

Guide pour la révision du manuel de cartographie des sols de Suisse

Révision de la classification des sols de Suisse et du manuel
de cartographie des sols (rév. KLABS/KA)

Module B : Représentation spatiale

Daniela Marugg / Anina Schmidhauser

Version 1.3, 2 décembre 2020

Haute école spécialisée bernoise

Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

Division Agronomie, révision KLABS/KA

1 Généralités	3
1.1 But et contenu du guide	3
1.2 Évolution du manuel de cartographie	3
2 Analyse menée en vue de la révision du manuel de cartographie	3
2.1 Historique des manuels suisses de cartographie jusqu'en 1997	3
2.2 Structure du manuel FAL 24	4
2.3 Évolution du manuel suisse de cartographie des sols à partir de 1997	4
2.3.1 Développement dans les cantons	4
2.3.2 Développements au sein de la Société suisse de pédologie (SSP)	5
2.3.3 Développements dans le cadre de NABODAT	6
2.4 Autres développements conceptuels ou méthodologiques pour la cartographie des sols	7
2.5 Arrêté du Conseil fédéral du 8 mai 2020	11
2.6 La cartographie des sols dans la pratique	13
2.7 Résumé des travaux menés jusqu'ici dans le cadre du projet de révision	13
3 Concept du manuel de cartographie révisé	21
3.1 Généralités	21
3.1.1 Le rKA dans le contexte du projet de révision	21
3.1.2 Public cible du rKA	21
3.1.3 Buts du rKA	21
3.2 Échelle	22
3.3 Structure modulaire	22
3.3.1 Module de base	22
3.3.2 Modules complémentaires	22
3.3.3 La variabilité spatiale	23
4 Procédure suivie pour la révision	24
4.1 Introduction	24
4.2 Lots de tâches du module B	24
4.3 Tâches transversales	26
Liste des figures	27
Liste des tableaux	27
Liste des abréviations	27
Contrôle des versions	29
Bibliographie	30
Annexes	33

1 Généralités

1.1 But et contenu du guide

Dans la structure du projet de révision, le présent guide constitue l'ultime étape de la première phase du module B. Il présente la stratégie retenue pour poursuivre l'élaboration du manuel révisé de cartographie (rKA), ainsi que la procédure de révision elle-même. On trouvera d'autres informations concernant ce projet et son module A dans la Stratégie de mise en œuvre (Schmidhauser et Marugg 2019)¹

Le présent guide est structuré comme suit :

- Chapitre 2 : analyses de la situation actuelle de la cartographie des sols en Suisse, résumé des travaux déjà menés et conclusion pour le rKA.
- Chapitre 3 : présentation de la stratégie d'élaboration du rKA.
- Chapitre 4 : mise en œuvre des travaux de révision.

Les consignes techniques et organisationnelles définies dans le guide sont contraignantes pour la suite du traitement du module B (révision du manuel de cartographie). Des éléments de contenu peuvent être repris dans le rKA, mais ce ne doit pas forcément être le cas.

1.2 Évolution du manuel de cartographie

Le rKA sera publié en même temps que la classification révisée (version 1 de la rKLABS et du rKA ; voir Schmidhauser et Presler 2020). Une fois le projet de révision achevé, l'institution nationale que constitue le Centre de compétences sur les sols (CCSols) pourra garantir le développement continu de la classification et du manuel de cartographie révisés (rKLABS et rKA). Les nouvelles connaissances issues de la recherche et de la pratique pédologique pourront ainsi être intégrées périodiquement au rKA. Ainsi, un processus d'actualisation permanente permettra de maintenir la classification et le manuel à jour. La pratique montrera ultérieurement quelle est la périodicité appropriée pour la publication de nouvelles versions.

2 Analyse menée en vue de la révision du manuel de cartographie

Le présent chapitre aborde rapidement l'histoire et l'évolution de l'actuel manuel de cartographie (Brunner et al. 1997). Il montre comment on en est arrivé, en Suisse, à faire appel à différentes méthodes de cartographie pédologique. Il décrit les développements actuels constatés dans le domaine de la cartographie des sols et résume les premiers résultats des travaux de révision du manuel de cartographie.

2.1 Historique des manuels suisses de cartographie jusqu'en 1997

La genèse du manuel de cartographie est étroitement liée à la création d'un service national spécialisé dans l'institut devenu entretemps le site Agroscope de Reckenholz. Ce Service national de cartographie des sols, créé à l'initiative d'Erwin Frei, a été mis en place à partir de 1959 (Sticher 2001, p. 64ff). À partir de 1993, toutefois, la Confédération s'est progressivement retirée de la cartographie des sols et a procédé à diverses restructurations, qui ont notamment abouti à la suppression du service de cartographie à la fin 1996, sans qu'aucune institution similaire ne prenne le relais (BGS 2000, p. 7).

Le rapport de Borer et Knecht (2014) propose une histoire des manuels suisses de cartographie des sols dans son chapitre 2.1 (à partir de la page 10), ainsi que dans sa fiche 1 (annexée au rapport) :

¹ Comme d'autres documents liés au projet de révision, la Stratégie est publiée sur le site Internet <https://web.bodenmethoden.bfh.science/index-fr.html>.

« La mise au point d'une méthode de cartographie des sols pour la Suisse a véritablement débuté en 1955 à la FAP (Station de recherches agronomiques de Reckenholz). [...]

Un premier manuel de cartographie a vu le jour en 1963 [un second en 1986, aucun des deux n'a été publié]. Le manuel encore en vigueur est une deuxième édition datant de 1997. Le manuel de cartographie des sols forestiers, qui date de 1996, se fonde sur les mêmes bases et est en grande partie identique, avec toutefois des compléments pour ce qui est des formes d'humus et des interprétations spécifiquement forestières. » ((Borer et Knecht 2014, p. 61), traduction)²

2.2 Structure du manuel FAL 24

Le manuel de cartographie FAL 24 « Cartographie et estimation des sols agricoles » (Brunner et al. 1997) se divise en trois parties.

Partie I : Étude du profil de sol et du site

Chapitre 2 : Le profil de sol et son protocole

Chapitre 3 : Étude du profil

Chapitre 4 : Données sur le site et l'utilisation

Chapitre 5 : Désignation du sol

Partie II : Cartographie du sol

Chapitre 6 : Préparation du projet

Chapitre 7 : Travaux de terrain

Chapitre 8 : Présentation des résultats

Partie III : Estimation des sites sur la base de l'interprétation des cartes des sols

Chapitre 9 : Estimation de l'aptitude agricole d'un site

Chapitre 10 : Évaluation du risque de pertes d'éléments nutritifs par lessivage et lixiviation

Chapitre 11 : Estimation des sols agricoles

2.3 Évolution du manuel suisse de cartographie des sols à partir de 1997

Entre 1996 et 2019, le manuel de cartographie FAL 24 et le manuel de cartographie des sols forestiers n'ont été révisés ou améliorés par aucun organisme central ou national, parce que le Service national de cartographie avait été supprimé, comme indiqué au chapitre 2.1. Par conséquent, divers groupes de personnes qui utilisaient le manuel FAL 24 pour différentes raisons l'ont complété dans leur domaine d'application. Ces développements sont décrits ci-après.

2.3.1 Développement dans les cantons

En 1996, le Service de l'environnement du canton de Soleure a commencé à développer le manuel FAL 24 pour en faire une méthode de relevé basée sur des polygones et des attributs (sans légendes), avec un enregistrement numérique des données. C'est ainsi qu'est née la méthode de cartographie dite « FAL 24+ », très répandue en Suisse à l'heure actuelle (Borer et Knecht 2014, p. 61) : elle fait encore l'objet de mises à jour et en est déjà à sa sixième édition (FABO SO 2017). Dans toute la Suisse, elle sert de référence pour de nombreuses cartographies cantonales et ses consignes sont souvent reprises dans les mandats de cartographie des sols. On trouvera une liste des projets cantonaux de cartographie des sols dans Borer et Knecht (2014, dans la fiche 2, à partir de la p. 65) ou sur le site Internet de NABODAT³. Dans les cantons de Glaris, du Valais, de Lucerne, de St-Gall, de

² Les anciens manuels de cartographie non publiés peuvent être consultés sur le site Internet de NABODAT : <https://nabodat.ch/index.php/fr/services/outils-pour-la-description-des-sols>

³ Voir <https://nabodat.ch/index.php/fr/services/catalogue-des-cartographies>

Zurich ou de Vaud, par exemple, on dispose de documentations plus complètes, datant de ces dernières années, qui adaptent ou étendent la méthodologie FAL 24+ en vue d'une application cantonale, pour des motifs divers :

- cartographie des sols du canton de Glaris (Lüscher 2010) ;
- délimitation des surfaces d'assolement en Valais (canton du Valais 2016)
- manuel de cartographie des sols du canton de Lucerne (Suter 2018) ;
- révision des cartes d'aptitude dans la cartographie pédologique du canton de St-Gall (Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen 2015; Zürrer et Eggert 2018) ;
- cartographie des sols forestiers acides du canton de Zurich (Gasser et Zürrer 2018) ;
- cartographie des sols et délimitation des surfaces d'assolement dans le canton de Vaud (État de Vaud 2019, 2020).

