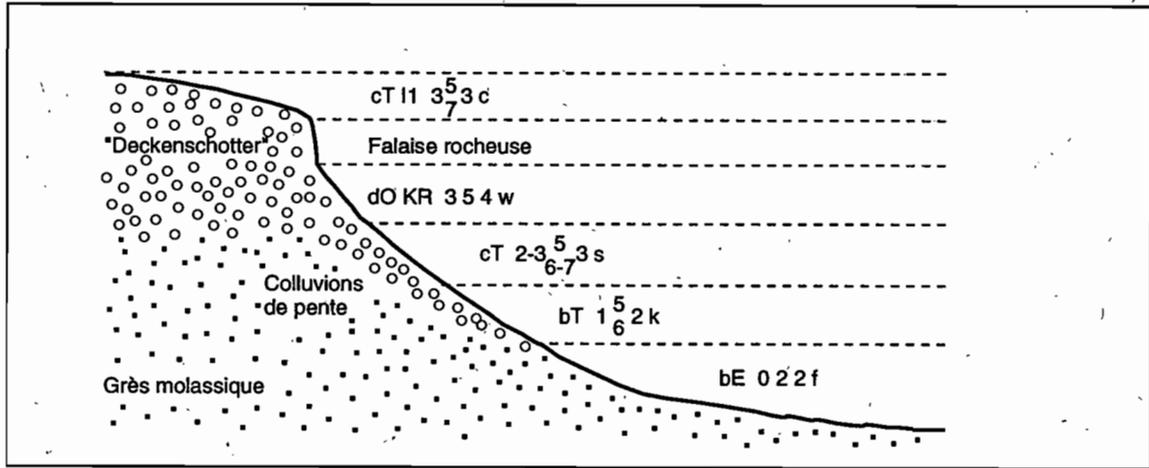


Fig. 11.1 relations substrat-relief-sol (exemple: "Deckenschotter" - ébouli de pente - grès molassique)

Sur-sol, sous-sol

Il faut distinguer des fourchettes de variation ci-dessus, celles propres aux divers horizons d'un profil. La pierrosité et la texture fine sont, si nécessaire, indiquées séparément pour le sur-sol et le sous-sol:

Notation: np/p non pierreux sur pierreux
 Ls/L-La limono-sableux sur limoneux à limono-argileux

4 Présentation des résultats

4.1 Mise au net de la légende de travail et de la carte de terrain

- Buts principaux:
- attribution de chaque plage à une unité de la légende.
 - les plages ne doivent pas avoir moins de 1 cm² sur la carte définitive (tabl. 4).
 - la mise au net de la carte de terrain et de la légende doit être telle qu'elle permette un traitement par une tierce personne.

Carte des sols		1 cm ² sur la carte des sols correspond sur le terrain à		Carte de terrain	
Échelle	Surface minimale	Surface	Longueur du côté d'une forme carrée	Échelle ¹	Surface minimale
1 : 1'000	1 cm ²	1 a	10 m	1 : 500	4 cm ²
1 : 5'000	1 cm ²	25 a	50 m	1 : 1'000	25 cm ²
1 : 10'000	1 cm ²	1 ha	100 m	1 : 5'000	4 cm ²
1 : 25'000	1 cm ²	6,25 ha	250 m	1 : 10'000	6,25 cm ²
1 : 50'000	1 cm ²	25 ha	500 m	1 : 25'000	4 cm ²
1 : 100'000	1 cm ²	100 ha	1 km	1 : 50'000	4 cm ²
1 : 200'000	1 cm ²	4 km ²	2 km	1 : 100'000	4 cm ²

¹ peut varier

Tabl. 4: Surface minimale d'une plage et son correspondant sur le terrain à différentes échelles

Le travail nécessité pour la mise au net dépend de la façon dont on a procédé durant le travail de terrain. Si dès le départ une légende de travail a été bien établie, il suffit à la fin d'en contrôler les erreurs. On peut alors donner à chaque plage son code définitif. Mais si on procède sans clé cartographique (légende de travail), il faut compter, notamment dans des projets d'une certaine importance, avec une longue mise au net au bureau parce qu'il faut rassembler beaucoup de formes semblables dans une unité de sol. En pratique les façons de faire sont intermédiaires.

Voici les points principaux de la mise au net:

Légende de travail

- Inventaire respectivement de toutes les unités et formes de sol; statistique des fréquences
- réunion d'unités (formes) de sol semblables en une seule; intégrer une unité peu utilisée en une autre d'interprétation équivalente
- compléter la légende avec les unités complexes
- attribution de code cartographique définitif à chaque unité de sol
- simplifier la description des sols: p.ex. la notation et l'ordonnance; fixer définitivement les sous-types
- introduire les profils des sols importants

Cartes de terrain

- corriger les fautes: plages sans code ou code incomplet, limites incomplètes ou ambiguës
- caractériser les surfaces non cartographiées: p.ex. zones construites
- opérer les raccords entre plans adjacents
- pour les plages qui n'ont pas la surface nécessaire: intégration dans la plage voisine ou création d'un complexe
- noter les emplacements des profils avec leur désignation
- accorder les composants des complexes avec les unités pures voisines
- complexes: fixer l'ordonnance des composants, éventuellement avec le pourcentage de leurs surfaces respectives (surtout importantes pour l'estimation des sols)
- introduction du code cartographique définitif

4.2 Code cartographique

La description codée d'une unité de sol dans la légende de travail contient trop de positions pour pouvoir être imprimée sur la carte. Pour assurer à celle-ci une bonne lisibilité, il faut raccourcir le code. Celui-ci contient dans la règle **quatre** positions (fig. 12). Il est en même temps le point d'entrée dans la légende détaillée.

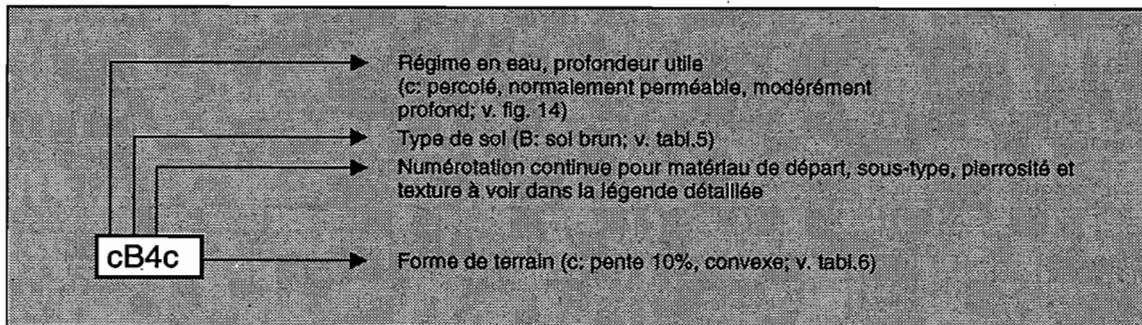


Fig. 12: code pour plages pures

La désignation des complexes dépend de la place disponible dans la plage: si elle est suffisante, chaque composant du complexe peut être indiqué; sinon on utilise des **numéros** (v. fig. 13), le système opté devant être uniforme pour toute l'étude.

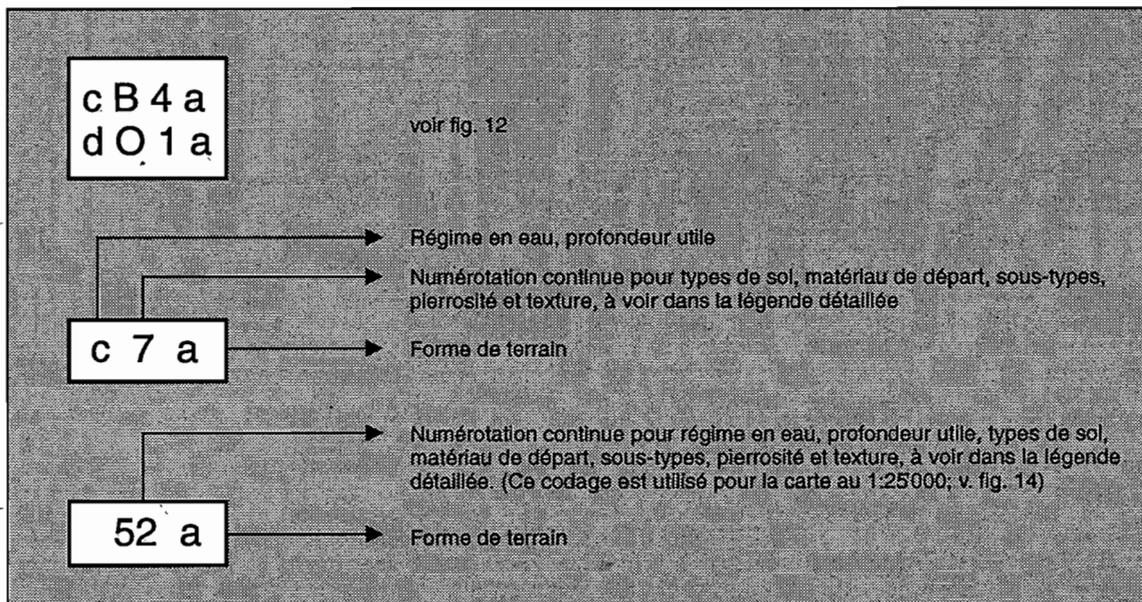


Fig. 13: codes cartographiques pour complexes

Sols percolés

Sols normalement perméables



a très profonds
b profonds

Complexe no 1-49



c modérément profonds

50-99



d assez superficiels
e superficiels

100-199

Sols à drainage ralenti



f profonds
g modérément profonds

200-249



h assez superficiels
i superficiels

250-299

Sols à humidité capillaire



k profonds
l modérément profonds

300-349



m assez superficiels
n superficiels

350-399

Sols engorgés

Sols rarement engorgés en surface



o modérément profond à profonds
p assez superficiels

400-449

Sols souvent engorgés en surface



q assez superficiels
r superficiels

450-499

Sols à nappe de fond

Sols rarement mouillés en surface



s profonds
t modérément profonds
u assez superficiels

minéral organique

500-549 550-599

Sols souvent mouillés en surface



v modérément profonds
w assez superficiel à superficiels

600-649 650-699

Sols généralement mouillés en surface



x assez superficiels
y superficiel à très superficiels

700-749 750-799

Sols détremés en permanence



z très superficiels

800-849 850-899

Fig. 14: codage pour régime en eau, profondeur utile et coloration (légende abrégée de la carte au 1:25'000)

A	Sol alluvial d'inondation	N	Sol semi-tourbeux
B	Sol brun	O	Régosol
C	Sol humo-lithique carbonaté	P	Podzol humo-ferrugineux
D	Sol humo-lithique calco-silicaté	Q	Sol ocre podzologique
E	Sol brun acide	R	Rendzine
F	Fluvisol	S	Sol humo-lithique silicaté
G	Gley réduit	T	Sol brun lessivé
H	Podzol humique	U	Sol lithique calco-silicaté
I	Pseudogley	V	Gley-sol brun
J	Sol lithique carbonaté	W	Gley oxydé
K	Sol brun calcaire	X	Remblais
L	Sol lithique silicaté	Y	Pseudogley-sol brun
M	Tourbe	Z	Phaeozem

Tabl. 5: codage des types de sol

a	plat	0 - 5%	Plaine, plateau
b	régulièrement incliné	5 - 10%	Terrasse, plateau
c	convexe	- 10%	Légère bosse
d	concave	- 10%	Léger creux
e	irrégulier	0 - 10%	(faiblement ondulé)
f	pente régulière	10 - 15%	Faible pente
g	convexe	- 15%	Dos, bosse, haut de pente
h	concave	- 15%	Creux, bas de pente
i	irrégulier	0 - 15%	(ondulé)
* j	pente régulière	15 - 20%	Faible pente
* k	pente régulière	20 - 25%	Faible pente
l	convexe	- 25%	Bosse, dos, haut de pente
m	concave	- 25%	Creux, combe perchée, bas de pente
n	irrégulier	0 - 25%	(très ondulé, bosselé)
o	pente régulière	25 - 35%	Forte pente
p	convexe	- 35%	Bosse, haute de pente, dos, arête
q	concave	- 35%	Combe perchée
r	irrégulier	0 - 35%	(faiblement accidenté)
s	pente régulière	35 - 50%	Forte pente
t	convexe	- 50%	Haut de pente, bosse, arête
u	concave	- 50%	Combe perchée, bas de pente
v	irrégulier	0 - 50%	(accidenté)
w	pente régulière	0 - 75%	Pente raide
x	irrégulier	0 - 75%	(tourmenté)
y	pente régulière	> 75%	Pente extrêmement raide
z	irrégulier	0 - >75%	(déchiqueté)

* sur la carte au 1:25'000, les classes j et k sont réunies en k = 15-25%

Tabl. 6: codage des formes de terrain

4.3 Légende de la carte des sols

La mise au net de la légende de travail débouche sur la légende définitive. Celle-ci décrit en toutes lettres les types et les propriétés des sols qui sont marqués en code sur la légende de travail et sur la carte. La légende définitive est en règle générale ordonnée de même façon que la légende de travail (v. 3.2.1, tabl. 3). La légende est construite en premier lieu sur le régime en eau et la profondeur, plus précisément sur un accroissement de la mouillure et une diminution de la profondeur utile. A l'intérieur des classes de même régime en eau/profondeur, les unités sont énumérées selon le type de sol (si possible avec le matériau de départ) puis le sous-type, la pierrosité et la texture (tabl.7). D'autres informations peuvent venir compléter la légende selon l'échelle et le but du projet.

Ordonnance	Caractéristique	Légende de travail	Code de la carte	Légende de la carte
1	régime en eau, profondeur utile	a - z	a - z	titres des divisions et subdivisions de la légende
2	type de sol (y.c. matériau de départ)	A - Z	A - Z	en toutes lettres
3	sous-type	selon choix du cartographe	suite numérique à l'intérieur de la combinaison régime en eau / profondeur utile	en toutes lettres, selon l'ordre choisi
	pierrosité texture profondeur	0 - 3 resp. 9 1 - 12 0 - 6		en toutes lettres ou abréviations
4	forme du terrain	(a - z)	a - z	(a - z)

Tabl. 7: légende de travail - code de la carte - légende de la carte (cas d'unités pures)

Légende de travail	Code de la carte	Légende de la carte
bB (SA) KE 0 5 2	b B1 c	<u>normalement perméable</u> SOL BRUN sur molasse sableuse, partiellement calcaire, non pierreux, limono-sableux, profond

Tabl. 8: exemple légende de travail - code de la carte - légende de la carte

Unité de sol	Type de sol, matériau de départ Sous-type *avec profil-type	Pierrosité	Texture fine	Profondeur utile
SOLS PERCOLÉS				
Normalement perméables: très profonds et profonds				
bK9	SOL BRUN CALCAIRE dans limon de pente, localement sur cône d'alluvions (calcaire coquillier)	p	L-UI	p-mp
bK10	SOL BRUN CALCAIRE dans moraine rissienne: faiblement pseudogleyifié	pp-p	Ua-La	p
bK11	SOL BRUN CALCAIRE dans limon de pente (Dogger): en partie faiblement pseudogleyifié, faiblement gleyifié en combe	pp-p	La	p
bK12	SOL BRUN CALCAIRE dans limon de pente (Dogger) sur argile et marne (Lias, Argiles à Opalines): faiblement pseudogleyifié à gleyifié	np-pp	La/Al	p
bK13	SOL BRUN CALCAIRE dans alluvions sableuses: humide en profondeur, diffus	np-pp	Ls-UI	p
bT1	SOL BRUN LESSIVÉ dans gravier würmien: forêt: acide	pp-p	Ls-L	p
bT2	SOL BRUN LESSIVÉ dans alluvions sableuses: forêt: acide	np-pp	Ls/Ls-L	p
bT3	SOL BRUN LESSIVÉ dans (alluvions fluvioglacières anciennes): en partie faiblement pseudogleyifié et compact, neutre à faiblement acide, forêt: acide	pp-p	Ls/L	p
bT4	SOL BRUN LESSIVÉ dans limon de pente sableux (grès à roseaux): acide, avec vieille carrière	pp-pp	Ls/L	p
bT5	*SOL BRUN LESSIVÉ dans loess: sur Terra fusca (sur Dolomite à Trigodonus): polygénétique, acide (Profil WI 507, p. 51)	np	UI	p
1	*SOL BRUN LESSIVÉ dans loess: meuble, diffus, en partie colluvial, acide (Profil WI 504, p. 49)	np	UI	tp
	SOL BRUN dans colluvions (avant tout Loess): diffus	np-pp	UI	tp-p

Tabl. 9: extrait de la légende Laufenburg (FAP, 1992b)

Remarque:

Les cartes des divers projets ont toutes un code analogue. La légende énumère les unités (p.ex. bB1, 2, 3, ...) dans l'ordre croissant, mais la **signification change selon le projet**. Il y a donc une **légende propre à chaque carte**.

4.4 Elaboration de la carte

4.4.1 Teintes

Les cartes thématiques ne sont bien lisibles qu'avec un nombre restreint de teintes et de signes (env. 5 - 15).

Une coloration selon le **régime en eau** et la **profondeur utile** s'est montrée adaptée à des cartes de sols destinées à l'interprétation agricole et forestière (v. fig. 14, ainsi que 8.3). Les teintes de la carte n'expriment pas des types de sol, mais des groupes de sols de mêmes régime en eau et profondeur. Ainsi le brun désigne tous les sols percolés, normalement perméables, profonds, c'est à dire particulièrement bons pour l'agriculture et la sylviculture. Les bleus et verts indiquent des sols mouillés. Ce système rend les cartes faciles à utiliser sans grande connaissance des sols. Les complexes sont teintés d'après le régime en eau dominant.

Les surfaces non cartographiées sont non coloriées (zones construites, gravières, dépôts, installations sportives etc.).

4.4.2 Elaboration conventionnelle

L'élaboration technique de la carte dépend des bases mises à disposition par le mandant (plans photographiques, contre-calques du cadastre, copies de cartes topographiques).

Plan de travail:

- report des limites et inscriptions sur un contre-calque
- reproduction à l'échelle voulue
- adjonction d'un transparent portant la légende
- coloration des tirages sur papier (héliocopies)
- polycopiage des cartes

Un processus spécial s'applique aux feuilles de la cartographie systématique au 1:25'000 destinées à être imprimées (v. fig. 1).

4.4.3 Le TED dans la confection de la carte

Le traitement électronique des données (TED) peut être engagé pour la gestion des unités de sol et le montage de la légende (traitement de texte). Les possibilités du TED peuvent être bien exploitées dans la fabrication des cartes des sols et des cartes thématiques.

Plan de travail:

- digitalisation des limites de sol à partir de la carte de terrain complétée
- introduction des données dans toutes les plages et dans la légende
- opérations graphiques et rédactionnelles à l'écran
- exploitation thématique des informations (p.ex. en vue de l'aptitude forestière) par programme choisi et rédaction des cartes d'exploitation
- dessin des cartes thématiques avec plotter sur bases topographiques (situation)
- polycopiage des cartes par copie-plotter (petit nombre) ou photocopie ou impression de l'original

Ces différentes étapes sont soutenues par un logiciel. Il existe aujourd'hui des programmes qui permettent la construction et l'entretien d'informations géographiques (GIS), où les informations géométriques et thématiques sont liées de façon optimale.

Les avantages essentiels de la confection de cartes assistée par TED dans un programme GIS sont des exploitations rapides selon divers critères, des superpositions à d'autres cartes thématiques, les modifications de l'échelle, des traitements statistiques, et plus simplement le contrôle et la correction des informations saisies. L'inconvénient est le temps consacré à la saisie des informations. Par ailleurs des plotters onéreux sont nécessaires pour des cartes de qualité.

4.5 Exploitation des cartes des sols

La carte des sols est en fait une carte de base thématique dont on peut tirer d'autres cartes à thème selon les besoins. C'est le cas surtout avec des cartes de détail.

Quelques exemples:

- aptitude sylvicole
- qualité du sol pour la forêt (cote de valeur, capacité productive)
- aptitude à l'exploitation agricole
- secteurs agricoles préférentiels, surfaces d'assolement
- qualité agricole du sol (cote de valeur, niveau de fertilité)
- propositions d'amélioration (drainage)
- aptitude à l'irrigation
- portance
- risque de compaction

- risque de perte de substances nutritives (par infiltration ou ruissellement)
- risque d'érosion
- géomorphologie (matériau-mère)
- genres de sol
- surfaces de compensation écologique (et autres questions d'environnement)
- géologie

Les principaux milieux intéressés par les cartes de sols et leurs dérivés sont, outre l'agriculture et la sylviculture, la planification locale et régionale, la protection de l'environnement, de même que la recherche et l'enseignement (SSP, 1988).

La Partie III traite de l'interprétation sylvicole et des possibilités d'exploitation.

L'agriculture est particulièrement intéressée par les cartes dérivées (FREI, PEYER, 1991). Surtout pour l'aptitude culturale et le jugement du risque de perte en substances nutritives par infiltration et ruissellement. Les cartes dérivées ont aussi pris de l'actualité pour les risques d'érosion (DÄLLENBACH, KUHN, 1993; gén. MOSIMANN et al., 1991) et de compaction (WEISSKOPF et al., 1988).

La planification du territoire utilise la carte des sols pour dégager les terres arables et les surfaces d'assolement.

La carte des sols est aussi une des principales bases pour l'étude intégrée de problèmes écologiques, tels les études d'impact, les concepts de protection des sols ou de développements paysagiques.

Les exemples cités plus haut font ressortir la place centrale qu'occupe une carte des sols lors de l'interprétation pour leur "capacité productive" (LESER, 1988) d'unités spatiales (recherche sur les "écosystèmes paysagiques").

L'élaboration de cartes thématiques dérivées d'une carte des sols se fait selon des critères objectifs; mais il reste à l'interpréteur une marge de manoeuvre due à la complexité des processus dans le sol et à sa surface. De bonnes connaissances de la région étudiée sont à cette occasion indispensables.

Certaines interprétations ne nécessitent pas de représentation cartographique; ainsi les niveaux de fertilité et les cotes des sols, dans des remaniements parcellaires, peuvent-ils être directement reportés des documents de terrain sur la carte ou être adjoints à la description des unités de sol dans la légende.

La surcharge en informations sous forme de signes et de codes réduit la lisibilité de la carte. La petitesse des plages exige souvent un code bref. Il faut savoir, en ce qui concerne les

couleurs, que l'emploi de teintes sombres, intenses, fait ressortir une plage. Aussi est-il conseillé de les utiliser pour les surfaces particulièrement significatives du thème en question.

Les données statistiques font également partie des avantages qu'on tire des cartes des sols et de leurs cartes dérivées. On s'intéresse ici principalement aux plages dont les sols ont certaines propriétés, ou combinaisons de plusieurs propriétés. La répartition géographique p.ex. par communes, régions, cantons, altitudes, unités climatiques, champs ou forêts sont d'utiles informations complémentaires.