Dans le canton de Berne, la planification d'une cartographie a débuté ; la mise en œuvre de celle-ci doit se faire par l'intermédiaire du « projet Wyss » (voir aussi le chapitre 2.4).

Conclusion pour le rKA :

Ces documents – si l'on inclut le manuel de cartographie original (FAL 24), le manuel de cartographie des sols forestiers et le manuel FAL 24+ – couvrent tout le spectre des méthodes de cartographie utilisées en Suisse. La grande diversité de ces références explique que le présent guide parle systématiquement de méthodes suisses de cartographie, au pluriel. Celles-ci constituent le fondement du rKA.

2.3.2 Développements au sein de la Société suisse de pédologie (SSP)

Après la suppression du Service national de cartographie à la fin 1996, un groupe de travail « Cartographie des sols » a été institué à la SSP lors de son assemblée générale de 1997, à la demande de spécialistes impliqués dans des cartographies concrètes (Borer et Knecht 2014, p. 13). Depuis lors, certaines tâches cruciales pour la cartographie des sols ont été menées à bien au sein de ce groupe. Le tableau 1 énumère les travaux contenant des précisions concrètes qui pourraient être prises en compte dans le rKA.

D'autres travaux ou discussions concernant la cartographie des sols ou certaines problématiques méthodologiques ont aussi été menés, qui éclairent certains aspects d'une cartographie, mais ne peuvent pas être corrélés directement avec le module B du projet de révision :

- discussion concernant la planification de l'irrigation (utilisation d'informations pédologiques) ;
- discussions concernant la cartographie numérique du sol (en 2012 ; aucun résultat concret) ;
- travaux de l'association visant à soutenir le projet de révision, y compris participation à l'élaboration de l'avant-projet (dès 2014) ;
- discussions concernant les formes d'humus (2015 / 2017 / 2018 ; aucun résultat concret) ;
- discussions concernant le choix des essences (analyse et utilisation d'informations pédologiques).

Conclusion pour le rKA :

Les documents issus du groupe de travail « cartographie des sols » de la SSP doivent être intégrés au rKA ou du moins être pris en compte dans son processus d'élaboration.

Année	Description
2003 / 2004	Projet IS-CH 2003 : Le besoin de garantir la pérennité des données de profils pédologiques de valeur disponibles sous forme analogique a constitué le point de départ du projet Infosol Suisse (IS-CH). Dans le cadre d'une collaboration transversale avec la Confédération et certains cantons, on a mis au point des stratégies, des documents de référence et des instruments afin de traduire, de stocker, de gérer et d'utiliser ces données pédologiques. Le projet est allé jusqu'à créer et appliquer des normes techniques et organisationnelles, améliorant ainsi la coordination des projets d'information pédologique entre les divers acteurs (Confédération, cantons, SSP et bureaux d'ingénieurs privés). Le projet IS-CH 2003 a fourni des apports importants pour la mise en place de NABODAT (voir chapitre 2.3.3).
2004 – 2010	⁴
Dès 2011	Définitions ou explication de termes de la cartographie de sols, par exemple « cartes pédologiques conventionnelles / classiques », « cartes pédologiques modélisées » (présentations et procès-verbaux).
2012 à 2014	Rédaction du projet de positionnement « cartographie des sols », puis, sur cette base, du rapport sur l'évolution et les perspectives de la cartographie des sols.
2015	Résumé des étapes de procédure et indications concernant la cartographie des sols (présentation et procès-verbal).
2015 et 2017	Ateliers et documentations sur le thème de la délimitation de polygones (présentations et procès-verbaux).
2016	Présentations et résultats issus de l'atelier « révision KLABS et KA » du 27 avril 2016 ; analyse de certains chapitres du manuel FAL 24 ; intégration dans l'enquête menée pour l'analyse sommaire des besoins (Borer et Knecht 2018).

Tableau 1 : Travaux du groupe de travail SSP « cartographie des sols » comprenant des précisions concrètes pour le rKA.

2.3.3 Développements dans le cadre de NABODAT

À partir de 2008, le Centre de services NABODAT, qui constitue l'institution nationale de services pour l'information pédologique, a commencé à mettre en place – sur mandat de l'OFEV – le Système national d'information pédologique NABODAT, entré en service en 2012. NABODAT collecte, harmonise et gère des données sur la qualité des sols en Suisse. Ces données pédologiques

⁴ Les auteures ne disposent pas de tous les documents et procès-verbaux pour la période allant de 2004 à 2011. Les contenus des axes de travail prioritaires ne peuvent être présentés que de manière sommaire à l'aide des rapports annuels des groupes de travail, qui sont disponibles sur le site Internet de la SSP (www.soil.ch).

- La priorité a été accordée à la poursuite du projet IS-CH : accompagnement et conseil destinés aux cantons, développement de modèles de données pour les surfaces, développement de MIGRAPROFIL (programme de saisie et de transfert d'anciennes données pédologiques analogiques vers des données de la fiche de profil clé 6.1), rédaction d'instructions pour le traitement d'anciennes cartes pédologiques. Pour NABODAT ainsi que dans certains cantons, les produits issus d'IS-CH à cette époque ont été repris dans les modèles de données.
- Réunions concernant des cartes d'application de données pédologiques (par ex. cartes de processus d'écoulement).
- Atelier sur le thème « cartes pédologiques synthétiques : pertinence et limites ».

proviennent de cartographies des sols, de l'exécution de la législation et des programmes de monitoring de la Confédération et des cantons. Elles répondent aux exigences de la norme FAL 24+.

La mise en place et l'entretien du système d'information pédologique incluent l'alignement des normes hétérogènes appliquées dans des relevés et cartographies antérieurs ainsi que dans les divers modèles de données, tout comme l'harmonisation des informations pédologiques dans le cadre de migrations de données effectuées dans l'ensemble de la Suisse.

Depuis la mise en service du Système national d'information pédologique en 2012, de nombreuses migrations de ce type ont été réalisées pour des données pédologiques ponctuelles. Le Centre de services NABODAT a pu s'appuyer sur des travaux préliminaires de la Société suisse de pédologie (SSP) pour un important projet de migration de grande ampleur (projet IS-CH 2003). C'est en grande partie grâce à la SSP que les données des profils pédologiques de l'ancien service de cartographie des sols sont aujourd'hui disponibles sous forme numérique, traduites dans une clé de cartographie actuelle et intégrées dans le Système national d'information pédologique. Désormais, la plupart des cantons gèrent au moins une partie de leurs données pédologiques dans NABODAT.

Afin que les cartographes puissent tout de suite enregistrer les informations pédologiques dans une forme compatible avec NABODAT, le Centre de services NABODAT met à disposition des modèles de saisie au format Excel. Ceux-ci correspondent en grande partie à la norme FAL 24+, mais incluent aussi quelques extensions, qu'on trouvera dans les documents mentionnés au chapitre 2.3.1.

En collaboration avec la BFH-HAFL, l'Office de l'agriculture et de la nature (OAN) du canton de Berne et le Centre de services NABODAT, le CCSols travaille actuellement sur un outil de saisie des données pédologiques axé sur le web (Soildat), afin que les relevés des profils et les sondages puissent à l'avenir être enregistrés sous une forme numérique directement sur le terrain (NABODAT Servicestelle 2020).

Conclusion pour le rKA :

Le rKA est élaboré en impliquant le Centre de services NABODAT. On bénéficie ainsi directement de l'expérience des spécialistes qui y travaillent. Le modèle de données NABODAT actuel sera adapté conformément aux exigences de la révision KLABS/KA pour être compatible avec la rKLABS et le rKA.

2.4 Autres développements conceptuels ou méthodologiques pour la cartographie des sols

Sur le plan international, de nombreux instruments et méthodes ont été améliorés, qui peuvent s'avérer utiles pour une cartographie des sols. Dans le domaine de la « pédométrie », en particulier, une vaste communauté scientifique s'est constituée⁵. La pédométrie est le domaine de la pédologie qui traite de l'application de méthodes mathématiques et statistiques pour examiner la systématique de distribution et la genèse des sols et de leurs propriétés. La cartographie numérique du sol correspond à l'application pratique de la pédométrie. Le but principal de cette discipline est de produire des cartes pédologiques en se fondant sur les relations quantitatives qui lient les données de terrain ou de laboratoire aux données environnementales disponibles pour tout le territoire (relief, géologie, climat et autres facteurs). En allemand et en anglais, on parle aussi de « *digital soil mapping* » (Behrens et al. 2017).

Le but principal de cette cartographie numérique est de fournir des cartes des sols et de leurs propriétés. Dans ce contexte, l'éventail de méthodologies disponibles recouvre de nombreux instruments, allant de l'échantillonnage aléatoire à l'exploitation de données obtenues par détection proximale ou par télédétection, en passant par l'analyse numérique du relief, les prévisions spatiales, les fonctions de profondeur ou l'harmonisation d'anciennes données. La cartographie numérique des sols peut ainsi être vue comme un ensemble autonome de méthodes de cartographie. Ou en d'autres

⁵ Voir <http://pedometrics.org> et bulletin électronique de la commission Pedometrics.

termes : une caisse à outils contenant différents instruments pour des problématiques spécifiques. En Suisse, au cours des deux dernières décennies, plusieurs projets ou travaux scientifiques ont étudié l'intégration de tels outils dans la cartographie des sols. Voici quelques exemples d'instruments qui ont été utilisés :

- Télédétection et détection proximale pour les propriétés du sol et l'utilisation du sol : à l'aide de données de télédétection (orthophotographies, mais aussi autres images multispectrales), il est possible de déduire des grandeurs auxiliaires qui peuvent faciliter la phase conceptuelle d'une cartographie des sols.
- Analyse de relief multiscalair : des calculs complexes effectués sur des données de relief issues du modèle suisse de terrain permettent des analyses variées destinées aux travaux de terrain ; comme la topographie, en Suisse, constitue l'un des principaux facteurs de formation du sol, ces analyses peuvent être cruciales pour la modélisation ultérieure des propriétés pédologiques.
- Modélisation spatiale des propriétés du sol : en recourant aux résultats des deux méthodes mentionnées ci-dessus, des données ponctuelles sont extrapolées à des grandes régions, grâce à des modélisations appropriées.

Egli et al. (2004) ont mis au point une méthode qui permet – à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) – de déduire des propriétés du sol (type de sol, profondeur utile, code de régime hydrique, par exemple) en se fondant sur la carte d'aptitude, la carte géotechnique, le modèle numérique de terrain, etc. Le traitement d'informations de base issues d'un SIG a permis d'améliorer considérablement la carte d'aptitude des sols à l'échelle 1:200 000. Les résultats de la modélisation pour la profondeur utile et le régime hydrique, en revanche, se sont avérés moins satisfaisants. Avec une approche similaire, Egli et al. (2005) ont modélisé des types de sols et des propriétés de sols en Haute-Engadine (Suisse).

Herbst et Mosimann (2008) ont élaboré un modèle de prédiction pour estimer à large échelle la capacité de rétention d'eau des sols forestiers dans le canton de Bâle-Campagne. Des procédures de classification semi-automatiques telles que *random forest* ont été utilisées pour prédire la profondeur et la pierrosité. Les auteurs concluent que de bons résultats peuvent être obtenus grâce à des modèles de prédiction spatiale tels que *random forest* si la qualité des données d'exercice et de prédiction est suffisante, mais qu'il reste nécessaire d'affiner encore les modèles correspondants.

Quant à la modélisation spatiale des propriétés du sol fondée sur diverses approches mathématiques et statistiques, elle a été étudiée pour la teneur en humus dans le cadre de plusieurs projets menés à l'échelle de la Suisse ou d'un canton (par ex. Keller et al. 2011, Nussbaum et al. 2012).

Plan pour un système exhaustif d'information pédologique (KOBI)

En 2016/2017, un rapport intitulé « Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem » (rapport KOBI, Carizzoni et al. 2017) a identifié ce qui serait nécessaire pour créer un système d'information pédologique à large échelle mettant l'accent sur le régime hydrique. Le rapport part de l'idée que les changements climatiques et notre économie nous contraignent à utiliser les ressources en eau avec parcimonie : il est nécessaire de procéder à une pesée des intérêts entre la protection et l'utilisation. Or les données pédologiques, selon ce rapport, permettent une pesée des intérêts à la fois équitable et appropriée, en montrant par exemple quelles surfaces peuvent être irriguées de manière efficace ou pour quelles parcelles cela est inutile ou disproportionné (ibid., p.4).

Le rapport KOBI aborde la question de savoir comment on peut déterminer le régime hydrique de manière complète. La classification KLABS et les méthodes de cartographie FAL 24 et FAL 24+ servent de fondement dans ce contexte ; elles sont complétées comme suit (ibid., p. 30 ss) :

- saisie de données pédologiques ponctuelles avec des profils d'une profondeur de 150 cm au maximum ;
- échantillonnage et relevé de profils de sols de manière globale : en particulier pour les propriétés du sol qui concernent le régime hydrique ; échantillons de réserve, adaptation du procédé d'analyse ;
- densité de 5 profils pour 100 ha ;

- analyse d'échantillons composés pour une résolution spatiale accrue ;
- liste de paramètres pour les relevés de profils et de surfaces, qui servent avant tout à documenter la fonction de régulation du régime hydrique (annexe 6 du rapport KOBI).

Le projet « Cartes des sols » du PNR 68

Le projet « Cartes des sols » du programme national de recherche PNR 68 (2013-2018) avait pour but principal de poursuivre le développement de méthodes dans le domaine de la cartographie et de l'évaluation numériques des sols, et d'établir des cartes des propriétés et des fonctions des sols. Ses objectifs étaient les suivants :

- harmoniser des données pédologiques ;
- variables environnementales : préparer des informations de terrain numériques afin de décrire l'influence de la topographie sur les propriétés du sol ; prendre des images à haute résolution spatiale et spectrale des secteurs retenus pour les études de cas ;
- modélisation statistique : mettre au point des modèles qui prévoient les propriétés du sol à l'aide d'un nombre aussi réduit que possible de variables environnementales informatives, puis examiner leur plausibilité grâce au savoir pédologique ;
- évaluation des fonctions du sol : définir une large sélection de fonctions du sol pour établir un catalogue national de fonction de ce type.

Dans le cadre du projet, les données pédologiques d'un ensemble de 16 000 sites ont été réunies et harmonisées pour trois régions d'étude dans les cantons de Berne et de Zurich. Elles provenaient de cartographies et de programmes d'étude des sols agricoles et forestiers, de la surveillance cantonale des sols et d'études portant sur la pollution. Au total, 265 000 valeurs obtenues en laboratoire et 200 000 estimations de terrain relatives à des propriétés du sol ont été entrées dans une base de données. Pour les régions étudiées, un jeu complet d'attributs topographiques (tels que pente, exposition, etc.) a été calculé à partir de données d'altitude numériques. Un avion a pris des photographies aériennes à haute résolution spatiale et spectrale pour deux des trois régions. Dans les deux cas, les images aériennes prises à différents moments ont toutes été combinées. Parallèlement aux attributs de terrain et aux images aériennes à large spectre, de nombreuses autres variables environnementales ont été réunies pour le climat, la géologie, les sols et l'utilisation du sol. En fonction du secteur d'étude, entre 330 et 480 variables environnementales ont ainsi pu être collectées. Les résultats obtenus dans le cadre du projet montrent qu'il est important de calculer des attributs de terrain pour diverses échelles spatiales et de déterminer l'échelle optimale à l'aide d'une analyse statistique des données. Une procédure a ainsi été mise au point afin de combiner des images aériennes prises à différents moments (Diek et al. 2017).

Une nouvelle approche statistique a été développée afin d'établir automatiquement des modèles prédictifs simples en partant d'un grand nombre de variables environnementales (Nussbaum et al. 2017; Nussbaum et al. 2018b). La nouvelle méthode statistique mise au point permet de calculer automatiquement des cartes des propriétés du sol. On peut recourir à la même approche de modélisation pour tous les types de données pédologiques (variables métriques, catégorielles et ordinales). Bien qu'un très grand nombre de variables environnementales soient disponibles, peu d'entre elles ont trouvé leur place dans le modèle statistique. Il a ainsi été possible de tester simplement les modèles pour évaluer leur plausibilité pédologique. Pour les régions étudiées, la nouvelle procédure a permis de calculer avec un minimum d'effort de nombreuses cartes des propriétés du sol (Nussbaum et al. 2018b).