Exemples de propriétés d'unités de sol dont la statistique des surfaces présente un intérêt:

- régime en eau
- profondeur
- forme de terrain
- types de sol
- niveaux de fertilité
- aptitude à l'exploitation

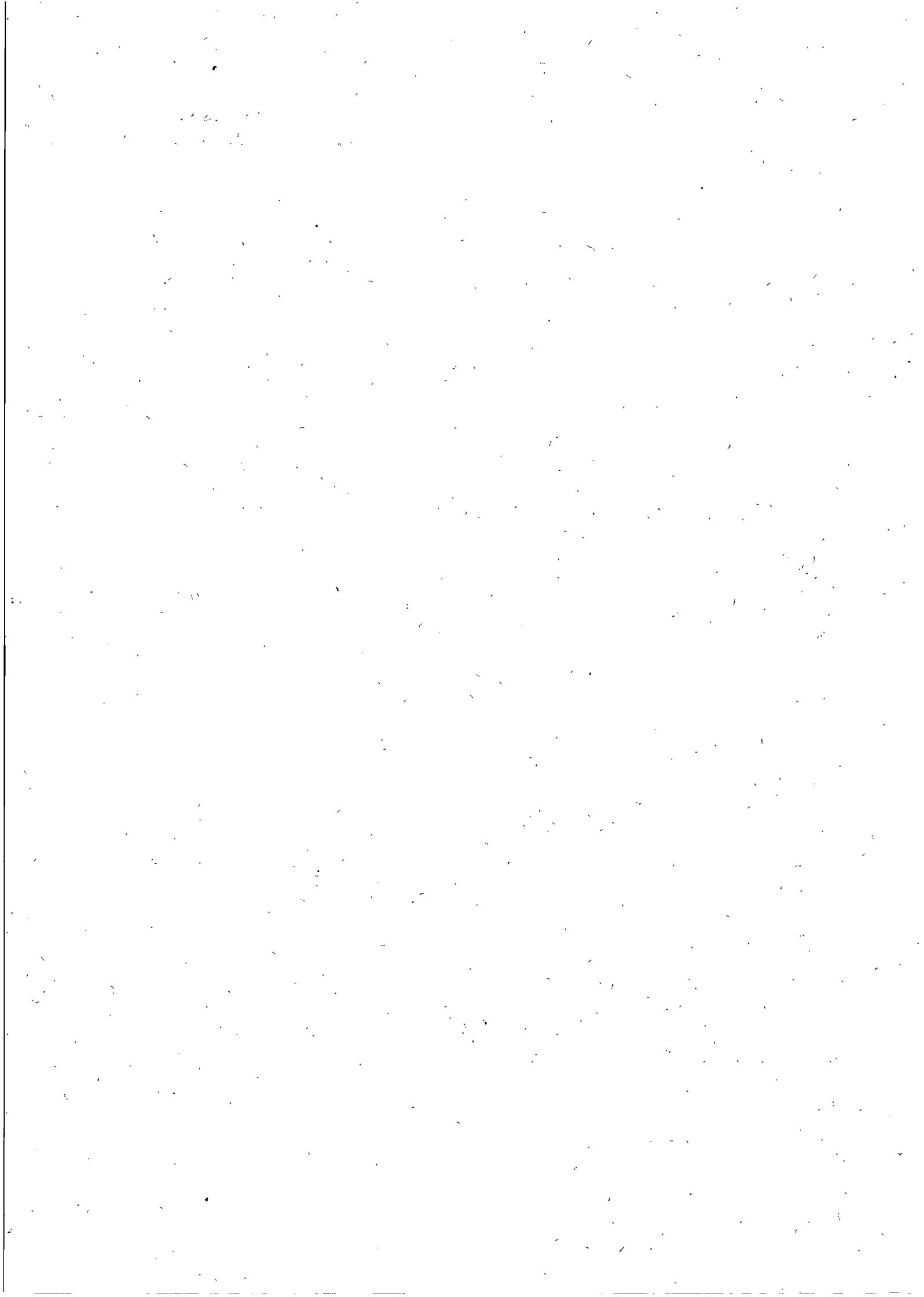
4.6 Notice explicative

Cartes et légendes contiennent l'essentiel des résultats et des informations. L'emploi correct des cartes nécessite une notice explicative. Celle-ci devrait contenir à peu de choses près les points suivants:

- table des matières
- résumé
- mandat
- région étudiée
- marche suivie
- sols, carte des sols
- produits dérivés (marche suivie, cartes)
- statistiques des surfaces
- conséquences, possibilités d'application
- littérature
- annexes (concepts pédologiques, abréviations, légende détaillée, etc.)

La notice des cartes au 1:25'000 contient toujours trois parties:

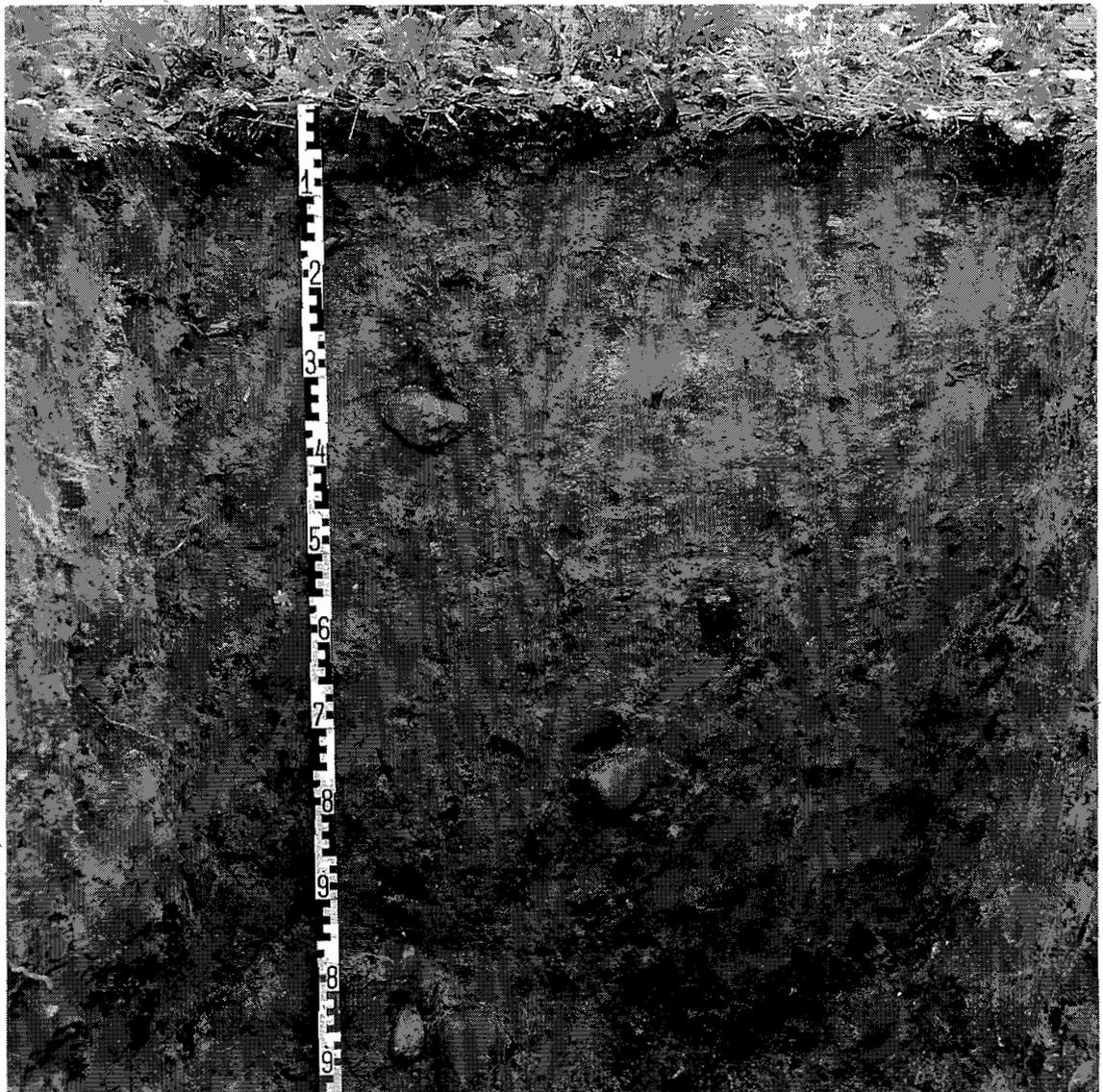
- une partie générale invariable
- une partie propre à la carte
- une légende détaillée

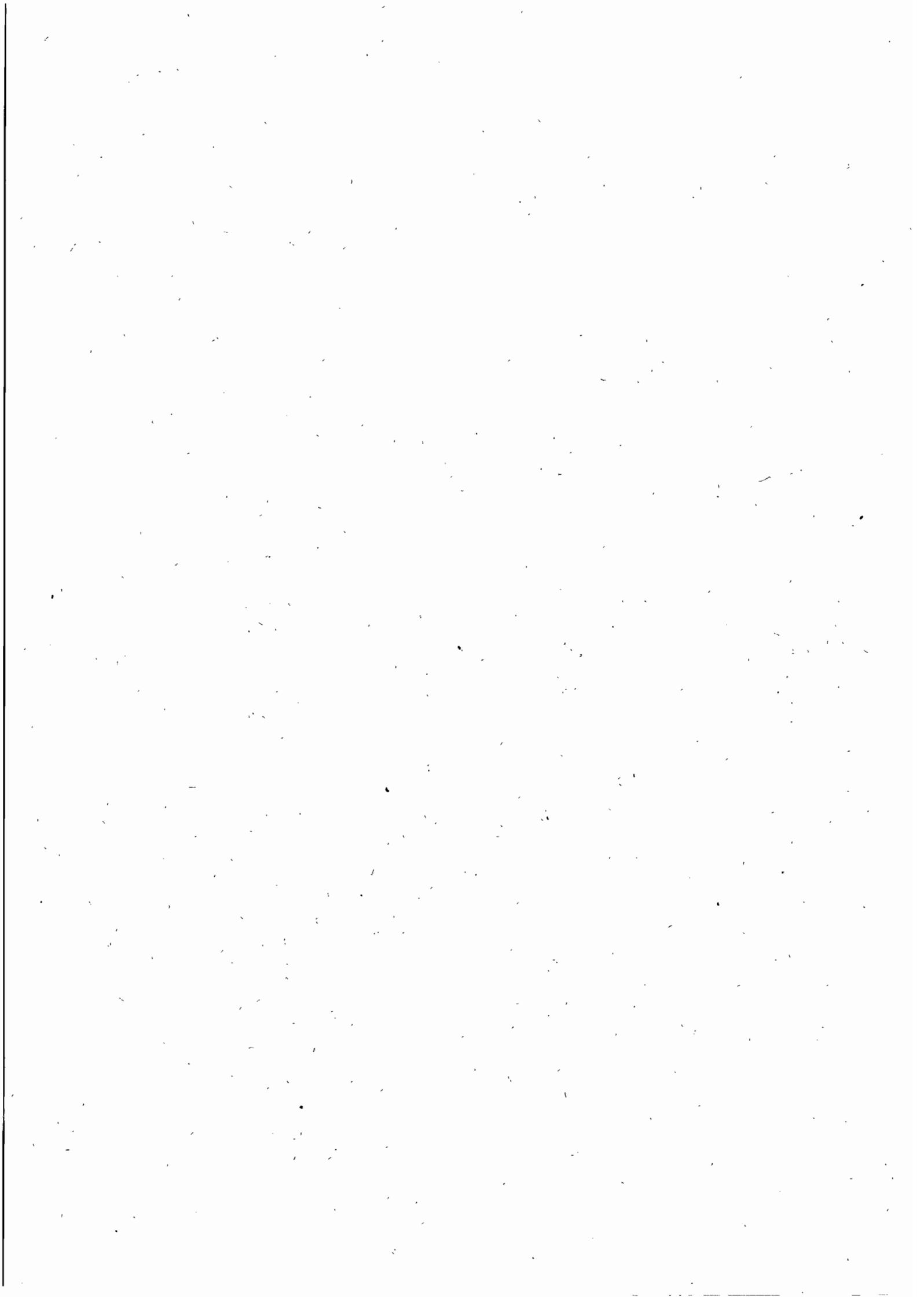


PARTIE II

ETUDE DU PROFIL DE SOL

ET DE SA STATION





5 Le profil de sol et son protocole

L'examen du profil prédède généralement le levé cartographique de la répartition spatiale des sols. C'est le moyen de constituer l'inventaire des sols à l'aide d'une formule (v. 3.1). On présente ci-après le "protocole FAP" et on en décrit les diverses rubriques.

5.1 Le profil de sol

On appelle profil de sol une mise à nu verticale du terrain qui exhibe tous les horizons ("couches") jusqu'au matériau parental (fig. 15). Les profils de sol servent au relevé détaillé des caractéristiques du sol de même qu'au jugement de son rôle vis à vis des plantes.

La profondeur de la mise à nu doit être telle qu'elle dégage tous les horizons constitutifs du sol et pris en compte pour juger le sol vis à vis des plantes (fig. 16). Dans le cas de fosses, le plancher de celles-ci peut être sondé pour atteindre des couches plus profondes. Une fosse doit avoir au moins 60 cm de largeur pour pouvoir y travailler confortablement. Sa longueur varie avec sa profondeur.

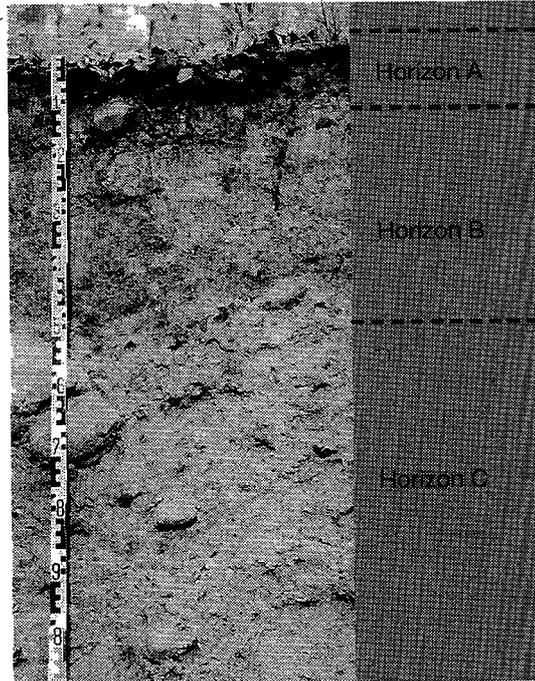


Fig. 15: profil de sol avec horizons

Lors de l'excavation la couche arable et le sous-sol sont déposés séparément afin d'être replacés dans leur ordre originel au moment du rebouchage de la fosse. La partie située au-dessus du front de taille doit être gardée soigneusement intacte pour ne pas porter préjudice aux examens et à la prise d'échantillon. Orienter chaque fois que c'est possible la fosse de telle sorte que la paroi examinée (front de taille) soit bien éclairée au moment de l'examen. Sur pente, le front de taille sera aménagé en amont.

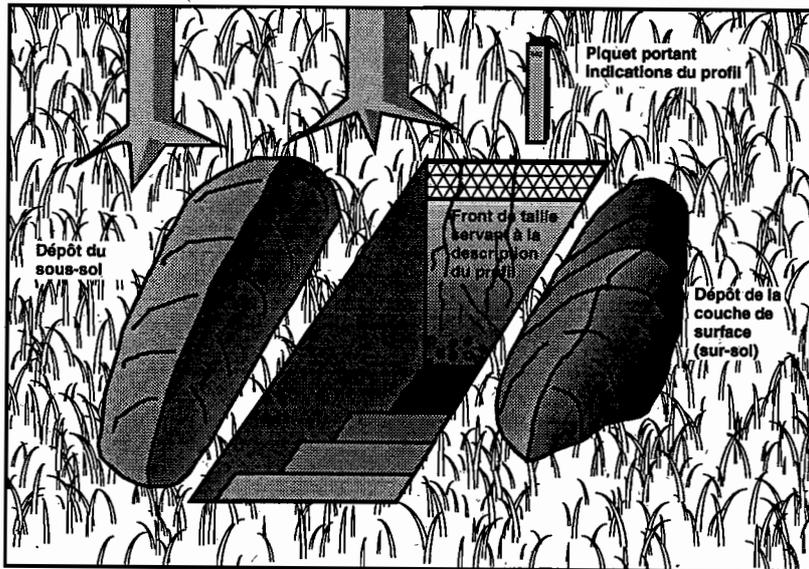


Fig. 16: schéma d'une fosse d'examen

5.2 Protocole de description de profil

L'examen de profil est consigné sur une formule ad hoc. Celle-ci doit comporter au moins les rubriques suivantes:

- désignation de l'emplacement et identification des alentours immédiats (station)
- esquisse du profil et des examens à faire
- jugements du point de vue pédologique, agronomique et, éventuellement, phytosociologique

La "feuille de profil" de la FAP (n'existe pour le moment qu'en allemand) peut servir de modèle (fig. 17): elle peut être utilisée pour les champs comme pour les forêts. Un système de codage permet un traitement électronique ultérieur des résultats.

La **description du profil** débute par un examen global du front de taille où sont relevés des caractéristiques visibles (litière, racines, pistes de vers, pierres, taches d'humidité etc.). Puis les horizons sont délimités et leurs propriétés notées (structure, matière organique, texture etc.). L'expérience a montré que cette opération est facilitée par un alignement dans l'ordre de fragments de sol issus des horizons successifs sur une planchette.

Les caractéristiques sont soit estimées (texture, matière organique) soit mesurées avec une instrumentation simple (pH). Les résultats sont protocolés et selon les cas doublés de données mesurées en laboratoire sur des échantillons prélevés.

		Daten-schüssel		Projekt-Nr.		Profil-art		Pedologe		Datum		Profil-bezeichnung	
		1		2		3		4		5		6 7	
		8 Profi.Gem.		9 Karton								Gem. Nr. 10	
		11 Ort		12 Flurname								13	
		14 Blatt-Nr. 1:25'000		Koordinaten		15						16	
		17 Kartierungscode										18	
												19	
												20	
												21	
												22	
												23	
												24	
												25	
												26	
												27	
												28	
												29	
												30	
												31	
												32	
												33	
												34	
												35	
												36	
												37	
												38	
												39	
												40	
												41	
												42	
												43	
												44	
												45	
												46	
												47	
												48	
												49	
												50	
												51	
												52	
												53	
												54	
												55	
												56	
												57	
												58	
												59	
												60	
												61	
												62	
												63	
												64	
												65	
												66	
												67	
												68	
												69	
												70	
												71	
												72	
												73	
												74	
												75	
												76	
												77	
												78	
												79	
												80	
												81	
												82	
												83	
												84	
												85	
												86	
												87	
												88	
												89	
												90	
												91	
												92	
												93	
												94	
												95	
												96	
												97	
												98	
												99	
												100	
												101	
												102	
												103	
												104	
												105	
												106	
												107	
												108	
												109	
												110	
												111	

Bodenkartierung, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, 8046 Zürich-Reckenholz, 1994

Identification de l'emplacement

Classification

Descriptif du profil

Données stationnelles (y.c. population) et jugement d'aptitude

Fig. 17: "Feuille de profil" de la Station fédérale de recherches agronomiques de Zurich-Reckenholz (FAP)

Les résultats consignés permettent de classer le sol (type, sous-type, forme, forme locale).

Le jugement de l'aptitude stationnelle (niveau, choix des essences) se fait en tenant compte des limitations constatées (y.c. le climat et la topographie). Si besoin est, le sol est aussi estimé (cote).

On passe en revue ci-après les diverses rubriques de la "feuille de profil". Les aspects et interprétations agricoles ne sont pas traités dans cette publication.

5.3 Identification de l'emplacement

Un système pour la désignation et l'identification des emplacements de profil est nécessaire pour l'étude et le classement de séries de profils d'une certaine importance. En font partie les esquisses de la situation, de la topographie et de la géologie, ainsi que d'autres données générales (fig. 18).

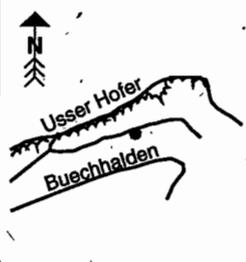
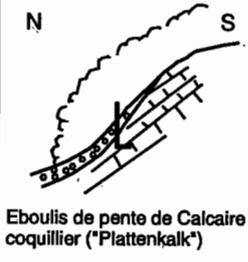
Situation		Topographie / Géologie		Données générales							
		Version no	No du projet	Genre du profil	Pédologue	Date du relevé			Désignation du profil		
		1	2	3	4	5			6	7	
		6	241	B	AR/TS	28	08	1987	WI	505	
		8	Commune Canton Oberhofen, AG						Com. No. 4174	10	
		Localité Lieu-dit Buechhalden									11
		12	No feuille 1:25'000	1049	Coordonnées	13	651	350	267	840	14
		Code cartographique cK 3 12-13 3									15

Fig. 18: esquisses de la situation, de la topographie, de la géologie, et autres données générales

5.3.1 Situation, topographie/géologie

Chaque emplacement doit être signalé sur une esquisse de situation (on peut utiliser aussi un extrait de la carte nationale au 1:25'000).

Le contexte géologique est donné avec une coupe topographique. Indiquer l'orientation de la coupe.

5.3.2 Données générales

Il s'agit entre autres de:

- **Version no:** version de la "feuille de profil" utilisée (des modifications sont apportées périodiquement). Ici, version no. 6.
- **Genre du profil:** genre de coupe de terrain où est relevé le profil:

F fosse	H tarière à main
T talus	U "Pürkhauer"
C carottier hydraulique	X autres
- **Pédologue:** nom de l'examineur

- **Désignation du profil:** chaque profil porte un code régional et un numéro.
 - code régional (sigle): désigne un groupe régional de communes. Ce sont deux lettres (p.ex. ND = Nods, Prêles, Diesse, Lamboing)
 - Numéro: en série continue par région, champs et forêts étant séparés. Début avec 1 pour champs (ND1, ND2, ...), avec 500 pour forêts (ND 500, ND 501....).

- **Code cartographique:** code de l'unité cartographique dans laquelle se trouve le profil (v. 3.2.1).

6 Etude du profil (esquisse de profil)

Ce chapitre contient les bases théoriques pour la description d'un profil de sol. Elles sont tirées pour l'essentiel de la "Klassifikation der Böden der Schweiz" (FAP, 1992a).

Relevé du profil														
27	28	28/30		31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48-55	56
Horizon			Figuré	Structure	Mat. org. %	Argille %	Silt %	Sable %	Gravier (0.2-5) % vol.	Cailloux (>5cm) % vol.	Calc. CaCO ₂ %	pH CaCl ₂	Couleur (Munsell)	Echant. Remarques
No	Prof.	Désignation.												
		Oi 0												
1.	0	Ah 10		gr2-po3	9	40	44	16	10	25	+	6,7	10YR 2/2	a
2	20	(A) B 40		gr2-po3	3	18	52	30	10	30	++	7,2	7,5YR 4/4	b
3	70	Ck 90				12	55	33		80	+++	7,5	2,5Y 5/3	
Prof. du profil														
		57												
		120												

Fig. 19: description de profil (données de terrain)

6.1 Horizons

Les horizons sont des zones d'aspects variés, à peu près parallèles à la surface du sol et qui se sont différenciées les unes des autres lors de la formation et de l'évolution du sol (altération, formation de l'humus, déplacements des substances, développement de la structure).

Chaque horizon est désigné par un numéro, une profondeur et un symbole.

6.1.1 Numérotation, profondeur, limites

Les horizons sont numérotés de haut en bas. Une seule exception, la litière d'un an.

Il faut donner les limites inférieure (profondeur) et supérieure de chaque horizon. La surface du sol est placée au-dessous de la litière d'un an; elle peut aussi être définie avec le premier horizon minéral (v. 7.2, fig. 27).

La netteté et le cheminement des limites sont indiqués (v. 6.2, fig. 20).

- tranchée: transition claire sur 3 cm
- nette: transition claire sur 5 cm
- diffuse: transition peu claire sur > 5 cm

6.1.2 Symboles des horizons principaux

Les horizons principaux sont désignés par des majuscules.