Ce projet constitue la première application à l'échelle régionale d'une approche numérique d'appréciation du sol à large spectre thématique (Greiner et al. 2017). Dix fonctions du sol ont été appréciées sur le plan spatial dans les secteurs d'étude : elles sont liées aux thématiques « production », « régulation des cycles de substances » et « habitat » (Greiner et al. 2018). La plausibilité de l'évaluation a été vérifiée grâce à des données pédologiques.

Le projet « Cartes des sols » a démontré qu'il était possible d'élaborer des cartes des propriétés du sol couvrant un large spectre thématique en partant de données issues d'études pédologiques antérieures et de variables environnementales liées à une surface (Drobnik et al. 2018; Greiner et al.

2018; Diek et al. 2019). L'exactitude de ces cartes peut être vérifiée de manière rigoureuse. Leur incertitude statistique peut aussi être déterminée et représentée à son tour sur des cartes. Lorsque de nouvelles informations sont disponibles, qu'il s'agisse de données pédologiques ou de variables environnementales, on peut recalculer les cartes sans grand effort.

Les approches et résultats spécifiques au projet « Cartes des sols » du PNR 68 ont été nombreux à être intégrés à la synthèse thématique intitulée « Bodeninformations-Plattform Schweiz » (Keller et al. 2018), ainsi qu'à l'étude ciblée de Nussbaum et al. (2018a). La synthèse discute des possibilités de compléter le manuel de cartographie de manière ciblée avec des méthodes numériques, en fournissant des exemples de cas pratiques. Pour cela, elle a identifié des thématiques pour lesquelles devraient être menées des études de cas avant tout régionales, afin de tester la praticabilité de certains instruments et procédures.

Projet de recherche de la Fondation Wyss dans le canton de Berne

La planification d'une cartographie est en cours depuis 2017 dans le canton de Berne. À la fin 2019, elle a débouché sur une stratégie en vue de l'élaboration d'une carte exhaustive des sols du canton de Berne (Nussbaum et Burgos 2019). La stratégie, à son tour, a permis de lancer le projet « Dienstleistungen des Bodens erfassen und in Wert setzen », dans le cadre de la Wyss Academy for Nature, à l'Université de Berne (projet Wyss) : celui-ci doit poursuivre la préparation de la cartographie dans le canton de Berne. Dans la stratégie, les auteurs proposent des adaptations méthodologiques du processus. En voici les éléments principaux :

- Planification de l'échantillonnage pour sélectionner les sites des profils et des sondages.
- Gestion centralisée des données.
- Diversification et hiérarchisation des relevés ponctuels.
- Itérations répétées des relevés ponctuels et traitement centralisé des données pour une mise à jour permanente des instruments visuels ou des informations nécessaires sur le terrain (une alternance de plusieurs phases de relevés ponctuels et de traitement des données seront nécessaires à cet effet, afin de modéliser et de représenter les informations pédologiques avec une précision croissante).
- Saisie d'informations ponctuelles dans leur forme brute en tant que chiffre estimé et non comme plage de valeurs possibles (en incluant une proposition d'indicateurs pédologiques qu'il convient de saisir pour les sondages et les profils).
- Les polygones ne sont plus délimités sur le terrain : la production des données pour toute la surface se fait à l'aide de prédictions spatiales ; les cartographes peuvent toutefois saisir des hypothèses qui sont prises en compte dans ces prédictions.
- Plus qu'aujourd'hui, les estimations de terrains doivent être complétées et soutenues par des méthodes de terrain et/ou de laboratoire. Dans ce contexte, on recourra à des méthodes de mesure par approximation telles que les méthodes chimiques en phase liquide ou les méthodes spectroscopiques de terrain ou de laboratoire (proche infrarouge [NIR], analyse de fluorescence des rayons X [FX, ou XRF en anglais], spectroscopie gamma, par exemple).
- Aide mécanique pour les sondages.
- Visualisations pour les phases conceptuelles (favoriser la compréhension du paysage) et pour les contrôles de qualité.
- Recours à des tablettes électroniques pour entrer directement les données ponctuelles dans la base de données centralisée (la saisie de lignes ou polygones avec leurs attributs serait également envisageable).

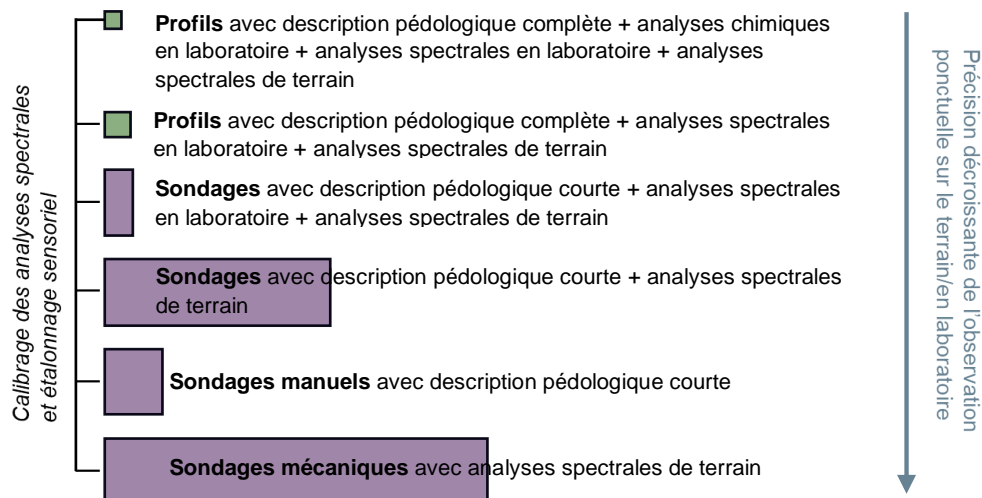


Figure 1 : Représentation des différents niveaux de précision de la description de terrain et de l'analyse en laboratoire pour les fosses pédologiques et les sondages. Les descriptions les plus exactes sont utilisées pour calibrer les relevés moins précis. Les surfaces des rectangles correspondent à une première proposition du nombre de relevés à faire par niveau de précision. La possibilité de procéder à un sondage mécanique dépend du terrain et des cultures qui y poussent, ainsi que des éventuels autres obstacles qui s'y trouvent. Extrait d'une figure de Nussbaum et Burgos 2019, p. 35.

Après la première phase du projet de recherche Wyss (2020-2023), la phase principale de la cartographie des sols doit débuter à Berne. Le projet Wyss, d'une durée de quatre ans, permet de tester de nouvelles méthodes. Ce n'est qu'à moyen terme que l'on saura dans quelle mesure les développements méthodologiques mentionnés ci-dessus portent leurs fruits.

Conclusion pour le rKA :

Au cours des deux dernières décennies, divers développements méthodologiques ont été mis au point, qui concernent le plus souvent des aspects spécifiques de la cartographie des sols. Jusqu'ici, toutefois, ne compte aucune étude n'a appliqué à une cartographie des sols ces nouvelles méthodes de manière exhaustive et en combinaison. Ces prochaines années, en Suisse, divers éléments de cartographie des sols seront testés et améliorés, dans le cadre de projets de recherche tels que le projet Wyss, mais aussi de projets de cartographie cantonaux réalisés en coopération avec le CCSols.

Il s'agit d'examiner dans quelle mesure des innovations méthodologiques ou des développements techniques peuvent être intégrés au rKA et de déterminer si le relevé d'informations pédologiques – en cas d'inclusion de ces nouveautés – fournit des résultats au moins équivalents. Il faut pour cela élaborer une « procédure d'examen » ou un « mécanisme de décision » adéquat.

2.5 Arrêté du Conseil fédéral du 8 mai 2020

Par son arrêté du 8 mai 2020, le Conseil fédéral a adopté la version révisée du Plan sectoriel des surfaces d'assolement (SDA). Le cinquième principe de ce plan (P5) précise que les inventaires des SDA doivent être établis sur la base de données pédologiques fiables. Cela signifie que ces informations doivent être relevées au moins à une échelle de 1:5000 et qu'elles doivent être contrôlées sur le terrain. Pour les nouveaux relevés, le manuel de cartographie FAL 24+ est considéré

comme la norme minimale jusqu'à ce qu'un autre manuel soit disponible (Office fédéral du développement territorial ARE 2020a, p. 12, 2020b, p. 15).

Plan pour une cartographie complète de la Suisse

Le 8 mai 2020, le Conseil fédéral a en outre chargé son administration d'élaborer un « plan pour une cartographie complète des sols de la Suisse ». Le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) et le Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR) doivent s'en charger d'ici à fin 2021. Plus concrètement, c'est l'OFEV qui dirige ce projet (BLW, BAFU, ARE 2020).

Cette cartographie est indispensable pour compléter les informations pédologiques requises. Cela requiert toutefois de planifier les différentes étapes, de clarifier la répartition des tâches et les compétences, et d'adapter les bases légales si nécessaire. Le plan pour une cartographie complète des sols de la Suisse que le Conseil fédéral a demandé au DETEC et au DEFR de lui remettre d'ici à fin 2021 doit inclure une proposition de marche à suivre et de financement des travaux.

Les trois offices fédéraux compétents – l'OFEV, l'OFAG et l'ARE – ont démarré les travaux de ce projet complexe, en impliquant de manière appropriée le CCSols, les cantons et d'autres acteurs importants.

L'élaboration du plan se divise en trois sous-projets :

1. Aspects technico-opérationnels : le CCSols élabore des variantes de marches à suivre à l'échelle nationale.
2. Aspects organisationnels et financiers : l'OFEV et ECOPLAN procèdent à des clarifications ayant trait au financement, à des questions d'économie environnementale et à la situation juridique.
3. Expériences faites par les cantons en matière de cartographie : l'OFEV et Interface lancent une enquête et effectuent une analyse d'efficacité.

Les rapports issus des trois sous-projets seront ensuite transformés en plan par les offices fédéraux compétents, puis soumis au Conseil fédéral à la fin 2021.

Au vu du temps imparti pour la remise du dossier au Conseil fédéral, il ne sera pas possible de présenter dans le sous-projet 1 une méthode de cartographie des sols exhaustive ayant fait ses preuves sur le terrain. Le rapport rédigé par le CCSols pour ce sous-projet esquissera seulement un cadre général et mettra en évidence des variantes pour la combinaison future du rKA et des diverses nouvelles méthodes. Le but premier est de déterminer au niveau fédéral s'il est possible de réaliser une cartographie des sols couvrant tout le territoire en approximativement deux décennies.

Les variantes proposées devront encore être élaborées de manière plus concrète et vérifiées au cours des prochaines années. Du côté du CCSols, on prévoit des rencontres d'information et des ateliers destinés aux acteurs concernés. Les travaux de révision du rKA seront menés comme prévu indépendamment de ces activités.

Résumé pour le rKA :

En attribuant un financement durable au CCSols, les décisions actuelles du Conseil fédéral garantissent que la classification rKLABS et le manuel rKA pourront être entretenus et développés en permanence. La pérennité au-delà de l'horizon 2022 est ainsi assurée.

Au niveau fédéral, un « plan pour une cartographie complète des sols de la Suisse » doit être élaboré avant la fin 2021. La partie opérationnelle de ce plan doit mettre en évidence des variantes envisageables pour combiner à l'avenir le rKA et diverses méthodes novatrices. Il s'agit d'examiner quelles nouveautés peuvent déjà être intégrées au rKA.

Les travaux de révision du rKA se poursuivent indépendamment de la décision du Conseil fédéral ; cette dernière les renforce toutefois de manière indirecte.

2.6 La cartographie des sols dans la pratique

Jusqu'en 1996, des spécialistes travaillaient au Service national de cartographie des sols et rassemblaient ainsi les connaissances dans ce domaine pour la Suisse. Les incohérences constatées dans la procédure étaient réglées au sein de l'équipe et les décisions prises ont débouché sur le manuel de cartographie FAL 24. Or depuis la disparition du service, ce regroupement des savoirs a pris fin, les connaissances ne sont plus développées et la formation des spécialistes de la cartographie des sols est suspendue : désormais, « l'apprentissage » se fait auprès de quelques collègues expérimentés. Cette transmission du métier de spécialiste à spécialiste sans coordination centrale a donné naissance à divers « types » de cartographie des sols. Différentes mesures ont toutefois permis d'éviter que les méthodes divergent trop fortement :

- Dans les projets de cartographie, un contrôle de qualité contribue à réduire autant que possible les divergences méthodologiques (cela inclut notamment l'organisation de journées de calibrage pendant lesquelles on discute aussi de thèmes méthodologiques).
- Pour certains projets de cartographie, les mandants restreignent déjà la marge de manœuvre méthodologique lors de l'adjudication des travaux.
- Depuis 2013, un CAS de cartographie des sols contribue à la formation de base dans ce domaine, ainsi qu'au regroupement des connaissances.
- Par ses réunions, le groupe de travail « cartographie des sols » de la SSP contribue à la sensibilisation, ainsi qu'à un rapprochement des pratiques.

Résumé pour le rKA :

Le rKA doit tenir compte des diverses pratiques et prendre en considération, uniformiser ou développer les meilleures options. Il faut réduire autant que possible les marges de manœuvre dans les procédures de travail...

... en décrivant toutes les étapes de travail ou variantes de celles-ci ;

... en déterminant quand on peut recourir à des variantes ;

... en indiquant comment les activités de cartographie doivent être documentées.

Dans l'ensemble, il convient de décrire plus clairement et de mettre à jour le déroulement d'une cartographie des sols.

2.7 Résumé des travaux menés jusqu'ici dans le cadre du projet de révision

Divers rapports techniques et documents de travail ont été rédigés dans la phase préparatoire du projet de révision ainsi que durant la première phase du module B. On y analyse différents aspects de la révision du manuel de cartographie, tels que les contenus, les besoins, l'état des applications actuelles, les règles de la technique de cartographie des sols, etc.

Il s'agit, par ordre chronologique, des documents suivants :

- a) L'avant-projet de révision de la KLABS et du KA (Weisskopf et Zihlmann 2017) a précisé les principales structures d'organisation du projet, de manière générale ainsi que pour la révision du KA ; il a mis en évidence les principaux buts de la démarche et estimé les coûts.
- b) Pour préparer le projet de révision, un document de travail d'analyse sommaire des besoins a été rédigé à la HAFL en collaboration avec M. Zürrer (Burgos et Zürrer 2018).
- c) Le groupe de travail « cartographie des sols » de la SSP a rédigé une prise de position au sujet du document d'analyse des besoins de M. Zürrer et S. Burgos (Borer et Knecht 2018; Office fédéral du développement territorial ARE 2020a).

- d) L'analyse des besoins et la prise de position qu'elle a suscitée à la SSP ont été transformées à la HAFL en une analyse détaillée (Burgos et Oechslin 2018).
- e) Durant la première phase du module B (de décembre 2019 à l'automne 2020), différents documents qui illustrent la pratique helvétique actuelle ont été comparés afin d'identifier l'état des applications utilisées et les règles de la technique de cartographie des sols en Suisse. Il a ainsi été possible d'une part d'en déduire les besoins effectifs et d'autre part d'élaborer une esquisse de manuel de cartographie. Les trois produits suivants en sont issus :
- Produit 1 « Liste de comparaison des méthodes » : mise en regard de dix documents concernant la méthodologie de la cartographie en Suisse (Wernli et al. 2020a).
 - Produit 2 « Rapport intermédiaire » : détermination des besoins par la mise en évidence d'étapes de procédure qui ne coïncident pas entre les méthodes (« dissensus ») (Wernli et al. 2020b).
 - Produit 3 « Esquisse de manuel de cartographie » : structure brute de manuel de cartographie, basée sur les étapes de procédure concordantes entre les différentes méthodes (« consensus ») (Wernli et al. 2020c).

Les résultats issus des travaux mentionnés ci-dessus et les autres enseignements provenant des chapitres 2.1 à 2.6 peuvent être résumés comme suit :

1) Échelles

Réflexions de base :

La figure 2 présente les facteurs qui interagissent avec l'échelle. Le but de la cartographie des sols détermine l'échelle et la procédure. L'échelle visée, la variabilité spatiale rencontrée et la densité d'échantillonnage qui en découle, notamment, influencent le déroulement de la cartographie. Toutefois, certaines étapes du processus de cartographie ne dépendent pas de l'échelle. La densité des points relevés et la précision ainsi obtenue pour les unités spatiales concernées affectent la résolution des informations pédologiques relevées et donc aussi les applications concrètes.

Par « échelle visée », on n'entend pas l'échelle de visualisation des cartes des sols, mais la précision spatiale des informations pédologiques représentées (une carte qui a été générée en effectuant un seul sondage par hectare peut être présentée aussi bien au 1:1000^e qu'au 1:10 000^e). La question de savoir quelle précision peut être obtenue avec quelle densité d'échantillonnage et comment celle-ci peut être représentée dans les documents cartographiques est cruciale pour le déroulement des travaux.