O	horizon organique d'accumulation avec plus de 30% de matière organique
T	horizon tourbeux avec plus de 30% de matière organique formé en aérobie (eau de fond ou de rétention)
A	horizon de surface avec moins de 30% de matière organique dans la terre fine
E	horizon d'éluviation ou de lessivage; appauvrissement en substances reconnaissable par exemple à un moindre taux d'argile ou à une forte décoloration; le résidu final de l'éluviation est souvent du sable de quartz
I	horizon d'illuviation ou d'accumulation; horizon d'enrichissement en substances issues de l'horizon ci-dessus, E; l'illuviation forme des enveloppes, des revêtements, des concrétions, des croûtes, des concentrations colloïdales ou des cristaux; il en résulte souvent des teintes plus intenses ou plus sombres
B	horizon de sous-sol, sous l'horizon A; contient des minéraux secondaires, a une structure développée et est biologiquement actif; contient en général des racines de plantes; moins humifère que l'horizon A
C	horizon de profondeur (matériau de départ), généralement sous un horizon A ou B; une certaine altération peut être présente; pas d'agrégats, non ou très faiblement biologiquement actif; pratiquement pas de racines
R	banc rocheux dur

6.1.3 Symboles complémentaires

()	peu développé; p.ex. (A) = horizon de surface peu humifère d'un sol lithique
[]	horizon partiellement présent; p.ex. inclusions de matériau d'horizon A dans un horizon plus profond ou dans une fissure de roche
1,2,3	dans certains cas, pour subdiviser en sous-horizons; p.ex. pour distinguer diverses couches d'accumulation d'humus (O11, O12; Of1, Of2; Tf1, Tf2, etc); n'utiliser qu'exceptionnellement pour les horizons minéraux (ev. Bw1, Bw2)
II, III	couches géologiques différentes; p.ex. horizon Ah dans loess sur horizon II Bw dans graviers, et plus bas, horizon III C dans moraine
AB, BC	horizon de transition; a des caractéristiques de deux ou trois horizons
A/E B/C	horizons complexes; inclusions dans un autre horizon

6.1.4 Symboles de subdivision des horizons principaux

Minuscules servant à subdiviser et à préciser des horizons principaux; elles sont adjointes aux majuscules. Combinaisons fréquentes.

	Etat de la matière organique
l	litière; restes végétaux peu décomposés (90% de restes intacts); structure lâche ou fibreuse;
f	zone de fermentation (Förna), moder; matière organique partiellement à très décomposée (30 à 90% de restes végétaux reconnaissables); structure fibreuse à floconneuse, feutrée, spongieuse, partiellement granulaire; fréquentes combinaisons: Of, Tf *)

h	humifère; matière organique très décomposée (max. 30% de restes végétaux reconnaissables); humification avancée et stabilisée; structure des horizons Oh et Th colloïdale, grasseuse à granulaire; matières humiques dans la fraction minérale des horizons Ah liées principalement à l'argile, aux métaux et aux alcalino-terreux *)
a	anmoorique ou semblable au moor, hydromorphe, 10 à 30% de matière organique; structure principalement grumeleuse à granulaire: les horizons Aa se forment en présence d'eau de fond ou de rétention *) Les sous-horizons Ol, Of et Oh sont parfois considérés comme des horizons principaux et désignés par les symboles L, F et H (RICHARD et al., 1978)
	Altération
ch	altération achevée de la partie minérale; pas de résidu pierreux; le quartz est le seul minéral primaire restant
w	roche-mère altérée; présence de notables quantités de produits d'altération et de néominéraux; les oxydes de fer liés à l'argile confèrent à l'horizon sa teinte brune (Bw); pas de carbonate de calcium dans la terre fine
z	fragmentation de la roche-mère; désagrégation physique: altération chimique limitée à la surface des pierres; Cz dans les sols lithiques
	Enrichissement relatif en substances minérales
fe	teneur élevée en oxydes de fer; diffus, en croûtes, revêtements, concentrations; Ife dans un podzol
ox	horizon à oxydes; oxydes de fer et d'aluminium en concentrations plus ou moins séparées (marmorisation); généralement structure poreuse
t	relativement riche ou enrichi en argile; horizon It d'un sol brun lessivé
q	enrichissement en quartz résiduel, p.ex. horizon Eq
	Structure
m	zone massive, cimentée et durcie par du calcaire, des oxydes de fer ou de la silice; p.ex. horizon Ife,m (Ortstein) ou horizon Ik,m (encroûtement calcaire)
p	horizon labouré, p.ex. Ap ou Ahp

st	structuré; structure agrégée nette, stable
vt	vertisolique (pélosolique); matériau très argileux, très fissuré en période sèche; les fissures peuvent contenir de la matière organique
x	zone compactée, non cimentée; p.ex. horizon Bx ou horizon Bgg,x
	Alcalins et alcalino-terreux
k	enrichi en calcaire: p.ex. horizon Ik (efflorescences calcaires) ou horizon Cz,k (fragmentation de calcaires)
na	riche en alcalis: le Na^+ adsorbé dépasse de 15% la capacité d'échange cationique
sa	enrichissement en sels solubles; horizon Isa (efflorescences salines)
	Signes de carence en oxygène (variations de redox)
cn	petites nodosités ponctuelles, noires, à haute teneur en manganèse et fer (faibles variations de redox); p.ex. horizon Bw,cn
(g)	taches de rouille faibles, souvent localisées seulement à l'intérieur des mottes
g	zone à humidité temporaire, modérément tachée de rouille dans un horizon A, B ou C; nombreuses taches de rouille, généralement petites, représentant moins de 3% de la surface examinée; entre les taches, matrice brunâtre
gg	horizon très taché de rouille par alternance périodique d'hydratation et d'aération; nombreuses grosses taches d'oxydes de fer occupant plus de 3% de la surface examinée; entre les taches matrice grise
r	zone très réduite en permanence, colorée en gris, gris-bleu ou noir; lors du dégagement du profil, le sol se rouille par oxygénation
	Paléogenèses, comblements
b	horizon enfoui; recouvert de matériau plus récent frais ou altéré; p.ex. horizon Ob, Ab, Bb
fo	horizon fossile; formé en conditions non-actuelles, souvent recouvert d'un sol plus jeune ou de matériau pierreux; p.ex. horizons Ah,fo, Box,fo
y	recouvrement avec du matériau d'origine étrangère, p.ex. en suite d'inondation ou par décharge artificielle

6.2 Esquisse du profil et signes

Une esquisse graphique du profil est utile tant pour classer le sol que pour son estimation. Des graphes sont prévus pour représenter les caractéristiques des sols (fig. 20).

Limites d'horizon

	diffuse
	nette
	tranchée
	fissure
	poche
	bas du profil

Matière organique Accumulation humifère aérobie

	litière lâche
	litière en couche
	litière feutrée
	m.o. fibreuse
	m.o. granuleuse ou floconneuse
	matières humiques

Plerrostité

	frais, non altéré
	altéré
	calcaire
	non-calcaire
	bois
	charbon

Substance organo-minérale

	neutre
	acide

Accumulation d'humus hydromorphe

	tourbe peu décomposée
	tourbe assez décomposée
	tourbe très décomposée

Carbonates

	efflorescences
	tuf
	limite

Enveloppes d'humus

h

Hydromorphie

	concrétions
	taches de rouille
	marmorisation
	anneaux de sesquioxydes
	réduit
	niveau d'eau (date)
	sortie d'eau

Matières illuviées et autres

	humines
	revêtements d'argile
	pistes de ver
	esgargots
	racines
	structure lâche
	compaction

Fig. 20: graphes courants (liste complète dans FAP, 1992a)

6.3 Structure

La structure est la disposition des constituants solides du sol et des espaces existant entre eux. Elle conditionne l'enracinement des plantes et l'économie en eau, en air et en chaleur.

6.3.1 Formes de structure

On distingue fondamentalement des formes non-structurées et structurées.

- **Formes non-structurées**

Ce sont des formes dans lesquelles les particules de sol ne sont pas agrégées.

Structure granulaire (gn): les particules de sol sont juxtaposées de façon lâche. Caractéristique des sols sablonneux.

Structure cohérente (co): masse uniforme, non subdivisée. Fréquente dans des sous-sols non aérés, très fins, de sols à texture fine.

- **Formes structurées (agrégats)**

Les processus de formation du sol, les phénomènes de gonflement et de tassement rassemblent les particules du sol en agrégats de formes et grandeurs diverses.

Structure grumelleuse (gr): les grumeaux sont des agrégats arrondis, généralement très poreux. Ils sont le signe d'une haute activité biologique et sont principalement présents dans l'horizon humifère A.

Structure subpolyédrique (sp): les particules ont des formes polyédriques à arêtes émoussées, de surface rugueuse. Les polyèdres sont la plupart poreux. Cette structure est caractéristique des sols sableux et limoneux.

Structure polyédrique (po): les agrégats sont anguleux, diversément poreux, parfois enveloppés d'une pellicule argileuse. On les trouve généralement dans les sols limoneux à argileux.

Structure prismatique (pr): les prismes sont des agrégats allongés verticalement. Ils sont dûs à l'alternance du gonflement et du tassement du sol. Pellicule argileuse fréquente à la surface des agrégats. Structure typique des sols argileux.

Structure en plaquettes (pl): elle est faite d'agrégats aplatis, disposés horizontalement à surface généralement rugueuse, plus rarement lisse. Elle est dûe souvent à une compaction mécanique, p.ex. dans une semelle de labour.

Classes de grandeur:	1:	Ø	<	2	mm
	2:	Ø	2 -	5	mm
	3:	Ø	5 -	20	mm
	4:	Ø	20 -	50	mm
	5:	Ø	50 -	100	mm
	6:	Ø	>	100	mm

6.3.2 Détermination pratique

La taille dominante des agrégats peut être déterminée en les fractionnant le long de leurs brisures naturelles. On peut en même temps observer s'il y a des revêtements ou des dépôts (pellicule argileuse, efflorescence calcaire). On peut s'aider pour cela d'une planchette, éventuellement avec une échelle centimétrique, sur laquelle on aligne dans l'ordre les fragments de sol prélevés dans les divers horizons; la comparaison des structures en est facilitée.

6.4 Matière organique

On peut se faire une idée de la teneur en matière organique à partir de la teinte du sol: plus celle-ci est sombre et plus le taux en matière organique est élevé.

Taux en carbone organique (% C org.)	Teneur en mat.org. dans la terre fine (% en poids)	Désignation
< 1.2	< 2	peu humifère
1.2 - 3.0	2 - 5	faiblement humifère
3.0 - 6.0	5 - 10	humifère
6.0 - 12.0	10 - 20	riche en humus
12.0 - 18.0	20 - 30	très riche en humus
> 18.0	> 30	organique

Tabl. 10: classes de teneurs en humus [% de matière organique = % de carbone organique (C) x 1.72]

6.5 Terre fine

La terre fine est l'ensemble des constituants plus petits que 2 mm. Elle comprend l'humus et les particules minérales.

6.5.1 Fractions

La terre fine minérale est constituée de trois fractions principales, argile, silt et sable, qui peuvent être à leur tour subdivisées selon les besoins (tabl. 11).

Fractions principales		Sous-fractions	
Argile	< 0,002 mm	Argile fine	< 0,0002mm
		Argile grossière	0,0002 - 0,002 mm
Silt	0,002 - 0,05 mm	Silt fin	0,002 - 0,02 mm
		Silt grossier	0,02 - 0,05 mm
Sable	0,05 - 2,0 mm	Sable fin	0,05 - 0,2 mm
		Sable moyen	0,2 - 0,5 mm
		Sable grossier	0,5 - 2,0 mm

Tabl. 11: Fractions de la terre fine minérale

6.5.2 Texture

La texture est la proportion des fractions argile, silt et sable à l'intérieur de la **terre fine minérale** (argile + silt + sable = 100%).

Les classes texturales sont les diverses proportions (en poids) des fractions ci-dessus: elles ont divers effets sur la perméabilité, le travail du sol, la capacité à retenir les substances nutritives, etc. On distingue 13 classes texturales (tabl. 12; fig. 21).

Code	Classes texturales	Abréviations	% en poids de la terre fine minérale	
			Argile	Silt
1	sableux	s	< 5	< 15
2	sablo-silteux	su	< 5	
3	sablo-limoneux	sl	5 - 10	
4	sablo-fortement limoneux	sfl	10 - 15	
5	limono-sableux	ls	15 - 20	
6	limoneux	l	20 - 30	< 50
7	limono-argileux	la	30 - 40	
8	argilo-limoneux	al	40 - 50	
9	argileux	a	> 50	
10	silto-sableux	us	< 10	50 - 70
11	silteux	u	< 10	> 70
12	silto-limoneux	ul	10 - 30	> 50
13	silto-argileux	ua	30 - 50	> 50

Tabl. 12: classes texturales

On peut aussi représenter les classes texturales dans un diagramme triangulaire (fig. 21).

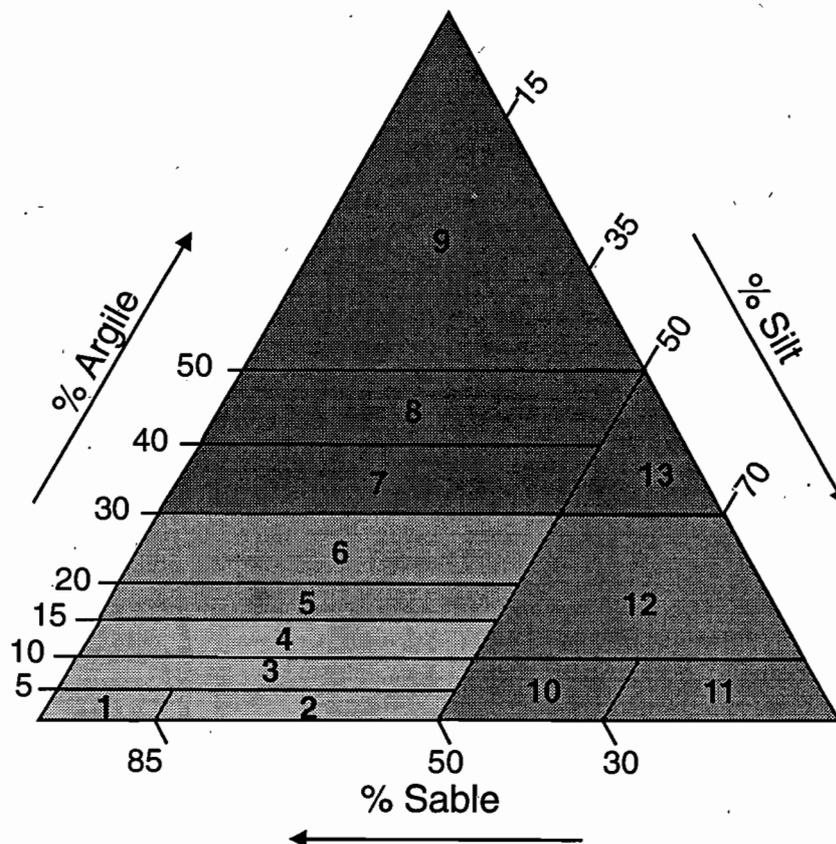


Fig. 21: Diagramme des textures

6.5.3 Détermination de la texture par test tactile

Le test tactile permet avec un peu de routine et d'expérience de déterminer la texture avec assez de précision. Pour cela on triture et malaxe des morceaux de terre entre la pouce et l'index. On juge ainsi le grain, l'adhésivité et la malléabilité. Il faut pour cela que l'échantillon soit humide (humidifier si nécessaire). Les diverses fractions malaxées entre les doigts montrent les propriétés suivantes:

- argile: malléable, salissant, collant, lisse et surfaces de lissage luisantes
- silt: peu malléable, farineux, émiettable, non salissant, surfaces de lissage rugueuses
- sable: non malléable, non salissant, granuleux (perception des grains de sable)

Ces propriétés se mélangent selon les proportions des diverses fractions où l'humus joue aussi un rôle (p.ex. dans l'horizon A): il rend les sols riches en argile moins collants, ceux riches en sable plus cohérents.

On ne peut que recommander de comparer tout au long des travaux les estimations tactiles avec les données de laboratoire. Une série-étalon des classes les plus courantes peut aussi se révéler utile.

6.6 Pierrosité

La pierrosité est l'ensemble des constituants du sol plus gros que 2 mm. Les fractions définies sont elles-mêmes subdivisées en fines et grossières (tabl. 13).

Désignation	Fraction
pierrosité fine	gravier fin 0,2 - 2 cm
	gravier grossier 2 - 5 cm
pierrosité grossière	petites pierres 5 - 10 cm
	grosses pierres 10 - 20 cm
	petits blocs 20 - 50 cm
	gros blocs > 50 cm

Tabl. 13: fractions de la pierrosité

Il y a 10 classes de pierrosité basées sur la fraction dominante et le pourcentage (en volume) des pierres dans le sol (tabl. 14).

Code	Désignation par fraction dominante	Abrév.	% Vol.	Désignation de la pierrosité totale	Abrév.
0	non pierreux, peu pierreux	np, pp	< 5	non pierreux, peu pierreux	np, pp
1	faiblement pierreux	fp	5 - 10	faiblement pierreux	fp
2	graveleux ¹	gr	10 - 20	pierreux	p
3	caillouteux	ca			
4	très graveleux ¹	tgr	20 - 30	très pierreux	tp
5	très caillouteux	tc			
6	riche en gravier ¹	rgr	30 - 50	riche en pierres	rp
7	riche en cailloux	rc			
8	graviers ¹		> 50	extrêmement pierreux	ep
9	blocs				

1 ½ au plus de pierrosité grossière

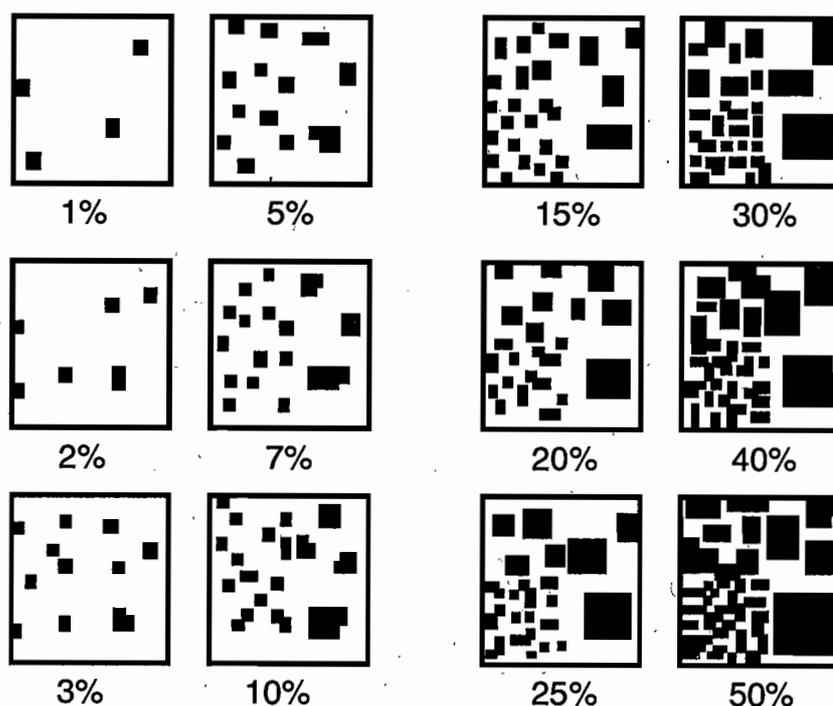
Tabl. 14: classes de pierrosité

Pour les cartographies forestières et les cartes au 1:25'000 on se limite dans la règle à quatre classes de pierrosité (tabl. 15).

Code	Désignation	% Vol.
0	non pierreux	0
1	peu pierreux	< 10
2	pierreux	10 - 30
3	riche en pierres	> 30

Tabl. 15: classes de pierrosité pour cartographies forestières

L'estimation de la pierrosité est facilitée par la référence à des photos de profils ou d'horizons à pierrosité connue ou encore à des tabelles comparatives (fig. 22).

Fig. 22: *tablette comparative pour l'estimation des surfaces*

6.7 Contenu calcaire

La répartition du calcaire dans les divers horizons du profil caractérise le degré de développement du sol. On peut estimer grossièrement ce contenu calcaire avec un acide dilué (tabl. 16).

Code	Réaction	Contenu calcaire
0	pas de réaction, pas le plus petit crépitement (terre fine et pierres)	pas de calcaire
1	réaction sur les seules pierres	pierrosité seule calcaire
2	légères effervescences ponctuelles	traces
3	faible effervescence	contenu < 2%
4	effervescence modérée	contenu 2 - 10%
5	effervescence marquée, durable	contenu > 10%

Tabl. 16: *estimation du contenu calcaire avec de l'acide dilué*

6.8 Valeurs pH

Le pH (logarithme négatif de la concentration des ions hydrogène dans la solution du sol) exprime l'acidité du sol qui influence de diverses façons les propriétés du sol et les processus qui s'y déroulent (développement, disponibilité des substances nutritives etc.).

Il existe des pH-mètres portables de terrain pour la description de profil. On peut obtenir des valeurs approchées avec des indicateurs de couleurs comme le pH-mètre "Hellige". Le tableau 17 donne les classes de valeurs pH et les correspondants approximatifs de la saturation en bases.

Désignation	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	Saturation en bases approximative, %
très alcalin	> 8,2	> 8,2	100
alcalin	7,7 - 8,2	7,7 - 8,2	100
faiblement alcalin	7,3 - 7,6	6,8 - 7,6	100
neutre	6,8 - 7,2	6,2 - 6,7	> 80
faiblement acide	5,9 - 6,7	5,1 - 6,1	51 - 80
acide	5,3 - 5,8	4,3 - 5,0	15 - 50
très acide	3,9 - 5,2	3,3 - 4,3	< 15
très fortement acide	< 3,9	< 3,3	

Tabl. 17: réaction du sol

6.9 Couleur

La couleur indique souvent le degré de développement d'un sol et peut beaucoup aider à le classer. Par ailleurs, la couleur de l'horizon supérieur influence la température du sol.

La couleur se détermine avec une table: MUNSELL-Standard Soil Color Charts. On procède avec ses trois composants: teinte, grisé et intensité.

- **Teinte:** gamme spectrale
 - 10 YR (orange-noir brunâtre)
 - 7,5 R (rouge)
 - 5 Y (jaune) (olive)

- **Grisé:** mélange de noir et de blanc (9 mélanges); indication principalement du taux et de l'humification de la matière organique
 - 1/, 2/ sombre (noir)
 - 7/, 8/ clair
 - (9 blanc)

- **Intensité:** concerne la concentration, le degré de dispersion et le genre de coloris (8 niveaux)
 - ./1, ./2 pâle
 - ./7, ./8 intense

Exemples: horizon Ah d'un sol brun:	10	YR	4/2
horizon It d'un sol brun lessivé:	7,5	YR	5/6
horizon Cr d'un gley réduit:	5	Y	6/1

La couleur doit être mesurée sur échantillon humide (environ à la capacité au champ). Les échantillons trop secs doivent être humidifiés.

Au cas où il y ait plusieurs couleurs dans le même horizon (p.ex. taches de gleyification), on donne d'abord la teinte de la matrice, puis celle des inclusions ainsi que celles des concentrations de matière et des taches.

6.10 Prélèvement d'échantillons

On complète régulièrement les relevés de profil avec des analyses chimiques, physiques et minéralogiques en laboratoire. Il faut pour cela prélever des échantillons, soit perturbés (en sachets) soit, selon les cas, non-perturbés (en cylindres). Il importe à chaque fois que l'échantillon soit représentatif de tout l'horizon. Les horizons échantillonnés sont marqués sur le protocole de profil par des lettres minuscules (de haut en bas).

Échantillons en sachet

Des échantillons sont ensachés pour déterminer les pH, les taux d'humus, les textures, les capacités d'échange cationique (CEC) etc. On prélève pour cela quelques morceaux de terre fine au milieu de chaque horizon préalablement bien dégagé, et on les met en sachet. Celui-ci est marqué du numéro du profil (code régional et numéro), de l'horizon échantillonné et de la profondeur (p.ex. Mi 92b 20 cm). Un kilogramme de terre fine suffit pour une série complète d'analyses de laboratoire. L'échantillonnage débute en général dans l'horizon le plus inférieur.