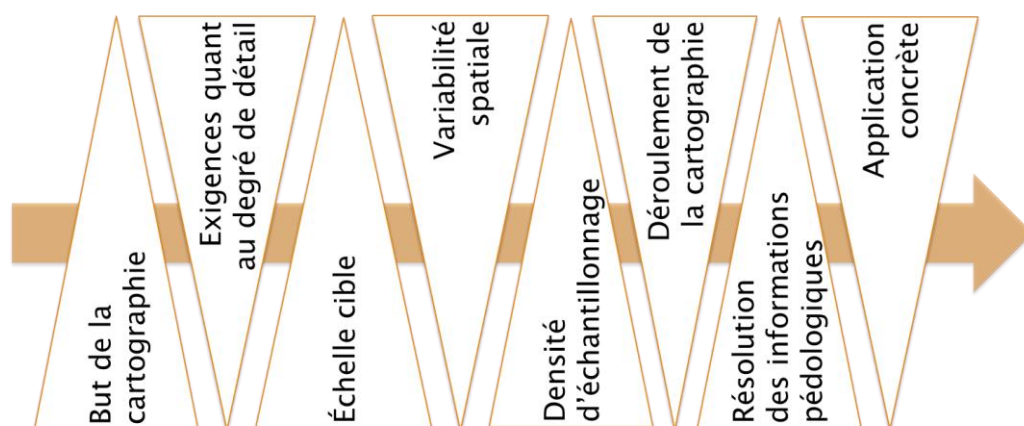


Figure 2 : Interactions entre les facteurs influençant le choix de l'échelle.

Références concrètes dans les travaux préalables

Dans le manuel FAL 24 (Brunner et al. 1997) et celui pour la cartographie des sols forestiers (Ruef et Peyer 1996), l'accent est mis sur la production de cartes des sols à la plus grande échelle possible (1:1000 à 1:10 000), avec des références à la cartographie des sols à l'échelle 1:25 000. Le manuel FAL 24+ (Bodenschutzfachstelle des Kantons Solothurn 2017) est conçu pour une échelle de 1:5000. C'est aussi à cette échelle qu'ont été menées les cartographies au cours des 10 dernières années. Dans l'avant-projet (Weisskopf et Zihlmann 2017), bien que des modules soient proposés pour diverses échelles, l'accent est également mis sur la plage comprise entre 1:1000 et 1:10 000, ou alors cet aspect est réglé de manière implicite puisque le processus de cartographie proposé se fonde sur la méthode FAL 24+ et donc aussi sur une échelle de 1:5000.

Dans l'intervalle, le plan sectoriel des surfaces d'assolement clarifie désormais la question en indiquant que la délimitation de SDA requiert une cartographie du sol à l'échelle 1:5000.

Une enquête menée en mai 2020 auprès des personnes impliquées dans le projet de révision (membres du comité du projet et du comité d'experts) a produit une image similaire : la majorité d'entre elles estiment que le rKA devrait se concentrer sur une échelle de 1:5000. Certaines voix argumentent en faveur d'une extension à des échelles plus petites (dans certaines régions, on préfère une cartographie à plus petite échelle pour des questions d'utilisation ; diverses étapes du travail de cartographie sont en principe indépendantes de l'échelle).

On souligne qu'il convient de définir des exigences pour la densité de sondages par hectare ou par polygone. Dans la mesure où des relevés de sols sont effectués conformément aux exigences de la rKLABS et du rKA, la densité de sondages peut aussi être utilisée plus tard comme indicateur lors de l'évaluation de la qualité d'une cartographie des sols.

2) Déroulement de base d'une cartographie des sols

Grâce à la comparaison des méthodes (Wernli et al. 2020a), on connaît le déroulement de base d'une cartographie des sols et on peut savoir dans quelle mesure les diverses étapes se ressemblent ou divergent en fonction de la méthode. Certaines étapes nécessitent toutefois encore des clarifications.

Le déroulement d'une cartographie des sols, tel qu'il découle des documents mentionnés au chapitre 2.3.1, est décrit à l'annexe 1 (structure brute du manuel de cartographie, produit 3 (Wernli et al. 2020c)). Il est également résumé ci-dessous. **Il doit être vu comme une proposition provisoire et comme une base de discussion pour la révision du rKA proprement dite.** Les étapes de travail qui n'ont pas fait l'objet de contestations jusqu'ici ne sont pas signalées dans le résumé. Les étapes qui nécessitent encore des clarifications sont indiquées en *italiques*.

A) Phase de préparation

- A.1 Réflexions de base (but du projet de cartographie, réflexions concernant l'échelle, densité des profils et des sondages, coûts, etc.)
- A.2 Détermination de l'organisation de projet
Personnes impliquées, périmètre, informations pédologiques à relever, calendrier, communication, contrôle de qualité, aspects juridiques

- A.3 Appel d'offres
 - A.4 Acquisition et élaboration des données de base
 - A.5 Séance de démarrage
 - A.6 Information des personnes concernées (propriétaires fonciers, exploitants, notamment)
- B) Phase conceptuelle
- B.1 Étude des données de base (notamment analyse du relief)
 - B.2 Formulation d'hypothèses
 - B.3 Aperçu de la situation sur place
Sondages de reconnaissance, mise au net de l'analyse de relief, compilation d'hypothèses, concept mental de cartographie
 - B.4 *Concept écrit de cartographie*
 - B.5 Établissement de la carte conceptuelle (év. *exemples de cartes conceptuelles en annexe*)
 - B.6 Choix de l'emplacement des profils représentatifs⁶
 - B.7 Vérification de l'existence de conduites
 - B.8 Contrôle de qualité de la phase conceptuelle
- C) Phase des profils
- C.1 Installation et description de la fosse pédologique (avec renvoi au chapitre correspondant de la rKLABS)
 - C.2 Journée de calibrage
 - C.3 Contrôle de qualité de la phase des profils, y compris évaluation du profil pédologique
- D) Cartographie de terrain
- D.1 Préparation de la cartographie
 - D.2 Description des moyens utilisés pour la cartographie de terrain (« liste de matériel »)
Outillage, plan du terrain, procès-verbal de relevé
 - D.3 *Sondages : choix des emplacements, saisie, documentation et modèle de données*
 - D.4 *Délimitation de polygones*
 - D.5 *Documentation de la délimitation des polygones*
 - D.6 *Jeu de données de la surface : consignes, variantes de délimitation, mise au net et modèle de données*
 - D.7 Contrôle de qualité des polygones avec leurs attributs
- E) Préparation et contrôle des données

⁶ Le terme « profil représentatif » sera intégré au futur glossaire. Proposition de définition actuelle : profil creusé durant la phase des profils d'une cartographie des sols et utilisé comme référence/calibrage lors de la cartographie ; synonyme de « profil de référence ».

F) Rapport final et remise des données

3) Amélioration du modèle pour les données liées à des surfaces

Le modèle de données surfaciques (jeu de données des sondages et jeu de données des surfaces) correspond pour l'instant à un modèle dit « en deux couches ». Tant les sondages que les données surfaciques sont saisis en séparant la couche supérieure du sol de la couche sous-jacente. Il s'ensuit que les données saisies sont en partie des données agrégées, ce qui rend plus difficile leur utilisation pour certaines applications.

L'analyse détaillée (Burgos et Oechlin 2018, p. 19f) demande que le modèle de données fasse l'objet de discussions et qu'on s'efforce dans ce contexte de trouver des solutions qui permettent aussi à l'avenir une large utilisation des données pédologiques. Les auteurs proposent que les sondages soient prélevés par horizons ou en fonction de plusieurs secteurs (couches) de sol – tout au moins pour les sondages qui sont enregistrés et réutilisés ultérieurement. Cette proposition doit être discutée pour déterminer quels en sont les avantages et les inconvénients, les coûts et les bénéfices. Le jeu de données de la surface ne doit pas être enregistré en distinguant des horizons, car cela donnerait l'illusion d'une précision qui n'existe pas en réalité. Il convient toutefois de veiller à une traçabilité maximale lorsqu'on déduit le jeu de données de la surface, par une documentation appropriée.

La solution retenue doit garantir que les données pédologiques relevées ou traitées au cours des dernières années dans le cadre de projets cantonaux de cartographie des sols pourront toujours être représentées dans le modèle de données.

4) Adaptabilité du rKA

Tous les travaux préliminaires ont montré qu'un manuel révisé devait pouvoir être appliqué dans divers domaines et qu'il devait aussi satisfaire à des buts variés. Le rKA doit ainsi :

- ... permettre de relever efficacement les surfaces d'assolement ;
- ... pouvoir être utilisé aussi bien en forêt qu'en zone agricole ;
- ... fournir des instructions non seulement pour la cartographie sur le Plateau ou dans les Préalpes, mais aussi en région de montagne ;
- ... décrire la mise en œuvre de projets de cartographie de petite ou de grande ampleur ;
- ... expliquer comment procéder à des relevés pour les projets de construction ;
- ... permettre diverses analyses, appréciations et applications ;
- ... clarifier la manière de traiter la variabilité spatiale (ou « hétérogénéité ») ;
- ... etc.

Le projet de révision ne peut pas satisfaire entièrement à ces exigences très variées : il convient donc de déterminer un ordre de priorité et de veiller à ce que le concept retenu pour le rKA permette facilement des extensions ultérieures.

5) Coordination avec d'autres travaux

Grâce à la mise en place du Centre de compétences sur les sols à partir de 2019 et à l'arrêté du Conseil fédéral de mai 2020, la cartographie des sols en général bénéficie de beaucoup d'attention ; c'est aussi le cas, en particulier, de l'amélioration des méthodes, de la formation du personnel requis et de l'organisation de la cartographie à l'échelle de la Suisse. Ces thèmes font ainsi l'objet de débats intenses. Les savoirs sont répartis entre divers acteurs et les produits sont disponibles en différents endroits (tableau 2). Pour le développement de la

méthodologie de cartographie, il convient de tenir compte de tous les acteurs, du plus grand éventail de connaissances possible et de tous les produits.

Acteurs		Projets / rôle	Remarques
Responsabilité principale	Exécution		
OFEV, ARE, OFAG	CCSols	Dossier « Plan pour une cartographie complète des sols de la Suisse » → variantes techniques pour la procédure Projets menés avec les cantons pour le développement et le test de nouvelles méthodes Normalisation des méthodes d'analyse	
CCSols	Direction du projet « Rév. KLABS / KA »	Révision KLABS / KA : modules A et B	
OFEV	Divers mandataires	Travaux préalables au projet de révision	
Cantons	SO, LU, ZH, etc.	Cartographies en cours dans les cantons Les cantons en tant que mandants	Les spécialistes cantonaux disposent d'un savoir important Tester des innovations et en discuter
SSP	Groupes de travail	Documentations diverses liées aux discussions, produits issus de projets...	
Spécialistes de la cartographie		Spécialistes de la cartographie en tant que mandataires et conseillers	Détenteurs de savoir, formation de base et formation continue de la relève pour la cartographie des sols
Universités et hautes écoles spécialisées		Projets de recherche de cartographie des sols Organisation d'un CAS en cartographie des sols	Tester des innovations et en discuter
Canton de BE	HAFL	Préparation de la cartographie pour Berne, projet Wyss : « Dienstleistungen des Bodens erfassen und in Wert setzen », dans le cadre de la Wyss Academy for Nature à l'Université de Berne	Tester des innovations et en discuter
Organes internationaux		Développement de méthodes étrangères (p. ex. groupe de travail DBG pour améliorer les manuels KA5 et KA6)	

Tableau 2 : Acteurs, projets et connaissances liés à la cartographie des sols en Suisse, état en 2020.

6) L'intégration d'innovations en tant que tâche permanente

Comme le décrit le chapitre 2.4, il y aura continuellement de nouvelles options permettant de compléter et d'optimiser certaines étapes de la cartographie des sols avec des méthodes ou techniques nouvelles. Les techniques et méthodes mentionnées au chapitre 2.4 peuvent en principe être divisées en deux groupes d'innovations. Cette répartition n'est toutefois pas univoque : certaines innovations peuvent être attribuées aussi bien au premier groupe qu'au second. La distinction est faite entre celles auxquelles on recourt de manière ponctuelle pour améliorer une étape de travail et celles qui sont utilisées de telle manière que le processus de cartographie décrit au chapitre 2.7 est fondamentalement modifié.

Innovations du premier groupe

Ces innovations ne modifient pas le processus de cartographie présenté, mais élargissent le champ des possibilités techniques pour certaines étapes de travail. Elles sont parfois déjà utilisées dans la pratique. En font partie les nouveautés suivantes :

- Visualisations de données de base : par exemple le calcul de formes de terrain se fondant sur des modèles numériques durant la phase conceptuelle.
- Propositions de sites de prélèvements d'échantillons : des sites possibles pour le relevé de profils représentatifs et la réalisation de sondages sont proposés durant la phase conceptuelle à l'aide d'un plan d'échantillonnage statistiquement optimisé.
- Simplification ou amélioration du contrôle de qualité grâce à des cartes de visualisation correspondantes (cartes thématiques de contrôle) et grâce à des examens automatisés.
- Recours à des tablettes électroniques pour relever des données ponctuelles, mais aussi des données surfaciques (polygones avec leurs attributs).
- Intégration de méthodes de mesure spectroscopiques de terrain ou de laboratoire par approximation (proche infrarouge [NIR], analyse de fluorescence des rayons X [FX, ou XRF en anglais], spectroscopie gamma, par exemple).
- Développement et application de fonctions de pédotransfert calibrées sur le plan régional⁷ pour obtenir une base de données plus fournie.

Innovations du second groupe

Ces innovations modifient le processus de cartographie tel qu'il est présenté au chapitre 2.7. Le relevé ponctuel reste inchangé.

- Procédure itérative : en alternant les phases d'échantillonnage et les phases de modélisation, la grille de sondages est densifiée progressivement, tout comme la précision des prédictions spatiales, jusqu'à ce qu'elles répondent aux exigences qualitatives requises :
 - Désignation de sites d'échantillonnage à l'aide de plans statistiquement optimisés : le concept est appliqué à toutes les phases d'échantillonnage, mais une certaine proportion des échantillons peuvent être choisis librement.
 - Prédiction spatiale des propriétés du sol et estimation de l'incertitude de cette prédiction à l'aide de modèles statistiques : utilisation permanente pendant toute la cartographie et calcul constant des incertitudes à l'aide de modèles statistiques pour contrôler la qualité des informations pédologiques.
- Renoncement à la délimitation de polygones.

⁷ Les fonctions de pédotransfert permettent d'établir des relations entre des propriétés du sol et certains indicateurs, puis de les appliquer à des données pédologiques nouvellement prélevées. Une fonction de pédotransfert bien connue, par exemple, propose une estimation de la capacité de rétention d'eau pour les plantes à l'aide de la teneur en argile et en limon, de la teneur en humus et de la masse volumique apparente Greiner et Keller (2017, p. 9).

Pour le projet de révision, seules les options du premier groupe doivent être prises en considération dans la perspective de leur intégration au rKA. Cela requiert une procédure de décision appropriée, qu'il faudra encore mettre au point. Pour que des nouveautés soient admises dans le rKA, elles devront faire l'objet d'un large consensus.

Les méthodes et techniques du second groupe doivent encore être testées dans le cadre de projets de recherche et de projets pilotes, afin de déterminer si elles sont adaptées à la pratique.

3 Concept du manuel de cartographie révisé

Le chapitre qui suit propose un concept pour le rKA en partant de l'analyse présentée au chapitre 2.

3.1 Généralités

3.1.1 Le rKA dans le contexte du projet de révision

Selon la Stratégie de mise en œuvre (Marugg et Schmidhauser 2019), le projet de révision se divise en plusieurs modules. Cette répartition avait pour but de bien séparer la description du sol avec sa classification (module A), la procédure de cartographie du sol destinée à produire des données surfaciques (module B : Représentation spatiale) et l'interprétation (module C) dans le produit final « Classification et cartographie des sols de Suisse ». Comme le montre le chapitre 2.2, cela constitue une différence importante par rapport à l'ancien manuel de cartographie FAL 24, où ces éléments ne sont pas pris en compte dans la même mesure. Le rKA (module B du projet de révision) doit n'aborder que la question de la méthodologie de cartographie. Les descriptions portant sur un point de l'espace sont traitées dans le module A et l'interprétation des informations pédologiques dans le module C. C'est le CCSols qui s'occupera de ce dernier module.

3.1.2 Public cible du rKA

Le public cible du rKA est constitué de pédologues et de spécialistes d'autres disciplines qui sont concernés par la cartographie des sols, en font ou la développent : cartographes des sols (y compris personnes en formation), personnes compétentes pour l'octroi de mandats de cartographie (services cantonaux de la protection des sols), spécialistes qui forment la relève des cartographes ou employé-e-s du Centre de compétences sur les sols.