Échantillons en cylindres

On travaille avec ce type d'échantillon en vue de la détermination de la capacité de rétention en eau, de la porosité, de la densité apparente et du coefficient k (perméabilité). Les cylindres ad hoc sont en métal inoxydable et munis de couvercles fermant bien. Le cylindre est adapté à un support tranchant avec lequel il est introduit verticalement dans le sol. Cette opération doit être faite avec **le plus grand soin** car les résultats ultérieurs seront exprimés par rapport au volume du cylindre. Les horizons sont dans la règle échantillonnés 5 fois (3 pour le coefficient k, 2 pour les porosités).

7 Données stationnelles et peuplement

Diverses données stationnelles supplémentaires sont nécessaires pour juger de l'aptitude du sol. Dans les profils forestiers, ce sont entre autres la forme d'humus, la structure du peuplement et le degré de développement; on peut aussi donner l'association forestière (ELLENBERG, KLÖTZLI, 1972). Ces données spéciales sur le peuplement forestier complètent la vue d'ensemble sur la station et permettent de choisir les essences adaptées et de fixer la capacité de production (v. 7.3).

Station							Estimation/Aptitude						
Altitude, m	Exposition	Zone agro-climatique	Végétation actuelle	Matériau de départ	Élément paysagique	Région agricole	Niveau	Cote du sol	Aptitude	Système cultural			
58	59	60	61	62/63	64	65	73	74	75	76			
475	N	B3	FO	EB,CA	PR	0	A g r i c u l t u r e						
Contraintes/Utilisation/Aménagement													
Etat de la structure		Limitation		Contraintes			Aménagement		Utilisation d'engrais				
66		67		68			constatés		recommandés				
				A g r i c u l t u r e			70		71				
									72				
Peuplement													
Forme d'humus	Population		Haut. des arbres, m		Réserves, m ³ /ha		Age, ans		Association	Espèces adaptées		Capacité de prod.	
100	101		102	103	104	105	106	107	108	109		110	111
Mt	134	2	32		350		90	9	9	He, Ch'r, Er's, Mer, Fr, (Pin's, Mé)		3	76

Fig. 23: exemple de données stationnelles et du peuplement

7.1 Données stationnelles générales

7.1.1 Altitude et exposition

L'altitude doit être donnée en mètres (sans les centimètres). Pour l'exposition, on utilise les huit abréviations internationales: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW (Ø = pas d'exposition).

7.1.2 Climat

Les deux facteurs climatiques les plus importants sont les précipitations et la température. Ils agissent, par leur influence sur la végétation, directement et indirectement sur le développement du sol.

Le climat est caractérisé en considérant sur la carte des aptitudes climatiques pour l'agriculture de la Suisse, 1:200'000 (DFJP, 1977a) la zone climatique dans laquelle se situe le profil. Chaque zone est caractérisée par le régime pluviométrique (nombre) et la période de végétation (lettre), la durée de celle-ci correspondant à peu près aux conditions de chaleur de la graduation thermique de la Suisse, 1:200'000 (DFJP, 1977b) (fig. 24).

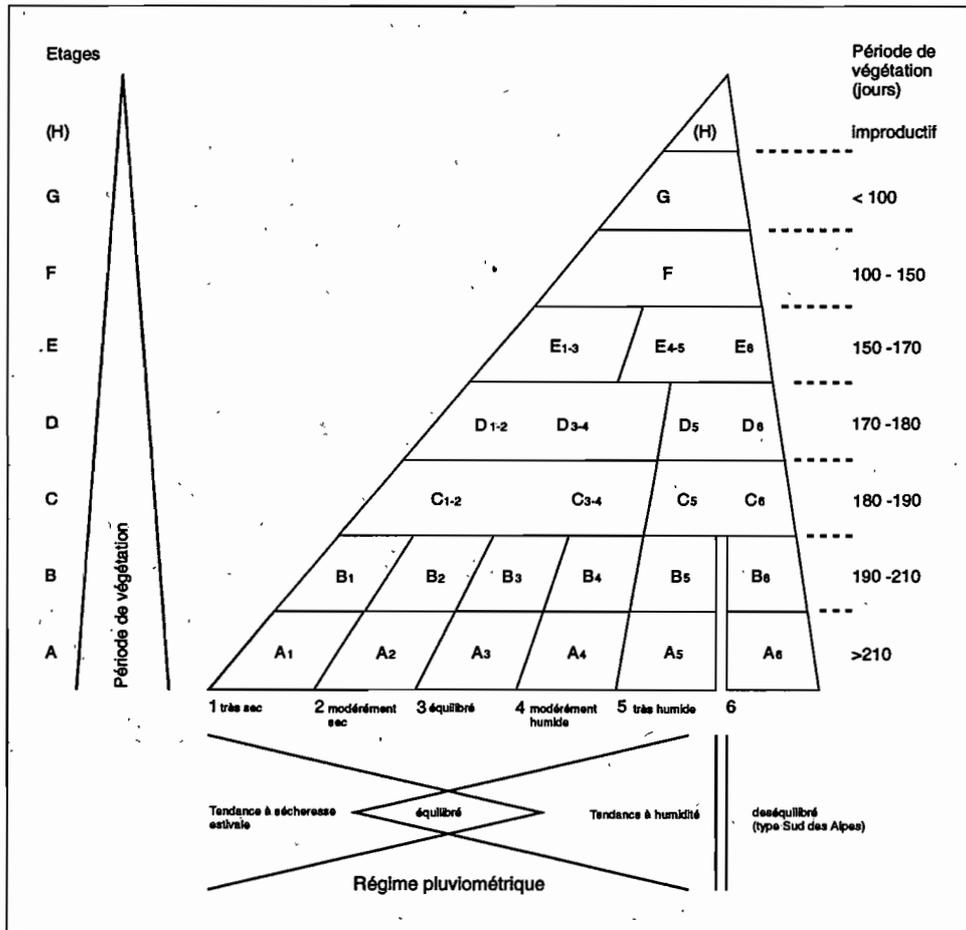


Fig. 24: charpente de la Carte des aptitudes climatiques pour l'agriculture 1:200'000

7.1.3 Utilisation, végétation

On donne l'utilisation ou la végétation au moment du relevé de profil.

Code	Végétation actuelle		
TO	terre ouverte	PL	pelouse
PT	prairie temporaire	BU	buissons
Pp	prairie permanente	FO	forêt
PA	pâturage	FR	friche
VE	verger	MA	marécage
VI	verger intensif	TB	tourbière
PO	potager	PN	prairie (naturelles)
PF	petits fruits	TA	terrain artificiel inculte
VI	vigne	XX	autres

Tabl. 18: formes de végétation

7.1.4 Matériau de départ

On entend par matériau de départ, dit aussi roche-mère ou substrat, le matériau à partir duquel le sol s'est formé. Le matériau de départ influence beaucoup de propriétés du sol comme la texture, la structure, la porosité et la réaction. L'examen attentif du profil (pierres, texture, matière organique) permet de déterminer le matériau de départ. Les cartes géologiques peuvent être utilement consultées.

Code	Matériau de départ		
TO	tourbe	MF	moraine de fond
TU	tuf	MA	marne
CL	craie lacustre	AR	argile
SA	sable	AT	argilite
LO	loess	GR	grès
EB	éboulement	CM	conglomérat
AL	alluvions	CA	calcaire
CO	colluvions	DO	dolomie
LP	limon de pente	GW	grauwacke
LL	limon lacustre	GT	granite
GV	gravier	GN	gneiss
MG	moraine graveleuse	SC	schiste
MO	moraine		

Tabl. 19: matériaux de départ

7.1.5 Élément paysagique

Le relief est un facteur décisif du développement du sol. De lui dépend d'une part le régime en eau (ruissellement, situation de l'eau phréatique), de l'autre, les processus d'érosion et d'accumulation.

On caractérise le macrorelief par l'élément paysagique où se trouve le profil (fig. 25). Puis on précise s'il s'agit d'une situation convexe (de perte), concave (de gain) ou équilibrée.

Code, élément paysagique	Description	Esquisse
PL plaine	bas-fond étendu, plat	
CV cuvette de vallée	pas-fond circulaire dans vallée	
FV fond de vallée	partie la plus profonde d'une vallée, assez large, plate	
VA vallon	petite vallée à profil en V	
TV terrasse de vallée	replat sur le bord de la vallée	
TS terrasse suspendue	replat au flanc de la vallée	
BP bas de pente	partie inférieure, mourant d'une pente	
BO tête, dos, bosse	élévation convexe, ovale ou allongée	
DP dépression sur pente	bas-fond sur pente	
CS côte suspendue	côte sur pente	
PM pente modérée	5-25% d'inclinaison	
PF forte pente	25-50% d'inclinaison	
PR pente raide	50-75% d'inclinaison	
RR pente très raide	> 75% d'inclinaison	
CE cône d'épanchement	sédiments de bas de pente déposés par ruissellement	
CB cône d'éboulement	dépôt sur pente, de forme conique	
GT glissement de terrain	formes glissées nettes, ondulées à cahotiques	
PL plateau	assez grande surface plane plongeant de tous côtés	

Fig. 25: éléments paysagiques

7.2 Forme de l'humus

La dynamique de rajeunissement dépend de la constitution et de l'état de la masse humifère (transformation des substances nutritives, régime, en eau superficielle). D'où l'importance donnée au jugement de la masse humifère lors de toute prise de décision (choix des essences, entretien du terrain) (LÜSCHER, 1991).

On peut subdiviser la masse humifère en horizons qui représentent divers états (évolutifs) de la matière organique. On distingue cinq formes principales d'humus sur la base de la séquence d'horizons et de leur caractérisé (fig. 26).

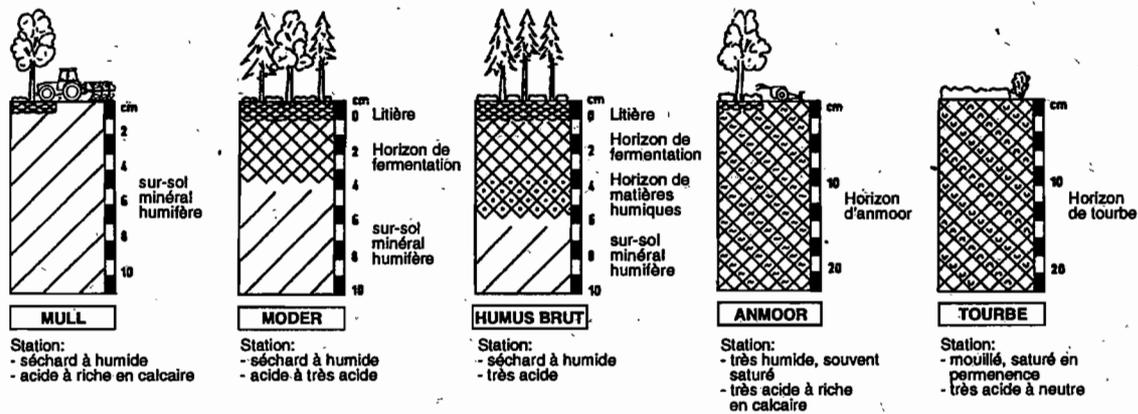


Fig. 26: formes principales d'humus

Les formes typiques d'humus forestier, mull, moder et humus brut peuvent être subdivisées. Une dénomination précise est pour cela nécessaire, éventuellement une subdivision plus fine des horizons humifères (fig. 27).

Horizon	Part		Constitution schématique du profil
	Restes végétaux de surface	Substance organique fine	
Oi (litière)	>90%	max. 10%	mm Horizons d'accumulation 60 — 50 — 40 — 30 — 20 — 10 — 0 — Surface 10 — 20 — Horizon de mélange 30 —
Of (fermentation)	30 - 90%	10 - 70%	
Oh (mat. humiques)	max. 30%	>70%	
Sous-horizons			
Oi1 (nouveau)	non transformés	max. 10%	
Oi2 (transformé)	transformés		
Of1 (restes)	70 - 90%	10 - 30%	
Of2 (moyen)	30 - 70%	30 - 70%	
Oh1 (restes)	10 - 30%	70 - 90%	
Oh2 (fin)	max. 10%	plus de 90%	
			Ahh
			Ah

Fig. 27: définitions des horizons humifères et leur séquence schématique (BABEL, 1971; LÜSCHER, 1991)

7.2.1 Classification des formes d'humus

Mull

Forme d'humus biologiquement active, particulièrement riche en lombrics. La litière est rapidement détruite; généralement en un an. Un horizon de fermentation peut parfois être présent.

- Mull typique

Séquence d'horizons: Ol - Ah

Intense activité biologique avec disparition de la litière en un an. L'horizon Ah est plus épais que 8 cm avec une structure grumeleuse typique.

- Mull-moder

Séquence d'horizons: Ol - Of - Ah

Présence d'un horizon de fermentation épais de 1 à 2 cm entre la litière et l'horizon Ah. Ce dernier est moins épais que dans le mull typique (< 10 cm). L'horizon Ah est généralement mal limité vers le bas.

Moder

Le moder est caractérisé par son horizon de fermentation. Un horizon de matières humiques est au moins ébauché. La réaction est généralement acide à très acide. L'activité biologique y est plus faible que dans le mull. La destruction de la litière se fait lentement et il peut se former des matières humines mobiles.

- Moder-mull

Séquence d'horizons: Ol - Of - (Oh) - Ah

L'horizon de matières humiques est peu marqué (< 0,5 cm) et se distingue mal de l'horizon Ah. Celui-ci a en général entre 4 et 8 cm d'épaisseur.

- Moder typique

Séquence d'horizons: Ol - Of - Oh - Ah

Ici l'horizon de matières humiques est, contrairement au moder-mull, nettement marqué. Selon son épaisseur, on distingue entre pauvre en humus fin (Oh < 1,5 cm) et riche en humus fin (Oh 1,5 - 4 cm). L'horizon Ah est généralement moins épais que 5 cm. Les limites entre les divers horizons sont généralement peu nettes.

- Moder-humus brut

Séquence d'horizons: Ol - Of - Oh - Ah

Les horizons sont nettement différenciés. L'horizon Oh est souvent plus épais que 5 cm. L'horizon Ah est souvent un peu décoloré.

Humus brut

Les organismes fousseurs y sont totalement absents. Les horizons sont clairement stratifiés et ont des limites tranchées. La réaction est généralement très acide. Les substances humiques sont déplacées vers le fond par l'eau de percolation. Le sur-sol est généralement très lessivé (horizon de lessivage).

- Humus brut typique

Séquence d'horizons: Ol - Of - Oh - (Ah) - EAh

On peut distinguer sur la base de l'horizon Oh, entre pauvre en humus fin (Oh < 4 cm) et riche en humus fin (Oh > 4 cm). L'horizon Ah est peu épais, généralement décoloré (→ EAh).

Remarque:

Les formes d'humus ci-dessus deviennent en conditions humides dominantes les **mull**, **moder** et **humus bruts** respectivement **humides**.

Anmoor

Séquence d'horizons: Ol - Aa

La décomposition de la matière organique est ralentie par un manque temporaire d'air. L'horizon Ah peut être très épais (jusqu'à 40 cm).

Tourbe

Séquence d'horizons: OT - T

Accumulation en conditions anaérobies de matière organique non ou peu décomposée.

Code	Formes d'humus		
	<i>Mull (M)</i>		<i>Humus brut (L)</i>
Mt	Mull typique	Lp	Humus brut typique, pauvre en humus fin
Mf	Mull-moder	Lr	Humus brut typique, riche en humus fin
MHt	Mull humide typique	LHp	Humus brut typique humide, pauvre en humus fin
MHf	Mull-moder humide	LHr	Humus brut typique humide, riche en humus fin
	<i>Moder (F)</i>		
Fm	Moder-mull	A	<i>Anmoor</i>
Fp	Moder typique, pauvre en humus fin	T	<i>Tourbe</i>
Fr	Moder typique, riche en humus fin		
Fi	Moder-humus brut		
FHm	Moder-mull humide		
FHp	Moder typique humide, pauvre en humus fin		
FHr	Moder typique humide, riche en humus fin		
FHi	Moder-humus brut humide		

Tabl. 20: formes d'humus

7.3 Peuplements, essences, capacité de production

Peuplement

- Type de peuplement

Structure de peuplement

- 100 futaie régulière
- 200 futaie étagée
- 300 futaie jardinée ou irrégulière
- 400 taillis (ancien)
- 500 taillis-sous-futaie (ancien)
- 600 type de peuplement spéciaux: forêt buissonnante, boisement dispersé

Degré de développement

- .10 recru, fourré (d_{dom} bis 10 cm)
- .20 perchis (d_{dom} 10 - 30 cm)
- .30 jeune futaie, futaie moyenne (d_{dom} 30 - 50 cm)
- .40 vieille futaie (d_{dom} >50 cm)
- .50 mélangé

Degré de mélange				
..1	91 - 100 %	résineux	=	résineux pur
..2	51 - 90 %	résineux	=	résineux mélangé
..3	11 - 50 %	résineux	=	feuillu mélangé
..4	0 - 10 %	résineux	=	feuillu pur

- Degré de fermeture

- 1 serré
- 2 normal-clair
- 3 entrecoupé-clairié
- 4 en groupes serrés / normaux
- 5 fermeture étagée

Hauteur d'arbre

Hauteur mesurée des (100) arbres les plus forts (échantillonnage aléatoire), ou hauteur estimée en m

Réserve

Réserve mesurée ou estimée en m³/ha

Age

Age mesuré ou estimé en années

Association

Numéro (1-71) des associations forestières (ELLENBERG, KLÖTZLI, 1972)

Essences adaptées

Énumération des combinaisons d'essences adaptées par abréviations officielles (p.ex. Fr., Er's, He, Ep, Sa)

Niveau de capacité de production et cote du sol (v. 9.4.1 et 9.6.1)

Niveau de production	Points
I excellent	92 - 100
II très bon	80 - 91
III bon	60 - 79
IV assez bon	30 - 59
V faible	10 - 29
VI très faible / pas de forêt	jusqu'à 9

8 Désignation du sol (classification)

Une fois achevée la description du profil et de sa station, le sol est classé, c'est à dire dénommé et ses plus importantes caractéristiques sont énumérées (v. FAP, 1992a).

Remarques		Désignation du sol					
	Sol brun calcaire	Type de sol	16	K	1353	17	
	à blocs	Sous-type	SB			18	
	pierreux à riche en pierres	Pierrosité	19	2	3	20	
	silto-limoneux à silto-argileux	Texture	21	12	13	22	
	normalement perméable	Régime en eau				C	23
	modérément profond	Profondeur utile	55cm		3	24	
		Pente	25	55%	Forme de terrain	W	26

Fig. 28: désignation du sol

8.1 Types de sol

On réunit sous le nom de types, des sols ayant semblables origine, régime en eau, constitution et propriétés chimiques et minéralogiques. On décrit ci-après les types de sol les plus courants.

Sols percolés

- Régosol (O):** sol peu développé, en général superficiel; horizon humifère sur le matériau-mère non ou peu altéré; souvent riche en calcaire
- Fluvisol (F):** sol peu développé dans des alluvions fines
- Rendzine (R):** comme le régosol, sauf issu de roches calcaires; couche de surface à mull (souvent très épais), gris-noir, sur un matériau-mère non à peu altéré
- Sol brun calcaire (K):** sol à horizons humifère et d'altération; calcaire dès la surface
- Sol brun (B):** horizons humifère et d'altération partiellement ou complètement dépourvus de calcaire; neutre à faiblement acide, haute saturation en bases; tire son nom de sa couleur brune

- Sol brun lessivé (T):** semblable au sol brun, mis à part un déplacement d'argile du sur-sol dans le sous-sol; d'où l'existence dans le haut du profil d'un horizon de lessivage d'argile, décoloré et en-dessous d'un horizon d'enrichissement d'argile brun rougeâtre; non calcaire; neutre à acide
- Sol brun acide (E):** se différencie du sol brun par un pH plus bas ($\text{pH CaCl}_2 \leq 5$) et une moindre saturation en bases dans l'horizon B
- Podzol humo-ferrugineux (P):** sol acide à très acide; lessivage du fer et de substances humiques: d'où un horizon de lessivage, décoloré, cendreaux dans le haut du profil et en-dessous un horizon d'enrichissement de teinte rouille à brun-noir; fréquente formation d'humus brut
- Sol ocre podzologique: (Q):** comme le podzol humo-ferrugineux mais avec un horizon lessivé peu marqué; sous-sol semblable à celui du sol brun acide

Sols engorgés

- Pseudogley-sol brun (Y):** sur-sol analogue au sol brun; signes évidents d'humidité de rétention entre 40 et 60 cm de profondeur
- Pseudogley (I):** engorgement fréquent du sur-sol

Sols à nappe de fond

(y.c. les sols périodiquement inondés)

- Gley-sol brun (V):** sur-sol analogue à celui du sol brun; signes marqués d'humidité capillaire entre 40 et 60 cm
- Gley oxydé (W):** sur-sol souvent humidifié par l'humidité capillaire (taches décolorées et taches de rouille, bigarré); niveau de la nappe de fond généralement plus profond que 90 cm
- Gley réduit (G):** comme le gley oxydé, mais le niveau de la nappe de fond est généralement au-dessus de 90 cm (horizon décoloré, pâle, réduit); souvent anmoorique

- Sol d'inondation (A): sol périodiquement inondé; profil stratifié par divers dépôts successifs; degré de mouillure dépendant du niveau de la nappe de fond
- Sol semi-tourbeux (N): sol hydromorphe organique avec un sur-sol très minéralisé et/ou une couche intermédiaire minérale
- Sol tourbeux (M): sol hydromorphe organique avec très peu de composants minéraux

8.2 Sous-types

P Profil, structure du	KA sodique	G5 très fortement gleyifié
PE érodé	Fe Fer, disposition du	G6 extrêmement gleyifié
PC colluvial	FB brunifié	R Mouillure de fond, permanente
PM anthropique	FP podzologique	R1 faiblement mouillé
PA alluvial	FE enveloppes ferrugineuses	R2 mouillé
PR recouvert	FQ à grains de quartz	R3 fortement mouillé
PS sur craie lacustre	FM marmorisé	R4 très fortement mouillé
PP polygénétique	FC concrétionnaire	R5 détrempe
PL éolien	FG à taches grisées	D Drainage
PT avec intercalation tourbeuse	FR rubéfié	DD drainé
PD sous-sol très perméable	Z structure, état	M Matière organique aérobie
S Substrat, granulométries spéciales	ZS grumeleux (stable)	ML à humus brut
SL lithosolique (< 10 cm profondeur)	ZM en mottes	MF à moder
SR sur roche (10 - 60 cm profondeur)	ZA à recouvrements argileux	MP pauvre en humus
SC crevasse	ZV vertisolique	MM à mull
SK karstique	ZL labile	MH à matières humiques
SB à blocs	ZP pélosolique	O Matière organique, hydromorphe
SG pséphitique (extr. graveleux)	C compaction, cohérence	OM anmoorique
SS psammitique (extr. sableux)	C1 lâche	OS sapro-organique
SA pélitique (extr. fin)	C2 comprimé	OA paratourbeux
E Acidité, degré (pH CaCl₂)	C3 compacté	OF (tourbeux) superficiel
E0 alcalin > 6,7	C4 induré	OP (tourbeux) profond
E1 neutre 6,2 - 6,7	I Mouillure de rétention	T Caractère typé
E2 faiblement acide 5,1 - 6,1	I1 faiblement pseudogleyifié	T1 peu typé
E3 acide 4,3 - 5,0	I2 pseudogleyifié	T2 typé
E4 très acide 3,3 - 4,2	I3 fortement pseudogleyifié	T3 dégradé
E5 extrêmement acide < 3,3	I4 très fortement pseudogleyifié	H Horizon, forme
K Teneur en carbonates	G Mouillure de fond, variable	HD diffus
KP partiellement calcaire	G1 humide en profondeur	HA nettement délimité
KC calcaire	G2 faiblement gleyifié	HI à horizons irréguliers
KR riche en calcaire	G3 gleyifié	HB biologiquement mélangé
KE à efflorescences calcaires	G4 fortement gleyifié	HT défoncé
KT à tuf calcaire		

Tabl. 21: sous-types (description complète voir FAP, 1992a)

Les sous-types servent à préciser les types et à faire ressortir certaines propriétés du sol (tabl. 21). Les désignations des sous-types portent surtout sur le régime en eau (pour autant qu'il ne détermine pas déjà le type), la réaction, la structure, la structure du profil de même que la nature et le taux de la matière organique. Un même type de sol peut contenir plusieurs sous-types de sol.

8.3 Régime en eau / Profondeur utile

8.3.1 Genre et degré de mouillure

On appelle mouillure l'invasion du sol par l'eau de fond venant du bas (all. Grundwasser) ou latéralement, en situation de pente (all. Hangwasser) dans les deux cas la mouillure étant d'origine "étrangère" au profil (all. Fremdnässe). La mouillure générée par la rétention de l'eau de pluie retenue dans le profil par une perméabilité ralentie (all. Staunässe) est a contrario d'origine "indigène". Dans tous les cas, la saturation hydrique du sol accompagnée de carence en air, peut être un inconvénient pour la croissance des plantes comme pour le travail agricole (viabilité, portance, travail du sol). Par ailleurs, genre et degré de mouillure sont les critères cardinaux de la classification des sols (FAP 1992a). D'où l'importance de les déterminer avec précision lors de l'examen du profil. On s'appuie pour cela principalement sur les signes hydromorphiques des horizons, le relief topographique et (selon les cas) sur les plantes indicatrices.

Mouillure par l'eau de fond et inondations

L'eau de fond sature le sol (le plus souvent dans le sous-sol); sa limite supérieure peut être permanente ou temporaire. Le niveau de la nappe de fond peut être mesuré dans la fosse d'examen ou dans les traces de carottage. Il faut à cette occasion prendre le niveau moyen; ce dernier se trouve le plus souvent dans l'horizon B_{gg}. Mais il faut savoir que les signes hydromorphiques ne sont pas toujours bien visibles dans les sols (p.ex. dans les sols tourbeux). Leur interprétation est par ailleurs difficile dans les sols drainés où n'existe plus de relation entre la morphologie hydrique et le niveau actuel de la nappe de fond. Des mesures répétées de la profondeur de l'eau de fond sont alors nécessaires (ou peut éventuellement aussi rechercher des informations dans les plantes indicatrices).

Mouillure par l'eau de rétention

Ici, l'eau de pluie percolant verticalement dans le profil, est retenue momentanément par une couche peu perméable du sol, sans pouvoir s'écouler latéralement. Le degré de mouillure dépend du régime pluviométrique, de la perméabilité et de la profondeur de la couche freinante ainsi que de la consommation hydrique de la végétation. Ces facteurs conditionnent la hauteur d'imbibition et la durée du séjour de l'eau de rétention. L'alternance assèchement / mouillure est caractéristique des sols engorgés. Si la phase sèche domine

durant la période de végétation on dit alternativement sec, dans le cas contraire alternativement mouillé.

Remarque:

La distinction entre les deux types de mouillure n'est pas toujours facile, car ils peuvent coexister dans un même sol. Ainsi des gleys argileux, compacts sont des formes intermédiaires entre les gleys et les pseudogleys; et des pseudogleys à longue phase humide passent à des gleys. Les sols mouillés par l'eau de pente doivent être classés en gleys. En simplifiant on peut dire que les gleys sont des sols de bas-fond avec une mouillure permanente du sous-sol, alors que les pseudogleys sont des sols de plateau avec une mouillure temporaire.

8.3.2 Catégories de régime en eau des sols

On distingue en général trois classes de régime en eau des sols:

- sols percolés
- sols engorgés
- sols à nappe de fond (y.c. les sols périodiquement inondés)

La distinction entre ces classes repose essentiellement sur la présence, la profondeur et l'intensité des signes d'humidité dans le profil.

SOLS PERCOLÉS

L'eau de pluie qui n'est pas stockée dans le sol percole (pratiquement) sans obstacles. Ces sols n'ont pas ou que très peu de mouillure de fond ou de rétention.

Il peut exister un déplacement de matière de haut en bas.

Types fréquents: sol brun, sol brun lessivé, sol brun acide, sol brun calcaire, régosol, rendzine, fluvisol.

La classe des sols percolés est à son tour subdivisée en trois groupes:

- sols normalement perméables
- sols à drainage ralenti
- sols à humidité capillaire

Sols normalement perméables

L'eau excédentaire peut, grâce à la bonne perméabilité, s'écouler régulièrement dans le sous-sol. Ces sols sont bien aérés. Il n'y a pas, sinon de très faibles signes de mouillure de rétention (sous-type **faiblement pseudogleyifié**) ou de fond (sous-types à **humidité de fond, faiblement gleyifié**).

Les subdivisions se font selon la profondeur utile, facteur important pour les capacités de rétention en eau et en substances nutritives (v. 8.3.3).

- a très profond
- b profond
- c modérément profond
- d assez superficiel
- e superficiel

Sols à drainage ralenti

Le sous-sol, dans son entier ou certaines de ses parties, généralement dans la zone d'enracinement inférieure, a une perméabilité ralentie (compaction, structure défavorable, taux d'argile élevé, etc.), qui conduit à une saturation périodique par l'eau de percolation et à son corrolaire, un manque d'oxygène. Ces sols sont dits **pseudogleyifiés**.

- f profond
- g modérément profond
- h assez superficiel
- i superficiel

Sols à humidité capillaire

Des venues ou la présence d'eau de fond amène une infiltration capillaire temporaire dans le sous-sol et dans la zone inférieure d'enracinement. On parle de sols **gleyifiés**.

- k profond
- l modérément profond
- m assez superficiel
- n superficiel

SOLS ENGORGÉS

L'influence de l'eau de rétention est dominante dans ces sols.

La perméabilité est sensiblement réduite par un forte compaction, une structure défavorable, un taux d'argile élevé ou une solution de continuité dans le matériau géologique.

Ces sols restent mouillés après de fortes pluies.

Les traces de mouillure et les taches de gley (horizon gg) sont au-dessus de 60 cm (sous-types **fortement pseudogleyifiés, très fortement pseudogleyifiés**).

Le gros de l'eau de pluie excédentaire ruisselle superficiellement. Des écoulements latéraux à l'intérieur du volume peu perméable ne sont guère possibles.

De profondes fentes de retrait et de dessiccation se développent durant les périodes de sécheresse dans les matériaux de départ argilo-marneux qui donnent naissance à des structures prismatiques grossières.

Types de sol fréquents: pseudogley-sol brun et pseudogley.

Sols rarement engorgés en surface

La mouillure n'affecte que le sous-sol. Le sur-sol est semblable à celui des sols percolés; il n'y a pas traces de mouillure.

- o modérément profond à profond
- p assez superficiel

Sols fréquemment engorgés en surface

Les traces de mouillure existent dans le sur-sol (symbole d'horizon Ahg ou Ahgg).

- q assez superficiel
- r superficiel

SOLS À NAPPE DE FOND

L'influence de l'eau de fond est prédominante dans ces sols.

Cette influence est l'expression d'une saturation hydrique périodique à permanente dans le sous-sol jusque dans le sur-sol.

L'absence d'air dans les secteurs périodiquement drainés conduit à la formation d'horizons très rouillés (zone d'oxydation); la saturation permanente des pores provoque le développement d'horizons gris pâle (zone de réduction). Ces sols ont souvent des humus de type anmoor.

La limite supérieure respectivement des signes de mouillure et des taches de gley (symbole d'horizon gg) se situe à moins de 60 cm de profondeur (sous-types: **fortement gleyifié à détrempé**).

Les sols **périodiquement inondés** ("Aueböden") sont également mis dans cette classe, car ils sont en même temps sous l'influence de l'eau de fond.

Types fréquents: gley-sol brun, gley oxydé, gley réduit, sol semi-tourbeux, sol tourbeux, sol d'inondation.

La classe des sols à nappe de fond est subdivisée selon la mouillure du sur-sol en quatre groupes (on distingue en plus entre les sols minéraux et organiques):

Sols rarement mouillés en surface

La mouillure se limite au sous-sol. Le sur-sol est semblable à celui des sols normalement perméables; il n'y a pas de signes de mouillure.

- s profond
- t modérément profond
- u assez superficiel

Sols souvent mouillés en surface

Le sur-sol est souvent saturé et montre de faibles signes de mouillure (symbole d'horizon Ahg).

- v modérément profond
- w assez superficiel à superficiel

Sols généralement mouillés en surface

Seuls les pores grossiers échappent à la saturation. Une partie des pores moyens se vide en période sèche. Cet état s'exprime par des signes marqués de mouillure (symbole d'horizon Ahgg).

- x assez superficiel
- y superficiel

Sols détrempés en permanence

Le sur-sol est saturé tout l'année. Seuls les pores grossiers sont très momentanément drainés. Les restes de plantes sont à peine détruits (symboles d'horizon Agg, Ar, T).

- z très superficiel

8.3.3 Profondeur utile et capacité de rétention en eau facilement disponible

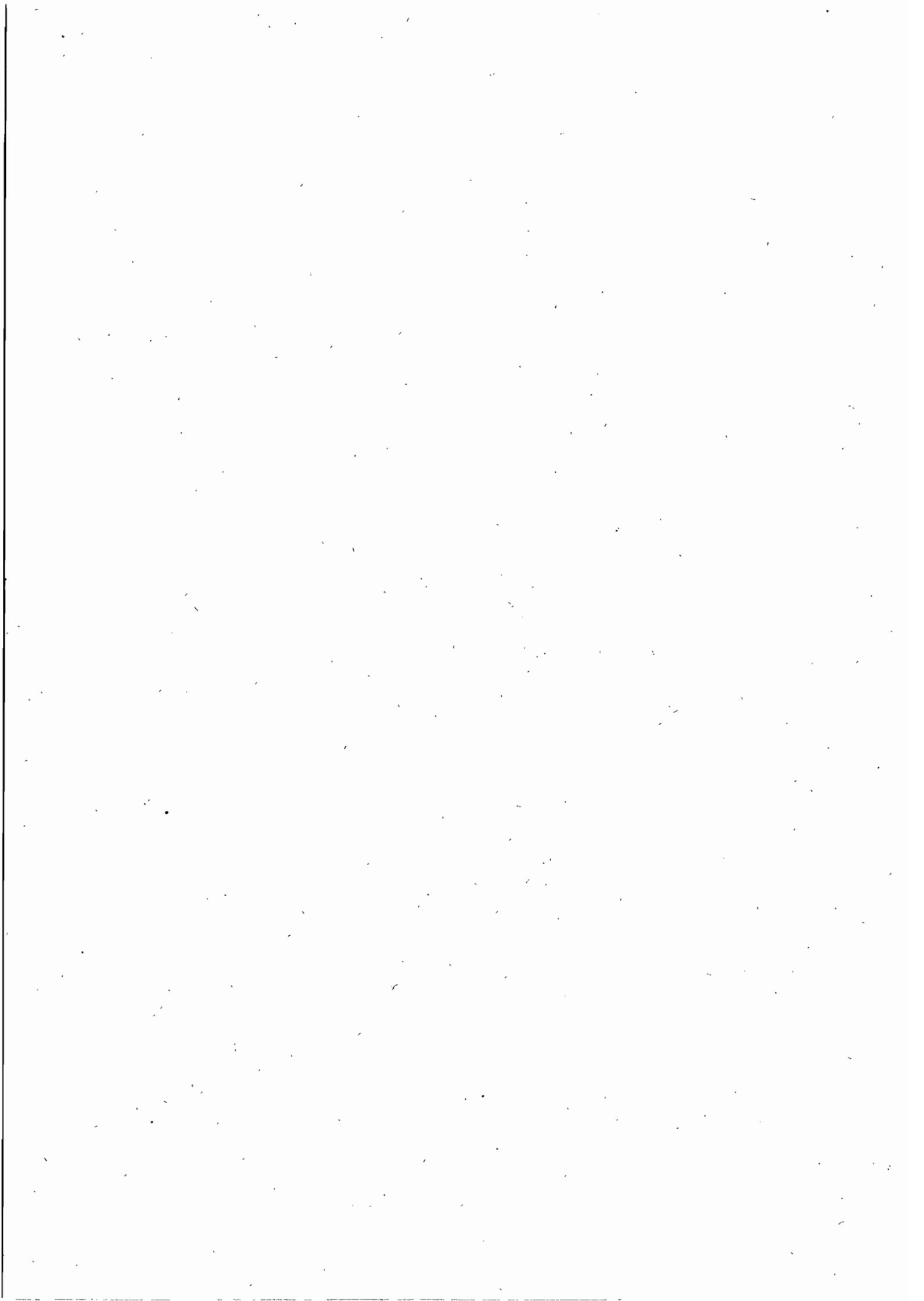
La capacité de rétention en eau du sol est de la plus grande importance pour la production agricole et sylvicole. Tout spécialement l'eau facilement disponible (0.1 - 1.0 de tension) est une grandeur importante des sols normalement perméables. La profondeur du sol utilisable pour les plantes donne une mesure approchée de la capacité de rétention en eau facilement disponible. On entend par profondeur utilisable l'épaisseur du volume d'enracinement. On obtient ce dernier en déduisant de la profondeur atteinte par les racines les parties stériles (pierres, zones compactées ou perpétuellement saturées). La capacité de rétention est approximativement proportionnelle (facteur 0.1) à la profondeur utile. Un sol profond par exemple (70 - 100 cm) a une capacité de rétention en eau facilement disponible d'environ 70 - 100 mm ou 70 - 100 l/m².

Profondeur utile			Capacité de rétention en eau facilement disponible de sols à texture moyenne							
	Abré- viation	cm		Abré- viation	mm ou litres/m ²					
0	extrêmement profond	ep	>	150	0 extrêm. grand	eg	>	150		
1	très profond	tp	100	-	150	1 très grand	tg	100	-	150
2	profond	p	70	-	100	2 grand	g	70	-	100
3	modérément profond	mp	50	-	70	3 moyen	m	50	-	70
4	assez superficiel	as	30	-	50	4 petit	p	30	-	50
5	superficiel	s	10	-	30	5 très petit	tp	10	-	30
6	très superficiel	ts	<	10		6 extrêm. petit	ep	<	10	

Tabl. 22: profondeur utile et capacité de rétention en eau facilement disponible

PARTIE III APPLICATIONS ET INTERPRÉTATIONS





9 Applications et interprétations de la carte des sols en sylviculture

9.1 Marche à suivre dans l'interprétation des cartes des sols

- **Recherche sur la carte des sols des plages à interpréter**
- **Première interprétation selon les couleurs (légende abrégée)**

Il est possible dans un premier temps d'effectuer une interprétation (grossière) de l'aptitude sylvicole des sols (tabl. 23) d'après les teintes de la carte qui expriment le régime en eau et la profondeur utile. Le régime en eau influence de manière décisive le choix des essences ou la viabilité du terrain.

- **Interprétation affinée selon le code (légende détaillée)**

La **légende détaillée doit toujours être consultée** pour des interprétations affinées. Il s'y trouve toutes les données sur les propriétés des sols relevées, p.ex. la texture et le pH, ainsi que l'indication des éventuels **profils-standart**. Les propriétés décrites peuvent dès lors être extraites en fonction des problèmes à résoudre.

- **Intégration des autres facteurs stationnels**

Beaucoup d'interprétations ne peuvent se faire à partir des seules propriétés du sol, mais doivent prendre en compte d'autres facteurs stationnels comme le climat, la végétation et le relief. C'est pour cela que les cartes des sols (avant tout le 1:25'000) contiennent des données à leur sujet.

Le facteur stationnel le plus limitant pour la croissance des plantes conditionne l'aptitude sylvicole.

Régime en eau, profondeur utile		Sylviculture			
		Capacité de production	Choix des essences	Viabilité	
Sols percolés					
a [1-49]	normalement perméables	très profonds profonds modérément profonds assez superficiels superficiels	*****	ΔΔΔΔ	XXXX
b [50-99]			****	ΔΔΔΔ	XXXX
c [100-199]			***	ΔΔΔ	XXXX
d			**	ΔΔΔ	XXXX
e			*	ΔΔ	XXXX
Sols à drainage ralenti					
f [200-249]	à drainage ralenti	profonds modérément profonds assez superficiels superficiels	*****	ΔΔΔ	XXX
g			****	ΔΔ	XXX
h [250-299]			***	ΔΔ	XXX
i			**	Δ	XXX
Sols à humidité capillaire					
k [300-349]	à humidité capillaire	profonds modérément profonds assez superficiels superficiels	*****	ΔΔΔ	XXXX
l			****	ΔΔ	XXX
m [350-399]			***	ΔΔ	XXX
n			**	Δ	XX
Sols engorgés					
o [400-449]	rarement engorgés en surface	modérément profonds, prof. assez superficiels	****	ΔΔ	XXX
q [450-499]	souvent engorgés en surface	assez superficiels superficiels	***	Δ	XX
r			**	Δ	XX
Sols à nappe de fond					
rarement mouillés en surface					
s [500-549]	minéraux / organiques	profonds modérément profonds assez superficiels	*****/**	ΔΔ/ΔΔ	XXX/XX
t [550-599]			****/*	ΔΔ/ΔΔ	XXX/XX
u			***/*	Δ/Δ	XX/X
souvent mouillés en surface					
v [600-649]	minéraux / organiques	modérément profonds assez superficiels, superficiels	***/*	ΔΔ/Δ	XX/X
w [650-699]			**/*	Δ/Δ	X/X
généralement mouillés en surface					
x [700-749]	minéraux / organiques	assez superficiels, superficiels, très superficiels	*/*	Δ/Δ	X/O
y [750-799]			*/-	Δ/-	X/O
détrémpés en permanence					
z [800-849]	minéraux / organiques	très superficiels	-/-	-/-	O/O
[850-899]					

Légende:

Capacité de production: (estimation avec des essences adaptées à la station)

***** = excellent
 **** = très bon
 *** = bon
 ** = modérément bon
 * = faible
 - = très faible / pas de forêt

Choix des essences:

ΔΔΔΔ = très varié
 ΔΔΔ = varié
 ΔΔ = limité
 Δ = très limité
 - = extrêmement limité / pas de forêt

Viabilité: (sans égard à la pente et aux obstacles)

XXXX = bien praticable avec des tracteurs à pneus normaux
 XXX = peu praticable après périodes de pluie ou impraticable avec des tracteurs à pneus normaux
 XX = souvent (après pluies) impraticable avec des tracteurs avec pneus normaux; praticable avec pneus spéciaux
 X = praticable aux seuls tracteurs à pneus spéciaux (pneus larges)
 O = impraticable

Tabl. 23: aptitude sylvicole des sols sur la base du régime en eau et de la profondeur utile (première interprétation sur la base des teintes de la carte); extrait du verso de la carte au 1:25'000

9.2 Domaines d'application

La carte des sols, par ses données de base sur les stations, est une aide indispensable pour répondre à diverses questions de la planification forestière.

- En sylviculture il s'agit prioritairement de l'interprétation en vue du **choix des essences** et du développement de la **croissance des arbres**. Les données de la carte des sols permettent de tirer des conclusions sur la stabilité du peuplement et (v. 9.5).

Informations nécessaires de la carte des sols:

- régime en eau, profondeur utile (zone d'enracinement), degré d'acidité, forme d'humus

- Des données sur les sols peuvent être combinées à des chiffres de rendement forestier pour les plans d'exploitation, autrement dit lors de plans d'aménagement. Ainsi la création de **types de station**, de zones de croissance et par là d'unités d'aménagement sera facilitée.

Informations nécessaires de la carte des sols:

- régime en eau, profondeur utile, capacité de production (qualité du sol), forme du terrain (modelé de la surface et inclinaison de la pente)

- La carte des sols peut former d'utiles informations lors des coupes, surtout en ce qui concerne la viabilité (v. 9.7.1). Grâce à la carte on peut juger approximativement la qualité du terrain comme **substrat** ou **matériau** pour la construction de chemins forestiers (v. 10.3).

Informations nécessaires de la carte des sols:

- régime en eau, forme d'humus (sols organiques), texture, pierrosité, forme de terrain

- Une **cote** peut être attribuée au sol en tant que facteur de production lors de remaniements forestiers (v. 9.6).

Informations nécessaires de la carte des sols:

- capacité de production

- Le contenu informatif sur les stations fait de la carte des sols un outil pour la protection de la nature et du paysage, p.ex. pour juger la **fonction protectrice** de certaines forêts ou la délimitation des réserves forestières.

Informations nécessaires de la carte des sols:

- type de sol, forme d'humus (sols organiques), régime en eau, profondeur utile, capacité de production

- On s'adresse toujours plus aux cartes des sols dans les **études d'impact** touchant à la forêt, surtout lors de projets de gravières et de dépôts, mais aussi lors de poses de conduites et de tracés de pistes de ski.

Informations nécessaires de la carte des sols:

- diverses propriétés du sol, capacité de production

- L'analyse des dangers naturels en altitude peut recourir aux cartes des sols, spécialement pour juger le **danger d'érosion** et d'éboulement

Informations nécessaires de la carte des sols:

- régime en eau, profondeur utile, texture, pierrosité

9.3 Carte du sol et station

L'économie forestière suisse s'efforce d'exploiter de manière durable le "potentiel de production" donné par la nature tout en maintenant de façon optimale la fonction de protection et de récréation de la forêt; elle suit en cela comme premier principe celui de l'exploitation proche de la nature (EAFV, 1988a). Les conditions pour réaliser ce but sont la connaissance des données écologiques, autrement dit sur la station.

9.3.1 Station et facteurs stationnels

On entend par station l'ensemble des conditions environnementales agissant sur les arbres de la forêt. La saisie de ces conditions est le but de la cartographie des stations sylvicoles qui est aujourd'hui l'outil indispensable de la planification forestière. La saisie des facteurs stationnels observés, climat, végétation, sol et relief donne une image optimale de la station (ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG, 1980). La végétation en conditions idéales, c'est à dire tout à fait naturelles, traduit comme facteur unique, toutes les conditions de l'environnement.

9.3.2 Méthodes de la cartographie stationnelle

Les résultats d'une étude méthodologique comparative internationale menée sur le Moyen-Pays suisse ont été publiés en 1967 (ELLENBERG, 1967). Une **méthode combinée** a été alors jugée comme le meilleur processus, méthode consistant à former des **groupes de formes stationnelles** en rassemblant des types de végétation des formes de sol et autres propriétés stationnelles. L'avantage d'une telle méthode est que lorsqu'un facteur tombe (p.ex. la végétation dans un chablis d'épicéas dense) les autres facteurs permettent encore un jugement et une attribution à un type stationnel.

Diverses méthodes se sont imposées en cartographie des stations forestières de l'espace germanophone, certaines mettant l'accent sur la végétation, d'autres sur le sol ou le substrat; mais la plupart sont des procédés combinés.

En Suisse le poids est donné sur la cartographie de la végétation avec toutefois, dans la plupart des cas, un examen des sols par profils, reliant ainsi les données de la végétation à celles du sol.

9.3.3 La carte des sols comme moyen de la cartographie stationnelle

La carte des sols dans le cadre de la cartographie stationnelle peut prendre différents sens: des associations forestières au spectre écologique large peuvent être appréhendées de façon plus serrée ou sous-différenciées plus finement (p.ex. en deux secteurs de pH ou perméabilités normale et réduite). En cas d'incertitude sur la végétation (jeunes pousses, surfaces artificielles, pessière dense), la combinaison des données du sol et de la végétation permet malgré tout de déterminer l'association forestière. Les profils-standard décrits dans les rapports sont à cet égard importants surtout lorsqu'ils sont combinés à des relevés de végétation.

Les cartes des sols peuvent par ailleurs, avec des cartes de la végétation, être utilisées pour la création de **types de station** ou encore en forêts de rente pour celle du peuplement visé (fig. 29).

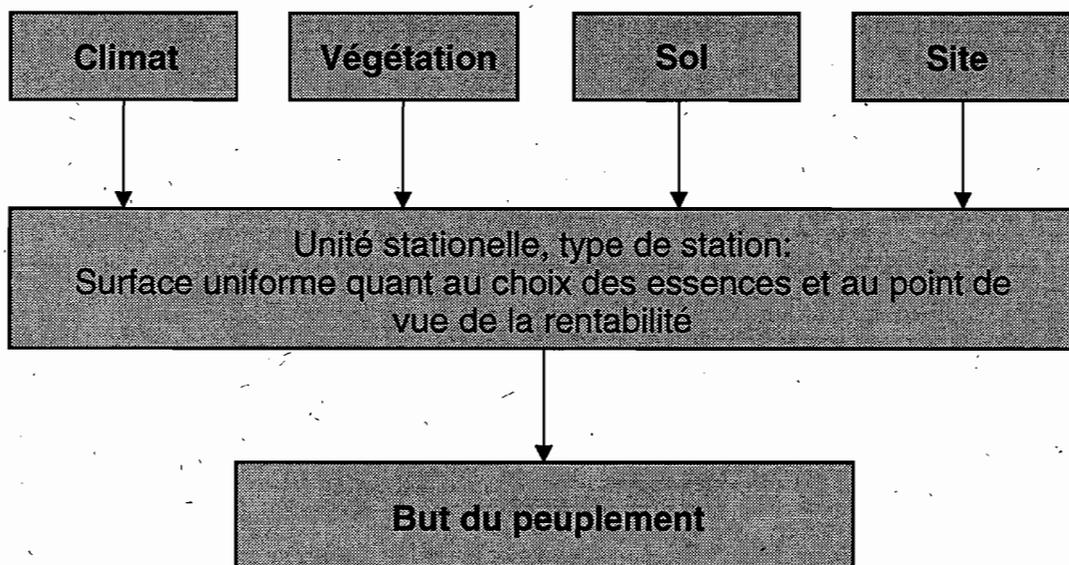


Fig. 29: facteurs stationnels et type de station.

Mais une carte des sols peut être elle-même interprétée comme une carte des stations. Des sols aux propriétés analogues peuvent être ainsi rassemblés en unités d'aptitude des sols. Celles-ci, à l'instar des associations forestières, peuvent, avec des données sur le régime en eau/profondeur ainsi que le pH, être représentées dans un **écogramme**. Des types stationnels propres (unités d'aptitude forestière) peuvent aussi être décrites en tenant compte de la capacité de production du sol et des exigences stationnelles des espèces d'arbres (v. 10.1).

9.4 La capacité de production

On tire des cartes des sols à travers la capacité de production, des données sur la production de bois. On entend par capacité de production le cubage (et la valeur) possible d'un peuplement adapté à la station déterminé par le facteur-sol. La capacité de production reflète la **qualité du sol**. Comme il n'est normalement pas procédé à des relevés de rendement lors de projets de cartographie forestière, les avis sur la qualité du sol ou sa capacité de production reposent sur les seules propriétés pédologiques d'une station. Lors de telles interprétations, on s'appuie sur des mesures d hauteurs d'arbres et des estimations aux profils de sol.

La capacité de production ou qualité du sol joue un rôle dans divers domaines, comme l'estimation des parcelles lors de remaniements forestiers, la formation des types stationnels ou encore pour constater l'état du sol d'origine avant la mise en place de gravières ou de dépôts.

Lors de cartographies de détail, chaque sol figurant dans la légende, c'est à dire chaque unité de sol est jugé spécialement puis placé dans l'échelle des capacités de production; en cartographie en 1:25'000 une capacité de production est attribuée forfaitairement à chaque classe de régime en eau/profondeur (v. tabl. 23).

Le paragraphe 9.6 va plus avant dans la détermination de la qualité du sol (estimation des sols forestiers).

9.4.1 Niveau de capacité de production

On en distingue 6 (tabl. 24).

Niveau	Capacité de production	Appréciation
I	excellent	meilleures stations forestières
II	très bon	très bonnes stations forestières
III	bon	bonnes stations forestières
IV	assez bon	stations forestières moyennes
V	médiocre	stations forestières sans fonction de production
VI	très faible	stations à peine propres à la forêt

Tabl. 24: niveaux de capacité de production

I excellent

Ces sols majoritairement très profonds (avec une très grande capacité de rétention en eau) appartiennent aux meilleures stations forestières.

En cas de perméabilité non contrariée, la profondeur des sols doit être très grande (> 100 cm). Elle doit être au moins de 70 cm dans les sols à perméabilité ralentie ou à humidité capillaire.

Les sols sont polyvalents. Toutes les essences indigènes à leurs régions respectives sont de la meilleure qualité et fournissent une croissance maximale.

II très bon

Ces sols sont principalement profonds avec une profondeur utile de 70 - 100 cm. Ce sont des stations forestières très bonnes à bonnes.

Les sols, normalement perméables, profonds, sont polyvalents. Toutes les essences indigènes sont de bonne qualité et fournissent une très bonne croissance.

On range également dans ce niveau les sols profonds à modérément profonds à perméabilité ralentie ou à humidité capillaire de même que ceux à nappe de fond rarement mouillés en surface, profonds à modérément profonds, pour autant qu'ils aient une couche de surface brunifiée. Le choix des essences est limité. Les espèces adaptées à la station sont de bonne qualité et de très bonne croissance.

III bon

Les sols modérément profonds (50 - 70 cm), normalement perméables avec une capacité de rétention en eau moyenne assurent une bonne croissance à la plupart des espèces indigènes.

Le choix des essences est limité si les sols sont modérément profonds à assez superficiels, à drainage ralenti ou à humidité capillaire. Les arbres adaptés ont une bonne croissance.

Le choix des espèces se limite fortement sur les sols à nappe de fond modérément profonds à assez superficiels rarement à souvent mouillés en surface. Seules, quelques espèces y garantissent une bonne croissance et un matériau de qualité.

IV assez bon

La plupart de ces sols sont assez superficiels (30 - 50 cm). Leur capacité de production est, quantitativement ou qualitativement, nettement réduite.

Seules, quelques espèces d'arbres assurent une croissance modérée sur ces sols assez superficiels, normalement perméables, à drainage ralenti ou à humidité capillaire, alors que d'autres espèces n'y croissent que médiocrement.

Le choix des espèces sur les sols à nappe de fond superficiels (rarement, souvent ou généralement mouillés en surface) est encore plus réduit que dans le niveau III. Les espèces d'arbres adaptées à la station y ont une croissance assez bonne à médiocre.

V médiocre

On place à ce niveau les stations forestières sans fonction de production.

Il s'agit de sols superficiels (10 - 30 cm), normalement perméables ainsi qu'à drainage ralenti et à humidité capillaire. Médiocre croissance de quelques espèces. Idem pour les sols à nappe de fond superficiels qui sont souvent à généralement saturés en surface. Il s'agit souvent là de précieuses réserves naturelles.

VI très faible

Ces stations sont à peine forestières. Au mieux des buissons ou arbustes avec quelques arbres.

A ce niveau se trouvent les sols très superficiels, normalement perméables ainsi que ceux détrempés en permanence. La profondeur utile est inférieure à 10 cm.

9.5 Carte des sols et sylviculture

La recherche de peuplements stables, naturels de même que le souci de maintenir la fertilité du sol exige une sylviculture adaptée au milieu. Grâce à la carte des sols, on peut tenir compte des exigences des diverses espèces d'arbres quant aux propriétés du sol, c'est à dire qu'on peut mieux juger la croissance et obtenir plus sûrement le peuplement choisi. Il est aussi possible de mieux répondre aux questions de révolution et de durée de rajeunissement.

Des données sur le degré d'acidité et la forme d'humus servent aux mesures d'entretien du sol, p.ex. au soin du peuplement annexe.

9.5.1 Propriétés du sol et choix des essences

Le jugement sur la fourniture en eau du sol, sur son économie en eau et air de même que sur son volume d'enracinement ou profondeur utile est particulièrement important pour le choix des essences. **L'économie en eau du sol** (absorption, stockage et restitution de l'eau) détermine, à côté du climat, la quantité d'eau mise à la disposition des plantes pour leur croissance. Le régime en eau est influencé de façon décisive par la constitution du sol (perméable, à drainage ralenti, etc.). Un volume d'enracinement suffisant est extrêmement important pour les puissantes racines des populations forestières tant pour la recherche de l'eau et des substances nutritives, que pour l'ancrage.

La transformation des substances nutritives de l'écosystème forestier se trouve, en comparaison de l'agriculture actuelle, à un niveau très inférieur; mais la tolérance de beaucoup d'espèces d'arbres en matière d'offre de substances nutritives est très grande. Il importe simplement qu'il n'y ait pas de carence en éléments nutritifs essentiels et en traces.

Le fait qu'il existe divers développements **racinaires** des arbres indigènes montre à lui seul la variété des exigences vis à vis des propriétés du sol en ce qui concerne l'économie en eau mais aussi en ce qui touche la texture ou la compacité (KÖSTLER, BRÜCKNER, BIBELRIETHER, 1968). Les espèces à racines pivotantes peuvent p.ex. mieux s'installer sur des sols lourds et argileux ou encore compactés et mal perméables que celles à racines traçantes et de marcottes qui, sur de tels sols, ont de la peine à s'ancrer. Des espèces peu exigeantes ont souvent des racines particulièrement bien développées et n'ont en partie qu'apparemment un besoin réduit en substances nutritives et en eau, alors que des espèces exigeantes montrent en partie des racines moins bien formées.

Comme la légende et la coloration des cartes des sols sont choisies selon les critères économie en eau et profondeur utile, ces cartes peuvent être utilisées directement pour le choix des espèces. Il faut toutefois remarquer que les niveaux économie en eau/profondeur utile doivent être interprétés différemment selon la zone climatique. C'est ainsi qu'un sol

Seul, un petit nombre d'espèces convient au peuplement de sols engorgés souvent mouillés en surface. En importance se sont avant tout les espèces à enracinement profond, le chêne pédonculé, le sapin, le tilleuil d'hiver, le charme. Le frêne convient aux pseudogleys eutrophes, le pin aux oligotrophes. Mais il importe, en plus du bon choix des espèces, de maintenir un peuplement durable.

Le choix des espèces sur les sols à nappe de fond est plus ou moins fortement limité par le degré de mouillure (chêne pédonculé, frêne, aulne noir). L'épaisseur aérée du sol joue ici un grand rôle.

9.5.2 Début et durée de rajeunissement

Selon les tables de production, l'échéance du rajeunissement d'un peuplement idéal est fixé au moment de la culmination de la production totale en valeur.

Lors de la fixation de l'échéance du rajeunissement, il s'agit aussi de tenir compte de la persistance, de l'état de santé, de la stabilité ou des conditions de récolte de bois.

En ce qui concerne principalement l'estimation des risques sur la **stabilité du peuplement** (p.ex. risque de volés), d'importantes informations peuvent être tirées de la carte des sols. C'est ainsi que la plupart des peuplements, à partir d'un certain âge, sont menacés par le renversement dû au vent lorsque leur développement radiculaire est, pour une raison quelconque, limité (substrat rocheux, couches compactées, mouillures). Un déséquilibre entre les volumes de la couronne et des racines peut se produire au cours du temps qui, surtout sur les sols profondément développés (bien pourvus en eau), mais aussi sur d'autres stations où l'enracinement est limité, conduit à un risque accru de renversement par le vent. Il peut arriver pour cette même raison que des peuplements adaptés au milieu, surtout sur des sols pseudogleyifiés ou pseudogleys, doivent être plus rapidement rajeunis que leurs équivalents sans contraintes sur les racines (même association phytosociologique possible).

L'arrivée de l'âge critique est souvent signalée par le renversement d'arbres isolés par le vent. Il convient dans de telles stations pour des raisons économiques de raccourcir le plus possible la durée de rajeunissement. Il n'est pas recommandé de laisser trop vieillir le peuplement.

9.6 L'estimation des sols forestiers

La saisie la plus objective d'une valeur de sol présente toujours un intérêt lorsqu'il s'agit de fixer une valeur obligatoire d'échange ou vénale. Une méthode à cet égard a été développée et appliquée dans divers remaniements forestiers du Moyen-Pays suisse: la qualité du sol y est déterminée par le jugement et la pondération de ses propriétés, et exprimée en points.

9.6.1 Cote du sol et niveaux de capacité de production

Il est important de définir une échelle de ponctuation pour l'estimation des sols. Celle-ci est de 100 points par analogie à l'estimation des sols agricoles. On y distingue 6 niveaux de capacité de production (v. 9.4.1).

Dans un souci de simplification, on n'utilise pas toute l'échelle de 1-100 pour l'estimation détaillée des profils. Les niveaux de capacité de production I à V sont simplement subdivisés en trois domaines, supérieur, moyen et inférieur. Cela donne en tout 16 valeurs différentes (tabl. 25).

Niveau de capacité de production	Points	Cotes utilisées		
		Domaine inférieur	Domaine moyen	Domaine supérieur
I	92 - 100	94	98	100
II	80 - 91	82	86	90
III	60 - 79	64	70	76
IV	30 - 59	35	45	55
V	10 - 29	15	20	26
VI	jusqu'à 9	5 points		

Tabl. 25: cotes utilisées

Remarque:

Il faut rappeler que le concept de capacité de production se réfère au facteur stationnel sol. Il convient dès lors, pour l'estimation de la valeur d'échange dans les remaniements forestiers, de tenir compte des différences d'exposition et de les intégrer dans la définition de la capacité de production (v. 9.6.4).

9.6.2 Le déroulement de l'estimation

Le déroulement de l'estimation comprend trois étapes (fig. 31). On juge d'abord la constitution du sol, principalement le régime en eau et la profondeur, pour arriver à la valeur du profil. Celle-ci caractérise la capacité de production ou qualité du sol.

Puis on opère les éventuelles corrections dues au climat et à l'exposition: il en résulte la cote du sol ou stationnelle. D'autres corrections sont propres à la région étudiée et portent sur l'exposition de la pente, les accès, les lisières, les servitudes etc.

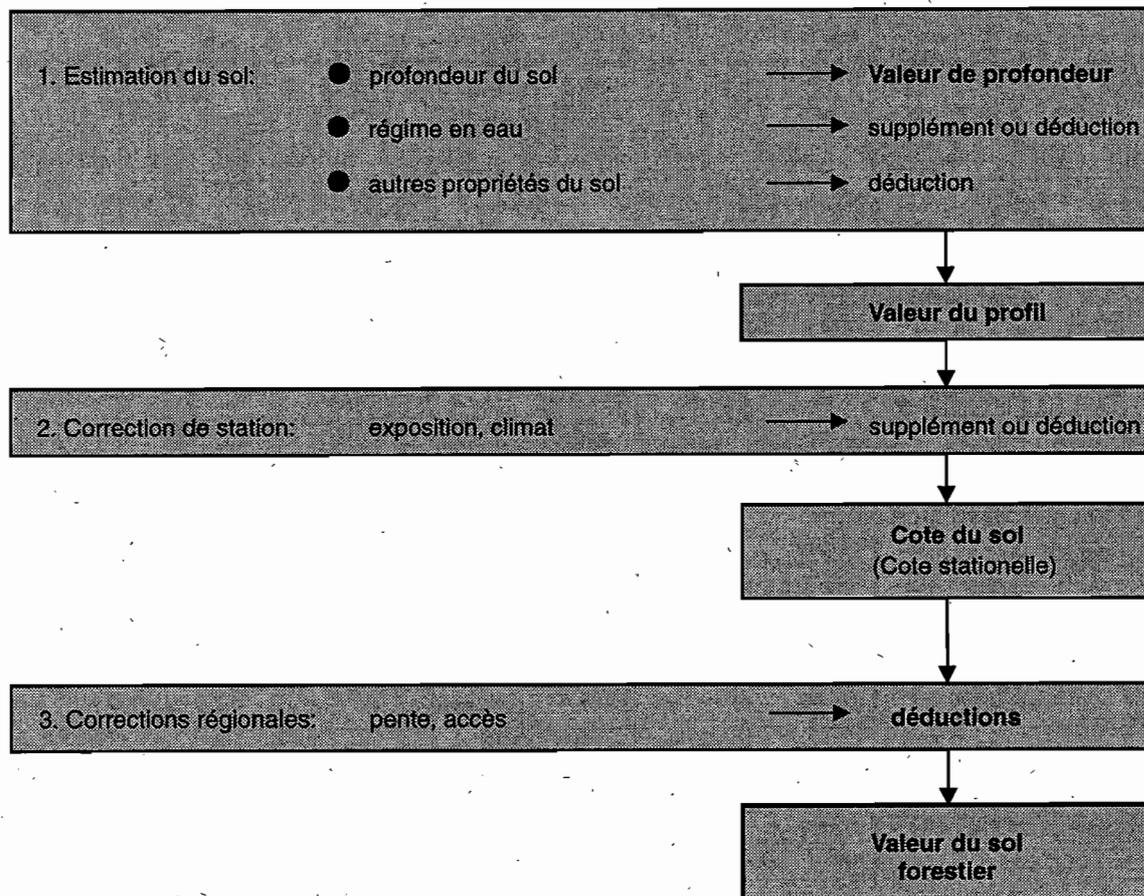


Fig. 31: représentation schématique du déroulement de l'estimation des sols forestiers

Du point de vue pédologique, c'est, plus loin, le jugement du sol qui est avant tout important pour la détermination de la valeur du profil.

9.6.3 Détermination de la valeur du profil

Des fosses sont ouvertes à des emplacements représentatifs pour l'estimation des sols; le profil et les propriétés du sol y sont relevés, les plus importantes d'entre elles étant le régime en eau et la profondeur utile. Ces emplacements à profil sont pris comme points fixes d'après lesquelles tout le périmètre est subdivisé et taxé.

• Profondeur utile

La ponctuation d'un sol débute en prenant en compte la profondeur utile. Un domaine de valeur est attribué à chaque classe de profondeur à laquelle correspond un niveau de capacité de production. Le résultat final est arrondi à une cote utilisée selon le tableau 25.

Niveau de capacité de production

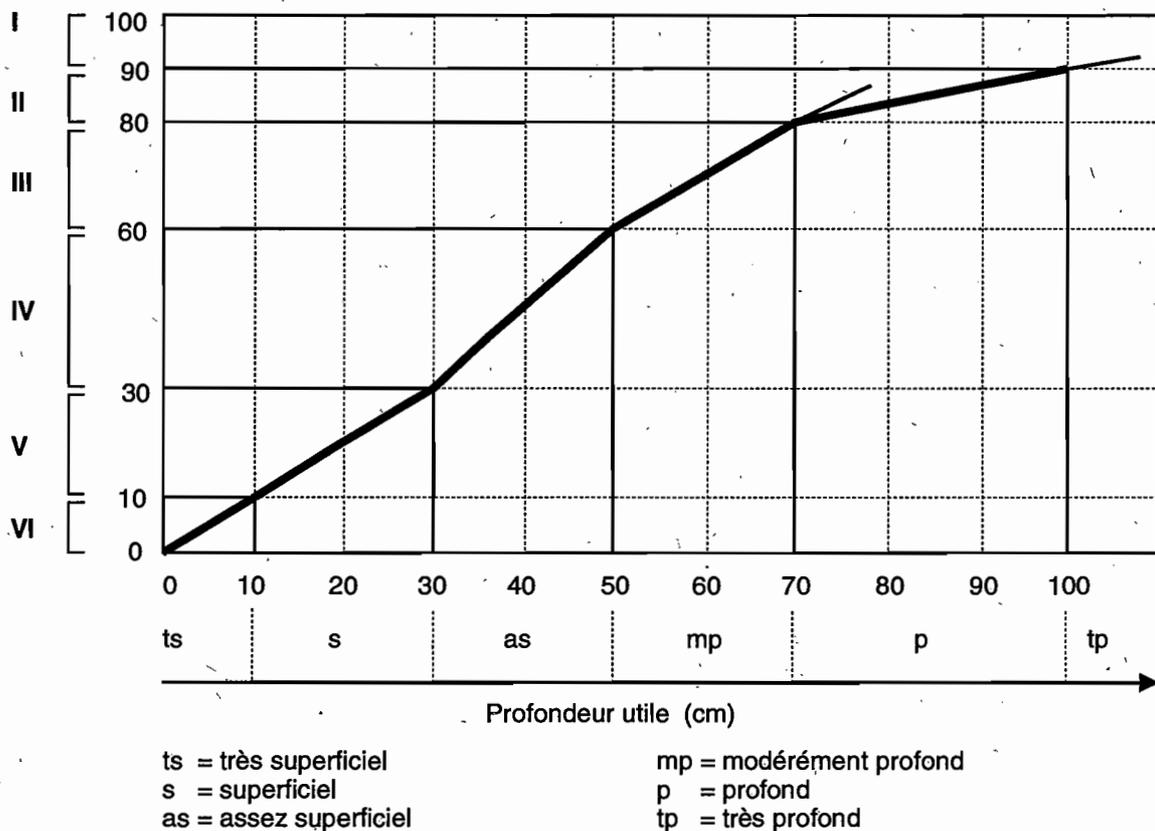


Fig. 32: relation entre la profondeur utile et le niveau de capacité de production

• Régime en eau

Un supplément ou une déduction sont effectués sur la valeur de profondeur selon le type choisi du régime en eau. Vu l'effet généralement positif d'une bonne fourniture en eau sur la croissance des arbres, une déduction n'intervient que sur les sols mouillés à très mouillés. Suppléments et déductions représentent normalement un à deux tiers du domaine des cotes utilisées.

Régime en eau	Supplément, déduction
<ul style="list-style-type: none"> • normalement perméable, I1, G1, G2 • à perméabilité ralentie; I2 • à humidité capillaire; G3 • engorgé, rarement dès la surface • engorgé, souvent dès la surface • à nappe de fond, rarement mouillé en surface • à nappe de fond, souvent mouillé en surface • à nappe de fond, généralement mouillé en surface à détrempe en permanence 	<ul style="list-style-type: none"> + 1/3 de niveau + 1/3 de niveau + 1/3 jusqu'à + 2/3 de niveau jusqu'à +1/3 de niveau jusqu'à - 1/3 de niveau + 1/3 jusqu'à + 2/3 de niveau — - 1/3 de niveau

Tabl. 26: évaluation du régime en eau

• Autres propriétés du sol

Des déductions supplémentaires peuvent être opérées en cas d'effets négatifs d'autres propriétés du sol sur la croissance des arbres:

- a) texture, structure:
- sol mal aéré
 - enracinement difficile
 - faible capacité à retenir les substances nutritives

(n'opérer de déduction que si elle n'a pas été déjà prise en compte lors du calcul de la profondeur utile)

- b) chimisme, humus:
- activité biologique visiblement restreinte par un excès de basicité ou d'acidité
 - horizon d'altération très acide ($\text{pH CaCl}_2 < 4,3$)
 - rajeunissement adapté mis en question par l'état de l'humus
- c) autres:
- p.ex. mauvais ancrage des arbres en présence de banc rocheux.

Remarque:

Suppléments et déductions peuvent être opérés au point près, mais le résultat final doit être arrondi à une des 16 cotes utilisées (tabl. 25). L'estimation doit être adaptée aux conditions régionales.

9.6.4 Corrections stationnelles

Les propriétés du sol ne sont pas les seuls facteurs limitants dans l'estimation: il peut y avoir aussi ceux dûs à la station comme le climat et l'exposition. La plupart des périmètres à estimer ne s'étendent pas sur plusieurs zones climatiques; si cela arrive, on peut abaisser le maximum des cotes-cadre pour les régions climatiques limitantes. Il arrive plus souvent qu'on doive opérer des corrections selon l'exposition qui agit principalement sur les sols peu profonds (v. 10.1, exemple de Schlatt-Hofstetten).

9.6.5 Carte des cotes des sols

Lors de l'estimation des surfaces, les cotes des sols peuvent être portées directement sur la carte des sols ou faire l'objet d'une carte spéciale. Les estimations des sols en forêt se font normalement à l'échelle du 1:5'000, mais, pour le géomètre, l'échelle doit être portée au 1:1'000, par agrandissement ou report.

9.7 Cartes des sols en ingénierie

L'appréciation des propriétés du sol dans les domaines technique de la sylviculture, de même que l'aptitude des sols comme substrat et matériau de construction se fait selon la classification de la mécanique des sols de l'USCS (Unified Soil Classification System). Ce système repose sur la granulométrie du matériau, ses propriétés plastiques et les constituants organiques. Des différences existent dans les subdivisions pédologiques: c'est le cas de la limite entre le silt et le sable qui passe de 0,06 mm en mécanique des sols à 0,05 mm en pédologie. Par ailleurs, les pourcentages d'argile et de silt se rapportent, en mécanique des sols, au poids total de la terre, avec les pierres, alors qu'en pédologie on ne prend que la terre fine (passant la maille de 2,0 mm).

Il est néanmoins tout à fait possible, par les données tirées des cartes des sols, de classer grossièrement les sols de ce système, même si la non-équivalence partielle des critères ne facilite pas la conversion "technique" des dites cartes.

9.7.1 Viabilité

La viabilité des sols joue un rôle capital dans la conception des voies de dégagement forestiers et celle de la récolte du bois. On la juge d'après les propriétés du sol (portance), la pente, les obstacles et les caractéristiques des véhicules.

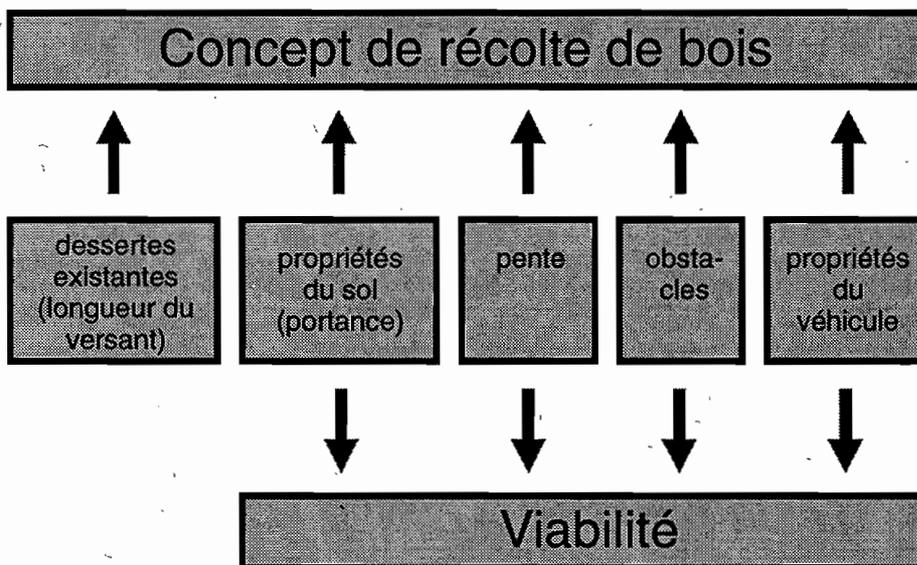


Fig. 33: facteurs influençant respectivement la viabilité et le concept de récolte de bois (simplifié)

Selon l'inventaire forestier national (EAFV, 1988b) un peu plus du quart de la surface forestière suisse a une bonne viabilité, cette part culminant à 65% dans le Moyen-Pays, et à 44% dans le Jura. On applique aujourd'hui dans ces régions le plus souvent le concept de moyen de débardage "tracteur dans le peuplement" qui a ainsi une grande importance eu égard aux quantités correspondantes de bois. Toute la surface du sol est parcourue à cette occasion (souvent dans les forêts privées, en l'absence de treuil), ou bien le bois est systématiquement remorqué sur des chemins de débardage jusqu'à la route forestière. On utilise aujourd'hui également de plus en plus d'autres procédés de récolte où les machines parcourent le terrain ou les chemins de débardage (récolteuses totales).

La résistance au cisaillement est l'indice le plus important pour juger la viabilité du sol. Cette résistance, qu'on peut aussi désigner comme portance du sol, peut être mesurée sous forme de valeur CBR (California Bearing Ratio) avec un pénétromètre. La portance du sol caractérise la stabilité de la structure qui, à côté de la texture, de la pierrosité et de la matière organique, dépend fortement de la teneur en eau.

Les cartes des sols n'informent normalement pas directement sur la portance (valeur CBR), mais celle-ci peut être déduite de la pierrosité, la texture et du régime en eau. Des recherches dans le Moyen-Pays moraino-molassique montrent que des bas-fonds avec des sols à nappe temporaire ou permanente à moins de 120 cm de profondeur ne sont que peu ou pas viables (EHRBAR, 1983). La viabilité sur des terrains classés en I1 ou G2 peut déjà

être "critique", spécialement après des pluies persistantes. Ce jugement ne porte pas sur un passage unique sur une surface, mais concerne la possibilité de circuler 50 fois sur un chemin de débardage sans mesures spéciales. Les sols mouillés à partir des régimes en eau I3, G4 (pseudogleys-sols bruns; gleys-sols bruns; pseudogleys; gleys oxydés et réduits) ne devraient plus être parcourus par des machines, à moins qu'elles ne soient équipées de pneus spéciaux. Des concepts pour des chemins de débardage sont dans ces cas sans objet.

La portance joue aussi un rôle dans la construction des **routes forestières**. Des mesures de portance du substrat sont souvent effectuées lors des projets de détail afin de déterminer des secteurs de même portance, et par là de même dimensionnement des travaux. L'existence dans ces cas là de cartes des sols peut considérablement étayer cette importante étape. (v. 10.3).

9.7.2 Compaction du sol

L'augmentation de la mécanisation en forêt conduit au fait que des machines toujours plus puissantes et lourdes circulent sur les chemins de débardage et dans les peuplements.

Une structure de sol sur laquelle agissent des forces peut développer une résistance mécanique (portance). En cas de pression trop forte, le système poreux du sol se modifie et il se produit une compaction par tassement. La compaction désigne aussi un processus qui conduit à une réduction de la capacité de la structure du sol à transporter l'air et l'eau de même qu'à une augmentation de la résistance mécanique du sol.

Les compactations du sol ont des effets sur la pédofaune, les microorganismes et même sur les plantes. Un manque d'oxygène dû à une mouillure réduite l'activité de la microflore du sol et les processus métaboliques anaérobiques se développent. Les plantes s'enracinent moins intensivement dans les couches compactées, alors qu'en plus la disponibilité de certaines substances nutritives peut se modifier dans un milieu pauvre en oxygène (WEISSKOP et al., 1988).

La compaction du sol est avant tout connue en agriculture; il faut lui accorder plus d'attention en sylviculture. Des carottages dans les ornières sous les peuplements ou dans les chemins de débardage montrent souvent dans les 10 à 20 cm supérieurs une coloration gris-bleu. Les germes ne peuvent guère s'enraciner dans ces zones compactées. Vu que le sol forestier n'est pas travaillé ni sa structure ameublie comme en agriculture, il faut compter avec un grand laps de temps pour que cette dernière s'améliore naturellement. Par ailleurs, l'effet du gel est moindre sous forêt.

La sensibilité au compactage d'un sol est influencée par sa texture, son taux d'humus, son état d'humidité de même que par les paramètres des moyens de débardage engagés.

Les sols peu humifères très silteux ou finement sableux sont les plus sensibles à la compaction. Le risque de compaction (de même que la stabilité structurale et la portance) est grandement conditionné par l'état d'humidité (teneur en eau) du sol.

L'état moyen d'humidité du sol peut être jugé sur la base des signes d'humidité des sols. Un indice du risque potentiel de compaction a été développé par WEISSIOPF (1988) en combinant les signes de présence d'eau du sol à l'influence directe du climat. Il se détermine à partir des cartes climatiques et des cartes des sols (tabl.27, 28).

Drainage ralenti ¹	Humidité capillaire ¹	----- Zones climatiques ² ----- (Période de végétation, régime d'humidité)									
		AB1	AB2	AB3	AB4	AB5	AB6	CD2	CD3	C4	
		- Indice du risque potentiel de compaction ³ -									
-	≤ G 1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	
I 1	G 2	0	0	0	1	2	0	1	1	2	
I 2	G 3	0	1	1	2	3	1	2	2	3	
I 3	≥ G 4	1	2	2	3	4	2	3	3	4	

1 Désignation adaptée de "Klassifikation der Böden der Schweiz" (FAP, 1992a; v. aussi tabl. 21)

2 Désignation selon la Carte des aptitudes climatiques de la Suisse (DFJP 1977a)

3 Interprétation selon le tableau 28

Tabl. 27: estimation du risque potentiel de compaction sur la base des signes de présence d'eau et des données climatiques (tiré de WEISSKOPF et al., 1988)

Indice	Risque de compaction	Signification pour la viabilité
0	ténu	Sols rarement longtemps mouillés; généralement viables avec un faible risque de compaction
1	faible	Sols de temps en temps longtemps mouillés; trafic rarement lié à un risque élevé de compaction
2	moyen	Sols parfois longtemps mouillés; viabilité périodiquement liée à un risque accru de compaction
3	fort	Sols assez souvent longtemps mouillés; viabilité relativement possible avec un risque accru de compaction
4	très fort	Sols généralement longtemps mouillés; viabilité généralement possible qu'avec un risque de compaction accru

Tabl. 28: Interprétation des indices pour le risque potentiel de compaction

10 Exemples d'application

10.1 Remaniement forestier de Schlatt-Hofstetten (ZH)

But

Etablissement d'une carte des cotes des sols comme instrument d'une équitable nouvelle répartition des parcelles ainsi que d'une carte des sols accompagnée de recommandations visant à une exploitation forestière adaptée aux conditions du milieu.

Région cartographiée

La région étudiée s'étage entre 530 et 880 m d'altitude, comprend 710 ha de forêts dans un paysage très découpé. Le matériau de départ géologique est la Molasse d'eau douce supérieure (marne, grès, quelques bancs de poudingue "Nagelfluh"). Les précipitations annuelles se montent à 1180 - 1320 mm, la température annuelle moyenne est de 6 à 8°C.

Déroulement du travail

Le cartographe a parcouru et reconnu le terrain, fixé les emplacements des profils, ouvert les fosses d'examen, classé les sols et leur a attribué une cote. Le choix a été déterminé non seulement par le matériau de départ et le relief, mais aussi par les rapports de propriété. Aucun profil n'a été placé sur les pentes très raides ou dans les ravins car là, la cote est déterminée exclusivement par l'inclinaison de la pente. Chaque taxe-type a été discutée avec la commission d'estimation et la valeur définitive (stationnelle) enregistrée dans le répertoire des cotes des sols. Des hauteurs dominantes ont été également mesurées lors de ce parcours, comparées aux valeurs stationnelles, auxquelles on a apporté les corrections nécessaires. Puis on a cartographié sur des plans au 1:5'000 en attribuant simultanément des cotes aux plages délimitées. Les nouveaux sols identifiés au cours de cette étape ont été à chaque fois consignés dans l'inventaire des taxes-types. Ces "nouveaux" sols ont été estimés comme les taxes-types et leurs cotes portées sur la carte de terrain et la légende de travail.

La carte des cotes des sols séparée (valeurs aux profils plus supplément ou déduction) a servi au géomètre en charge et à la commission d'estimation d'outil pour les estimations. Au cours de l'étape suivante la commission a jugé l'inclinaison de la pente, le rôle d'une lisière éventuelle, l'état des chemins et des pistes de débardage pour arriver finalement à la valeur définitive des parcelles. Pour les unités complexes souvent fréquentes dans le domaine molassique, on a indiqué sur la carte des sols le spectre des points ainsi qu'une valeur moyenne pondérée selon le pourcentage estimé des surfaces constituant le complexe; les unités complexes ont été colorées selon le sol dominant.

Résultats

• Taxes-types

73 profils de sol au total ont été aménagés, estimés et affectés d'une cote.

No du profil de sol	Description	Estimation de la profondeur	Suppl. déduction régime en eau	Déductions ¹	Valeur du profil	Corrections stationnelles	Valeur stationnelles	Capacité de production
501	SOL BRUN LESSIVÉ; très acide, à moder, peu pierreux-pierreux, limoneux/sablo-limoneux mod. profond	76		-6	70		70	III
508	SOL BRUN; faiblement acide, gleyifié, peu pierreux/ pierreux, limoneux, argilo-limoneux, profond	86	+4		90		90	II
512	RÉGOSOL; brunifié, peu pierreux, sablo-limoneux/sableux, assez superficiel	45			45	-10	35	IV
537	SOL BRUN CALCAIRE; gleyifié, colluvial, peu pierreux, argilo-limoneux, profond	86	+4		90	-4	86	II
554	GLEYSOL BRUN; colluvial, acide, non pierreux/pierreux, argilo-limoneux/limono-argileux, profond	82	+4		86		86	II

1 pour texture/structure, chimisme/humus et autres propriétés du sol

Tabl. 29: extrait de l'inventaire des cotes des sols (estimation des taxes-types) Schlatt-Hofstetten

On a opéré les corrections stationnelles suivantes:

- expositions S, SW et SE: sols profonds: déduction d' $\frac{1}{3}$ de niveau de capacité de production
sols modérément profonds à superficiels: déduction des $\frac{2}{3}$ de niveau de capacité de production
- expositions N, NW et NE: sols modérément profonds à superficiels: supplément d' $\frac{1}{3}$ de niveau de capacité de production
- sommets de bosse (situations ventées): pour tous les sols; déduction d' $\frac{1}{3}$ de niveau de capacité de production
- zones à glissements: pour tous les sols; déduction d' $\frac{1}{3}$ de niveau de capacité de production

Profil EE 573: Sol engorgé, rarement jusqu'en surface modérément profond

Situation: Langriet; alt.: 730 m, bosse aplatie, exposition S

Matériau de départ: marnes (Molasse d'eau douce supérieure)

Unité cartographique oY3: PSEUDOGLEY-SOL BRUN, neutre à faiblement acide, compact, peu pierreux, argilo-limoneux à argileux

Capacité de production: bon (III)

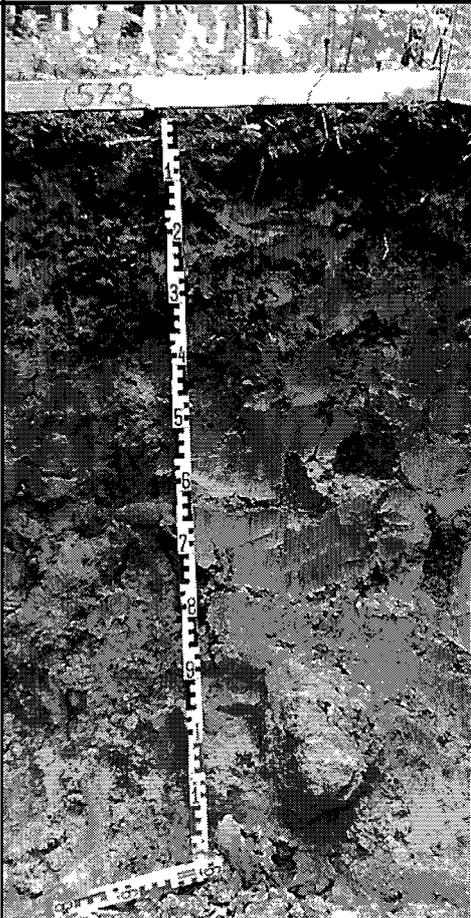
Horizon	Profil	Description				
Ol		litière				
Ah(g) 0-16cm		horizon humifère gris-jaunâtre à brun, légèrement mouillé (taches de rouille), non pierreux, structure grumeleuse moyenne à finement polyédrique, neutre				
Bg 16-43cm		horizon d'altération, légèrement mouillé jaune pâle à brunâtre, peu pierreux, structure prismatique, moyenne à grossière, faiblement alcalin				
Bgg 43-70cm		horizon d'altération mouillé, jaune pâle-brunâtre à gris, peu pierreux, structure grossièrement prismatique à non structurée, moyennement ferme, peu enraciné, faiblement alcalin Limite de décarbonatation				
BCgg 70-130cm		horizon de transition mouillé gris-jaune, peu pierreux, non structuré, riche en carbonates				
Valeurs analysées						
Profondeur cm	Matière org. % poids	Argile % poids	Silt % poids	Sable % poids	Calcaire	pH (CaCl ₂)
0 - 16	5,1	45	33	22	-	6,1
16 - 43	-	27	37	36	-	7,5
43 - 70	-	50	34	16	-	7,4
70 - 130	-	42	47	11	riche en carbonates	7,8

Fig. 34: exemple d'une taxe-type

• Répartition des sols

On trouve les meilleurs sols forestiers dans les combes, au bas de pentes mourantes et sur les plateaux. Les combes et les bas de pente sont occupées par des sols bruns faiblement gleyifiés à gleyifiés, profonds à très profonds; en situation de plateau il s'agit des sols bruns acides à très acides, faiblement pseudogleyifiés, profonds.

Sur les pentes et les pentes raides soumises à l'érosion on trouve souvent des sols superficiels en partie à tendance sèche.

Les sols marneux, très fréquents dans le domaine cartographié, sont marqués par leurs faible perméabilité. Ces stations sont à humidité variable à tendance soit sèche ou mouillée selon le degré de développement de sol et la forme de relief.

Les gleys se trouvent souvent autour des sorties d'eau, dans les dépressions de zones de glissement ou en situation de bas de pente.

Unité de sol	Unité d'aptitude	Description des sols (profils-types, niveaux de capacité de production)
SOLS PERCOLÉS		
Sols percolés, normalement perméables: très profonds et profonds		
aB1	(B)	SOL BRUN, faiblement acide à acide; peu pierreux sur pierreux, limoneux; très profond (profil-type EE 524; niveau de production I)
aB2	(A)	SOL BRUN, faiblement pseudogleyifié; peu pierreux, limoneux sur argilo-silteux; très profond (I)
aB3	(B)	SOL BRUN, faiblement acide à revêtement argileux, à humidité de fond; peu pierreux, limono-sableux sur limoneux; très profond (EE 507; I)
aE1	(C)	SOL BRUN ACIDE, à humidité de fond; peu pierreux, limono-sableux; très profond (EE 503; I)
bB1	(B)	SOL BRUN, faiblement acide; peu pierreux sur extrêm. pierreux, limoneux sur argilo-limoneux; profond (II)
bB2	(B)	SOL BRUN, faiblement acide; peu pierreux sur pierreux, limoneux sur limono-sableux; profond (II)
SOLS ENGORGÉS		
Sols engorgés, rarement en surface: profonds, modérément profonds et assez superficiels		
oY1	(P)	PSEUDOGLEY-SOL BRUN, neutre; non à peu pierreux, argilo-limoneux sur limono-silteux; modérément profond (EE 522; III-II)
oY2	(P)	PSEUDOGLEY-SOL BRUN, neutre; pierreux, argilo-limoneux sur limono-silteux; modérément profond (III)

Tabl. 30: extrait de la légende de la carte des sols de Schlatt-Hofstetten

• Estimation de l'aptitude sylvicole

La répartition des sols forestiers en 24 unités d'aptitude sylvicole (A-X) s'est faite sur la base des propriétés du sol en tenant compte de l'exposition et de la situation. Les unités stationnelles ont été ordonnées et décrites selon leur capacité de production puis introduites dans un écogramme (fig. 35).

Unité d'aptitude	Unité de sol	Caractérisation de la station	Limitations / mesures	Essences adaptées
STATIONS À CAPACITÉ DE PRODUCTION TRÈS BONNE À EXCELLENTE				
A	aB2, bB3 bB4, bB5	- neutre à faiblement acide - frais à modérément humide - sols mi-lourds, en partie à drainage légèrement ralenti - profonds à très profonds - surtout faibles pentes	pas de limitations	Er's, Er'pl, Fr, Mer, Or'm, Ch'p, Tl'pf, He, Ch'rg Ep, Sa, Dou, (Mé)
B	aB1, aB3 aB4, bB1 bB2	- faiblement acide à acide (aB4 en partie neutre) - frais (en partie à humidité de fond) - sols mi-lourds, en partie un peu sableux - profonds à très profonds - faibles pentes, bosses, plateaux	éviter les litières acides limiter la part des épicéas	He, Fr, Ch'p, Ch'r, Mer, Tl'pf, Cha, Ch'rg Pin's, Mé, (Ep, Sa, Dou)
C	aE1, bE3, bE4,	- acide à très acide - frais à modérément humide - sols mi-lourds, en partie légèrement sableux - profonds à très profonds - surtout fins de bas de pente	éviter les litières acides limiter la part des épicéas	He, Ch'r, Ch'rg, (Ch'p, Fr, Tl'pf, Mer, Al'bl) Ep, Sa, Dou
STATIONS À CAPACITÉ DE PRODUCTION MODÉRÉ À FAIBLE				
S	dK1, d02 d03, d04	- riche en carbonate à neutre - sec - sous-sol riche en pierre ou en sable - assez superficiel à superficiel - situation de perte ou de glissement	profondeur limitée pas d'essences sensibles au sec	He, Ch'r, (Er's, Er'pl, Mer, Sorb'oi) Pin's
U	dT1	- acide - modérément sec à sec - érodé en partie, à moder, sous-sol lourd; sols de transition entre graviers et marnes - assez superficiel - surtout les bosses sensibles à l'érosion	profondeur limitée pas d'essences sensibles au sec éviter les litières acides	Ch'r, He, Boul'ver, (Cha, Tl'pf, Sorb'oi) Pin's, (Mé)
W	xG1, xG2 xG3, xG4	- riche en calcaire et neutre - très mouillé - en partie anmoorique - assez superficiel, en partie à modérément profond - surtout combes sur pentes	forte influence de l'eau de fond généralement jusque dans le (sur)sol mal aéré	Ver'n, Fr, (Mer'gr, Ch'p Cha) Sa

Tabl. 31: extrait de la description des unités d'aptitude sylvicoles en-dessous de 700 m (Schlatt-Hofstetten)

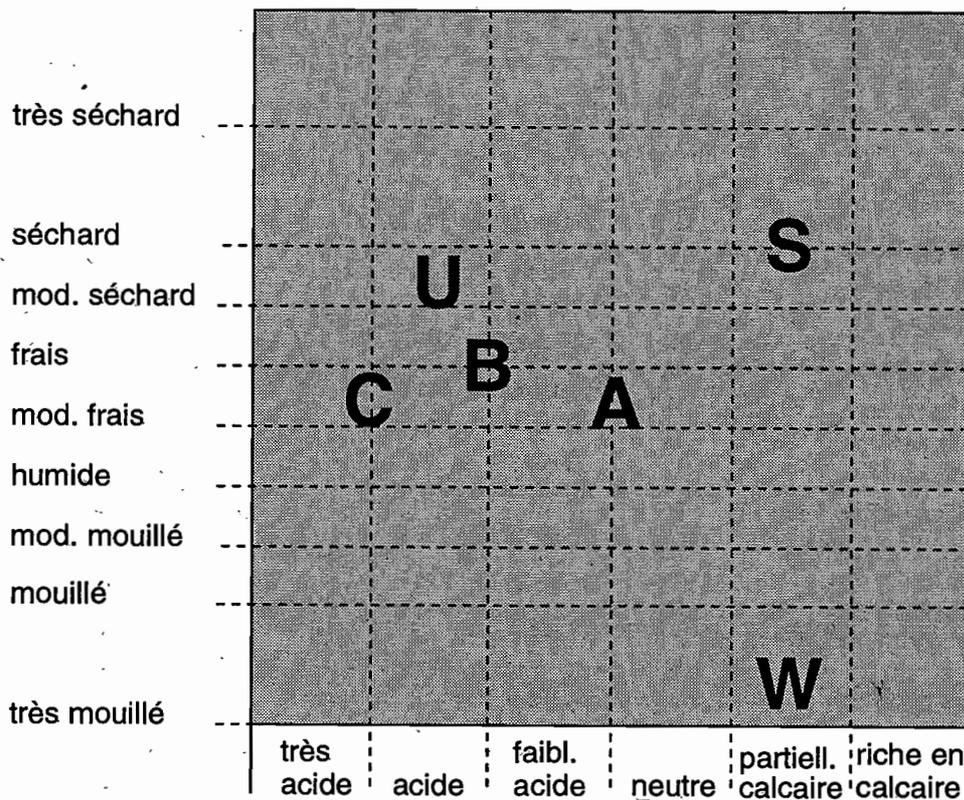


Fig. 35: écogramme des unités d'aptitude sylvicole (extrait; signification des majuscules, v. tabl. 31)

On a renoncé à faire une carte spécialement pour l'aptitude. Celle-ci peut être déduite directement de la carte des sols puisqu'à chaque unité de sol est attribuée une unité d'aptitude (v. tabl. 31).

10.2 Exploitation du gravier à Solenberg (SH)

But

Élaboration d'une base objective de décision éco-paysagique (étude d'impact) dans le cadre d'un élargissement éventuel d'exploitation de gravier sur demande de Kieswerke Solenberg AG. Lever de l'état présent et appréciation pour la forêt. Recommandations pour l'exploitation et la remise en culture.

Domaine cartographié

Relief doux de vallums morainiques. Le matériau de départ géologique est la moraine de fond würmienne du glacier du Rhin-Bodan. Climat "modérément sec" (zone A2) avec des précipitations annuelles moyennes de 900 mm environ.

Déroulement du travail

Quatre profils ont été ouverts à des emplacements représentatifs et les sols soigneusement examinés. Délimitation des unités par sondages respectivement véhiculés et manuels puis report sur plans au 1:2'000.

Résultats

• Sols

Les sols dominants dans le périmètre étudié sont des sols bruns lessivés, profonds, normalement perméables (fig. 36). On les trouve surtout sur les pentes peu exposées et les plateaux. Sur les bosses exposées, l'érosion réduit nettement la profondeur du sol. Les sols bruns lessivés n'y sont pour cette raison que modérément profonds. Les autres types de sol présents à ces emplacements sont des sols bruns calcaires et des sols bruns. Des sols bruns lessivés, meubles, profonds se sont développés au fond de cuvettes (situations d'accumulation).

Légende de la carte des sols de Solenberg (SH)									
Unité de sol	Type de sol	Sous-type	Profondeur utile aux plantes	Texture de la terre fine	Pierrosité	Capacité de rétention en eau et en substances nutritives	Capacité de production	Relief	Surface couverte %
1	SOL BRUN LESSIVÉ	lâche, acide	très profond (> 100 cm)	limon sableux (sur limon)	non à peu pierreux	très grand	excellent	bas-fonds (en partie plateaux)	14,3
2	SOL BRUN LESSIVÉ (sur sédiments marneux argilo-silteux)	faibl. pseudogleyifié, faibl. acide à acide	↑	limon sableux sur limon	non à peu pierreux	grand	excellent à très bon	bas-fonds	10,4
3	SOL BRUN LESSIVÉ	acide	profond (70-100 cm)	limon sableux sur limon à limon argileux	peu pierreux à pierreux	grand	très bon	plateaux et pentes	44,7
4	SOL BRUN LESSIVÉ	mod. érodé, acide (en partie mod. profond)	↓	limon sableux sur limon à limon argileux	pierreux	grand à moyen	très bon à bon	pentés raides et situations légèrement convexes	9,9
5	SOL BRUN LESSIVÉ	érodé, faibl. acide (local. assez superficiel)	↑	limon sableux sur limon argileux	pierreux	moyen	bon	bosses exposées	16,3
6	SOL BRUN	partiellement calcaire	modérément profond (50 - 70 cm)	limon sableux	pierreux	moyen	bon	pentés et situations convexes exposées (dos)	2,7
7	SOL BRUN CALCAIRE		↓	limon sableux	pierreux	moyen	bon	id.	0,9
8	RÉGOSOL	riche en calcaire	assez superficiel (30 - 50 cm)	limon sableux	pierreux à riche en pierres	petit	assez bon	bosses très exposées	0,9

Tabl. 32: description des unités de sol Solenberg (présentation de légende à conception pratique)

Profil Sh 500: Sol normalement drainé, profond

Situation: Büsingen, Solenberg: 483 m, plateau

Matériau de départ: Moraine wurmienne

Sol: SOL BRUN, LESSIVÉ, acide, peu pierreux à pierreux, sablo-limoneux sur limoneux, unité de sol 3

Horizon	Figuré	Description					
0t Ah		0-6cm couche humifère de type mull avec un faible recouvrement de type moder. Sablo-limoneux, humifère, peu pierreux, structure grumeleuse, acide.					
AE		6-30cm couche d'altération brun-jaune, visiblement appauvri en matière (horizon de lessivage argileux). Sablo-limoneux, peu humifère, structure grumeleuse à polyédrique fine, acide.					
lt, cn		30-80cm couche d'altération brun-rougeâtre avec illuviation d'argile et concrétions. Limoneux, peu pierreux à pierreux, structure polyédrique fine, acide.					
		80-95cm couche d'altération brune avec très légers signes de mouillure. Limoneux, pierreux, structure polyédrique, neutre.					
B (g) C		>95cm matériau de départ à peine altéré (moraine wurmienne, riche en carbonates). Sablo-limoneux, très pierreux, alcalin.					
Valeurs analysées							
Profondeur cm	Matière org. %	Argile %	Silt %	Sable %	Calcaire %	Valeur pH (CaCl ₂)	
0 - 6	6,2	16	42	42	-	4,5	
6 - 30	1,3	20	31	49	-	4,2	
30 - 80		29	27	44	-	4,2	
80 - 95		26	25	49		6,3	
Cations échangeables (par BaCl₂ sans Na⁺)							
Horizon	Profond. cm	H ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Capacité d'échange cationique	Saturation en bases ¹ %
		(mval / 100g terre fine)					
Ah	0 - 6	6,80	4,03	0,62	0,24	11,69	41,8
AE	6 - 30	6,16	1,12	0,33	0,08	7,69	19,9
lt, cn	30 - 80	8,24	3,38	1,10	0,12	12,84	35,8
B(g)	80 - 95	2,96	10,56	0,91	0,08	14,51	79,6

1 % des cations nutritifs (K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) par rapport à la capacité d'échange

Fig. 36: profil représentatif de l'unité de sol la plus représentée

• **Jugement de l'aptitude sylvicole**

Les huit unités ressorties sur la carte peuvent être regroupées en quatre unités stationnelles pour le jugement de l'aptitude sylvicole.

Unité stationnelle A (unités de sol nos 1, 2)

Les meilleures stations à capacité de production très bonne à excellente sont regroupées ici. Il s'agit presque exclusivement de dépressions pouvant être taxées de "situations d'accumulation" en ce qui concerne les fournitures en eau et en substances nutritives (stations fraîches). Les sols sont faiblement acides. Les possibilités en ce qui concerne le choix des essences sont ici non limitées. On peut y planter toutes les espèces indigènes ainsi que les espèces importées courantes.

Unité stationnelle B (unités de sol nos 3, 4)

Cette unité contient les sols bruns lessivés typiques, profonds (localement modérément profonds), acides, qui occupent plus de la moitié de la région. Il s'agit le plus souvent de situations en plateau ou en pente (situations en "équilibre") à capacité de production bonne à très bonne. En ce qui concerne le sol, celui-là convient à la plupart des espèces. Mais le climat relativement sec limite les essences exigeantes en eau (p.ex. le sapin, l'orme, le frêne).

Unité stationnelle C (unité de sol no 5)

Cette station, qu'on trouve avant tout sur les bosses ("situation de perte"), peut être caractérisée comme sécharde, faiblement acide à acide. La principale limitation due au sol est sa capacité de rétention en eau faible à moyenne (env. 50 litres/m² d'eau facilement disponible).

La croissance des arbres peut être entravée en été par des périodes d'insuffisance en fournitures d'eau. Ce sont avant tout le hêtre, le chêne rouvre et le pin, qui, parmi les espèces indigènes, conviennent à cette station. Il faut avoir particulièrement en vue un peuplement accessoire ménageant le sol (par exemple avec du charme): un recouvrement permanent du sol diminue le dessèchement; une litière facilement dégradable stimule en outre l'activité pédobiologique.

Unité stationnelle D (unités de sol nos 6, 7, 8)

Ces sols, à l'encontre de ceux de l'unité précédente, sont en surface neutres à riches en carbonates. Il s'agit par ailleurs de sols en situation exposée sur bosse ou sur pente, modérément profonds, avec une capacité de rétention en eau médiocre à moyenne constituant le principal facteur limitant une croissance optimale des arbres. Là aussi les essences adaptées sont celles supportant une certaine sécheresse estivale, tels le hêtre, le chêne rouvre et le pin.

- **Abattage et remise en culture**

Un abattage soigné est à la base de toute remise en culture réussie. Celui-ci a pour but de créer des aires de remise en culture correspondant, en ce qui concerne le potentiel productif (capacité de production) et les possibilités d'utilisation (choix des essences), au moins à l'état d'origine. Ne sont pas comprises les éventuelles surfaces à fonction spéciale de protection de la nature. Pour le projet en question, l'épaisseur du sous-sol devait être d'au moins 80 - 100 cm, représentant avec les 20 cm du sur-sol, une station profonde.

Il faut prendre garde, lors de la nouvelle plantation, à ce que les arbres de la première génération soient exclusivement des essences de lumières (ou héliophiles) avec un effet favorable sur l'état du sol. D'un côté, le sol doit être intensivement et profondément travaillé par les racines, de l'autre la litière doit être facilement dégradable. Toutes les espèces pionnières indigènes remplissent au moins une de ces conditions.

Les peuplements mixtes d'espèces les plus diverses sont à cet égard les plus favorables: bouleaux, aunes blancs, saules variés, pins, mélèzes. Toutes ces espèces ne prospèrent de façon optimale que sur sol meuble, ce qui souligne l'importance d'une remise en culture soignée. Sous le couvert de cette première génération, que ce soit comme peuplement préliminaire ou comme plantation préparatoire on peut faire suivre des espèces plus exigeantes.

Les directives de l'USG (FSK, 1991) peuvent servir pour les mesures techniques de reconstitution et de reboisement du terrain.

10.3 Amélioration à Jens-Merzligen (BE)

Objectif

Etude des conditions du sous-sol et des variantes de chaussée pour le réseau de chemins forestiers et vicinaux de l'amélioration (foncière) de Jens-Merzligen.

Région

Plaine avec alluvions fines (argiles, silts) et pentes molassiques (grès, marnes); matériaux de départ fins.

Bases

Plan d'amélioration des chemins au 1:5'000 avec report du réseau de routes; carte des sols au 1:5'000.

Déroulement du travail

Des points d'échantillonnage pour des mesures de portance (env. 70 échantillons) ont été fixés sur la base de la carte des sols. Des valeurs de portance ont pu par la suite être affectées aux diverses unités de sol tirées de la carte des sols (tabl. 33). La délimitation de tronçons routiers pour le dimensionnement a pu aussi se faire à l'aide de la carte des sols. On a appliqué pour le dimensionnement de la chaussée la méthode tirée du test routier AASHO pour routes peu fréquentées (BURLET, 1980).

Résultats

Les sols de la région étudiée peuvent être rangés dans deux classes de portance.

- Classe de portance 1

Les sols de cette classe sont faits principalement de matériaux de plasticité moyenne à haute (USCS: CL et CH). Le contenu naturel en eau est élevé (20-35%), la portance corrélativement basse. Les valeurs de portance obtenues sur le terrain avec un pénétromètre manuel s'élevaient de 0,5 à 2,5 CBR.

Les sols de mauvaise portance se trouvent surtout dans la plaine alluviale. Il s'agit principalement de **sols mouillés à nappe de fond** (gleys-sols bruns, gleys oxydés et réduits), accessoirement de sols mouillés engorgés (pseudogleys - sols bruns), rarement de sols bruns ou bruns calcaires.

La portance du sous-sol dans cette classe de portance a été fixée à 1 % CBR pour le dimensionnement de la chaussée de la route.

- Classe de portance 2

Il s'agit pour les sols de cette classe, en plus grande partie de sables fins, faiblement plastiques (USCS: SC - CL et SM - ML). Avec un contenu naturel en eau de 11 - 15%, ces sables sont assez secs et ont une assez bonne portance. Le pénétromètre manuel a donné des mesures de portance supérieures à 4 % CBR.

Les sols à bonne portance se trouvent principalement sur les pentes. Il s'agit surtout de sols bruns, en partie de sols bruns calcaires.

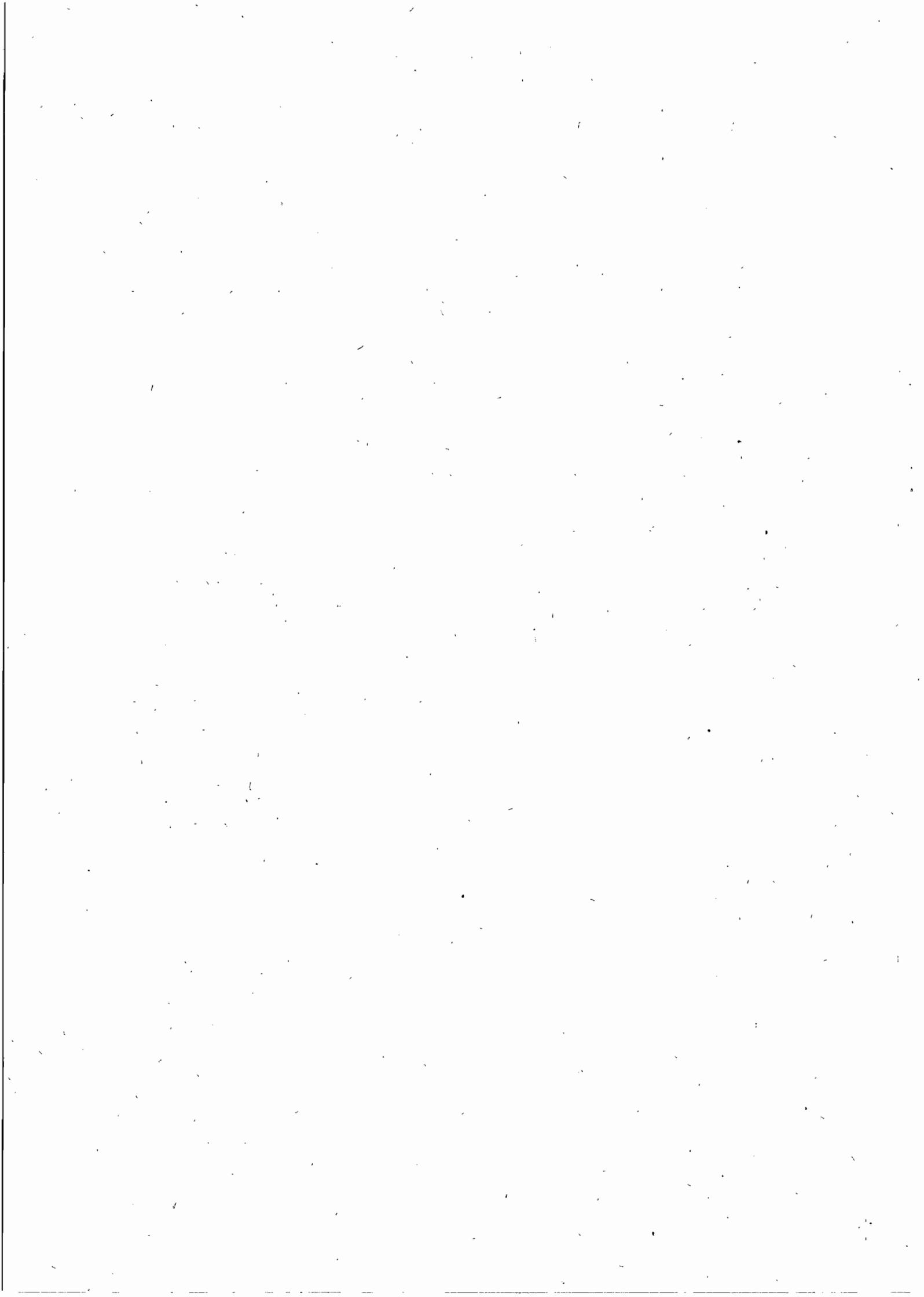
La portance du sous-sol pour le dimensionnement de la chaussée a été fixée dans cette classe de portance à 5% CBR.

No ¹	Sol	Situation	Valeurs de portance ²	Classification USCS	Classe de portance
5	SOL BRUN; faiblement pseudo-gleyifié, peu pierreux, limoneux	terrasse	4.1, 6.7, >10	SM-ML	2
6	SOL BRUN; faiblement pseudogleyifié, peu pierreux, limono-sableux	plaine	5.5, 6.2, 3.0, 9.1	SM-ML bis SC-CL	2
10	SOL BRUN; faiblement gleyifié, peu pierreux, limono-sableux	terrasse de plaine	5.5, 6.0, 2.3, 6.9, 3.0	SM-ML bis SC-CL	2
13	SOL BRUN; gleyifié, peu pierreux, limoneux à silto-limoneux	terrasse de plaine	6.9, 4.5, 7.4, 5.7	SM-ML	2
26	PSEUDOGLEY; peu pierreux, argilo-limoneux	plaine	2.3	CL	1
28	GLEY-SOL BRUN; peu pierreux, limoneux à limono-argileux	plaine	2.1, 0.8, 1.9, 2.8, 1.6	CL	1
32	GLEY-SOL BRUN; peu pierreux, limono-sableux	plaine	1.7, 0.9, 0.9, 1.9	CL	1
34	GLEY OXYDÉ; peu pierreux, silt limoneux	plaine	1.8, 1.3, 2.0, 4.0, 1.4, 2.3, 2.4, 1.6, 2.6	CL-CH	1
35	GLEY OXYDÉ; peu pierreux, argilo-limoneux	plaine	2.3; 0.6, 1.0, 1.2, 1.0	CL	1

1 Légende de la carte des sols

2 Valeur moyenne CBR par échantillon

Tabl. 33: portance du sol des principales unités de sol



Littérature

ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland, 3. Auflage, Hannover.

ARBEITSGRUPPE BODENZUSTANDSINVENTUR DER ÖBG (1989): Bodenzustandsinventur. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien

ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1980): Forstliche Standortsaufnahme, 4. Auflage, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

BABEL, U. (1971): Gliederung und Beschreibung des Humusprofils in mitteleuropäischen Wäldern. Geoderma, Bd. 5, Nr. 4: 297 - 324.

BGS (1988): Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz: Boden - bedrohte Lebensgrundlage? Sauerländer, Aarau.

BURLET, E. (1980): Dimensionierung und Verstärkung von Strassen mit geringem Verkehr und flexiblem Oberbau. Diss. Nr. 6711 Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

BUWAL (1993): Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Vor lauter Bäumen den Wald doch noch sehen: Ein Wegweiser durch die neue Waldgesetzgebung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 210.

DÄLLENBACH, F., KUHN, S. (1993): Erosionsrisikokartierung Massstab 1:25'000. Eine Anwendung der Universal Soil Loss Equation (USLE) unter Einbezug der Bodenkarte Zurzach für das Gebiet Zurzach-Koblentz-Klingnau (AG). Diplomarbeit am Geograph. Institut der Univ. Bern.

EAFV (1988a): Eidg. Anst. forstl. Versuchswesen. Düngung - Eine Perspektive für den Schweizer Wald? Sanasilva-Tagungsbericht.

EAFV (1988b): Eidg. Anst. forstl. Versuchswesen, Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz: Schweizerisches Landesforstinventar, Ergebnisse der Erstaufnahme 1982 - 1986. Ber. 305.

EHRBAR, R. (1983): Tragfähigkeit von Waldböden im nordöstlichen schweizerischen Mittelland (Obere Süsswassermolasse). Diss. Nr. 7273 Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

-
- ELLENBERG, H. (1967): Vegetations- und bodenkundliche Methoden der forstlichen Standortskartierung. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, Heft 64.
- ELLENBERG, H., KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswesen, Mitt. 48, 4: 589 - 930.
- EJPD (1980): Eidg. Justiz- und Polizeidepartement, Eidg. Volkswirtschaftsdepartement, Eidg. Departement des Innern: Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200'000.
- EJPD (1977a): Eidg. Justiz- und Polizeidepartement, Eidg. Volkswirtschaftsdepartement: Klimaeignungskarten für die Landwirtschaft in der Schweiz 1:200'000.
- EJPD (1977b): Eidg. Justiz- und Polizeidepartement: Wärmegliederung der Schweiz 1:200'000.
- FAP (1986): Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz: Bodenkarte Wohlen mit Erläuterungen. Landeskarte der Schweiz 1:25'000 Blatt 1090.
- FAP (1992a): Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz: Klassifikation der Böden der Schweiz. Neu bearbeitet in der Arbeitsgruppe Klassifikation und Nomenklatur der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) von K. Peyer und E. Frei.
- FAP (1992b): Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz: Bodenkarte Laufenburg mit Erläuterungen. Landeskarte der Schweiz 1:25'000 Blatt 1049
- FREI, E., PEYER, K. (1991): Boden - Agrarpedologie. Haupt, Bern.
- FSK (1991): Schweizerischer Fachverband für Sand und Kies: Wald und Kiesabbau. Richtlinien für die Aufforstung von Kiesgruben.
- KÖSTLER, J.N., BRÜCKNER, E., BIBELRIETHER, H. (1968): Die Wurzeln der Waldbäume. Parey, Hamburg und Berlin.
- LEIBUNDGUT, H. (1981): Die natürliche Waldverjüngung. Haupt, Bern.
- LESER, H., KLINK, H-J. (1988): Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25'000. Forschung zur deutschen Landeskunde Bd. 228. Zentralausschuss für deutsche Landeskunde, Selbstverlag, Trier.

LÜSCHER, P. (1991): Humusbildung und Humusumwandlung in Waldbeständen. Diss. Nr. 9572 Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

MOSIMANN, T. et al. (1991): Erosionsbekämpfung in Ackerbaugebieten. Ein Leitfaden für die Bodenerhaltung. Themenbericht des Nationalen Forschungsprogrammes "Nutzung des Bodens in der Schweiz". Liebefeld - Bern.

MÜLLER, M., ZIHLMANN, U. (1987): 10 Jahre Bodenkartierung 1:25'000. Bulletin - der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz Nr. 11: 25 - 30.

RICHARD, F. et al. (1978): Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz, Bd. 1. Eidg. Anst. forstl. Versuchswesen, Birmensdorf.

SCHNEIDER, S. (1974): Luftbild und Luftbildinterpretation. Walter de Gruyter, Berlin.

WEISSKOPF, P. et al. (1988): Die Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden. Bericht 20 des Nationalen Forschungsprogrammes "Nutzung des Bodens in der Schweiz". Liebefeld - Bern.