3.1.3 Buts du rKA

Le manuel doit atteindre avant tout les buts suivants :

- Le rKA permet de procéder à des relevés comparables de tous les sols de Suisse dans toutes les régions et pour des utilisations variées.
- Le rKA décrit le processus de cartographie de manière compréhensible pour le public cible ; il structure ce processus et garantit ainsi la qualité des produits qui en sont issus.
- Le noyau central du rKA (module de base et module « forêt ») est élaboré dans une première phase allant jusqu'à la fin 2022 ; des modules complémentaires sont mis au point dans une deuxième phase s'étendant jusqu'à 2025.
- Grâce à sa structure modulaire, le rKA peut encore être étendu et adapté après 2025.

On poursuivra également les buts secondaires suivants :

- Le rKA permet de délimiter des surfaces d'assolement (SDA) et des surfaces de compensation pour ces dernières conformément au plan sectoriel des SDA.
- Avec la rKLABS, le rKA comment les informations pédologiques relevées avant et après 2023 sont corrélées (compatibilité avec la méthode FAL 24+).
- Le rKA montre comment les données pédologiques existantes peuvent être intégrées au processus de cartographie.
- Le rKA peut facilement être utilisé sur le terrain.
- Grâce à leurs versions française, allemande et italienne, le rKA et la rKLABS réduisent les problèmes liés aux langues pour la description des sols, leur classification et leur cartographie ; le rKA constitue ainsi un fondement important de la coopération technique interrégionale.

3.2 Échelle

Le rKA sera prévu pour une échelle de 1:5000. Cette restriction se fonde sur le plan sectoriel des SDA, ainsi que sur une large consultation des organes participant à la révision (CE, CP et mandant du projet). Le rKA fournira des indications concrètes sous forme de tableaux, aussi bien sur les échelles de relevé et de visualisation que sur la densité de sondages par hectare et par polygone. Il contiendra aussi des informations pour adapter la cartographie à des échelles plus grandes (jusqu'à 1:1000) ou plus petites (jusqu'à 1:25 000).

3.3 Structure modulaire

Le manuel de cartographie est structuré de manière modulaire (figure 3). Les modules complémentaires se fondent impérativement sur le module de base, dont ils constituent en réalité des extensions.

3.3.1 Module de base

Le processus de cartographie de base est décrit étape par étape. **Il correspond au processus de cartographie standard.** Certaines étapes peuvent être décrites de manière univoque, alors que d'autres laissent des options ouvertes et les cartographes doivent indiquer celles retenues (une brève documentation est requise). Le module de base propose des consignes pour les jeux de données de diverses variables relevées (jeu de données de la surface, jeux de données ponctuelles, éventuellement jeux de données de géométrie ; le jeu de données du profil est omis ici parce qu'il est décrit dans le module A).

Le module de base répond vraisemblablement aux exigences nécessaires pour délimiter les SDA et des surfaces de compensation SDA conformément au plan sectoriel correspondant. Il faudra vérifier dans le cadre du projet de révision si ce but secondaire peut être atteint à l'aide de ce module (voir LT 11.6).

3.3.2 Modules complémentaires

Module « forêt »

Les étapes de travail qui divergent du module de base sont désignées et motivées. Le module « forêt » contient des spécifications pour les jeux de données requis. Certains contenus de ce module issus du produit 3 du lot de tâches 10.1 (voir chapitre 2.7) sont déjà disponibles.

Autres modules

Quelques autres modules sont proposés. Il faudra encore examiner si tous peuvent trouver leur place dans le rKA d'ici à 2025, ou seulement certains d'entre eux, voire d'autres qui n'ont pas encore été mentionnés. Les modules complémentaires sont fondés sur le module de base qu'ils étendent de manière ponctuelle.

- Module pour des cartographies de grande ampleur : étude et éventuellement élaboration d'un module montrant comment le module de base peut être appliqué dans des projets de grande ampleur.
- Module pour les chantiers : on ne dispose pas encore de travaux préalables écrits, mais de nombreux spécialistes disposent d'expérience en matière de cartographies des sols en lien avec des projets de construction. Pour ce module, la difficulté consiste à réunir en un module une grande diversité de chantiers (types de chantier, tailles).
- Module pour des zones dont les sols sont fortement affectés par les activités humaines. Des réflexions préalables ont déjà été menées dans le produit 3 du lot de tâches 10.1 (voir chapitre 2.7).
- Module pour les zones de montagne : la variabilité à courte distance particulièrement marquée en montagne requiert des adaptations de certaines étapes de la cartographie.

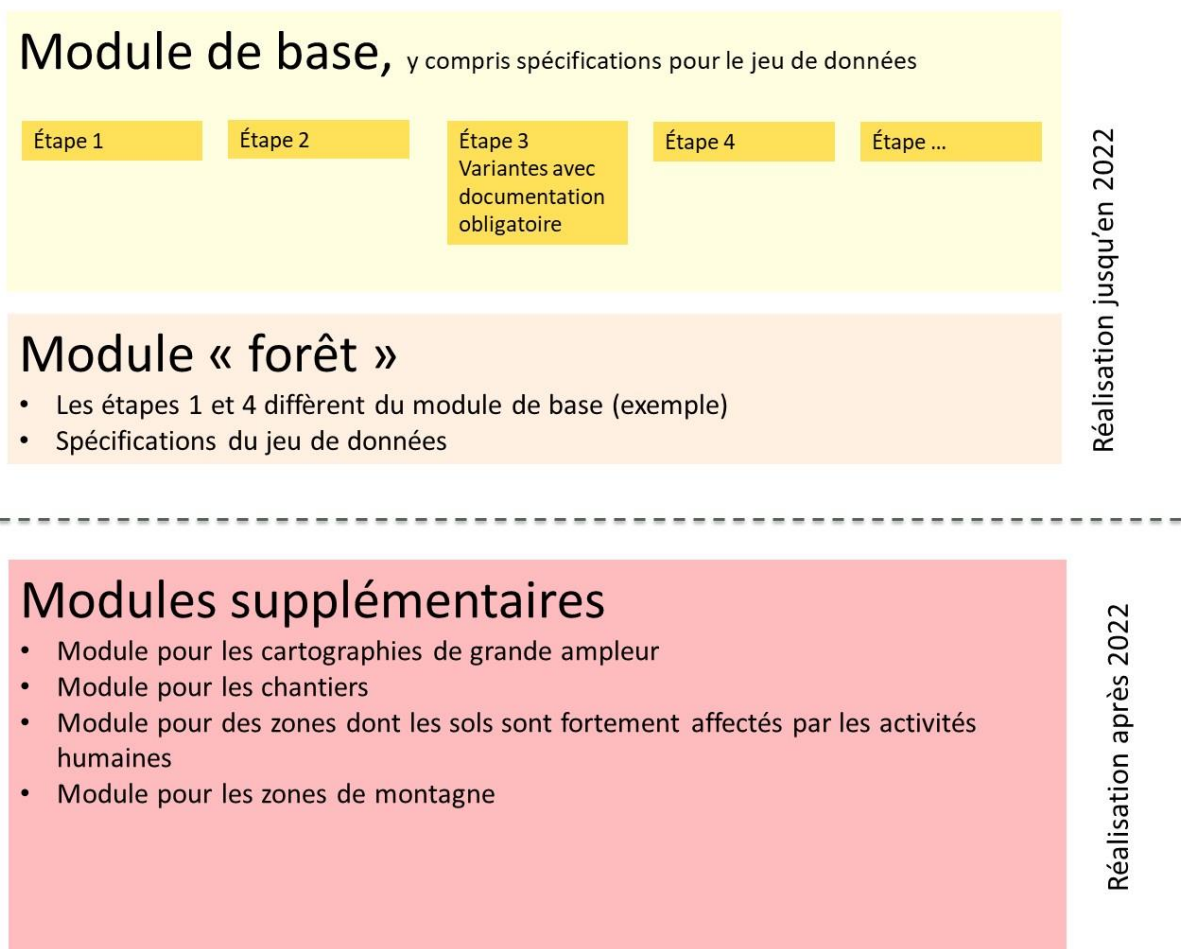


Figure 3 : Modèle possible de la structure du futur manuel de cartographie.

3.3.3 La variabilité spatiale

La variabilité à courte distance – qui concerne des espaces plus restreints que la plus petite unité à représenter – est un défi pour toute cartographie. Il en va de même en cartographie des sols, et lors de l'analyse et de la représentation des données pédologiques. Diverses stratégies permettent de surmonter cette problématique pour les sols. Jusqu'ici, on a le problème a été résolu à l'aide de différentes méthodes de délimitation de polygones ou parfois par la formation d'unités complexes. La manière d'aborder la variabilité spatiale dépend aussi des exigences posées en matière d'échelle (voir chapitre 2.7). Ces dernières années, les mandants ont souvent cherché à restreindre le plus possible le recours aux unités complexes, parce que le traitement et la représentation de ces données sont compliqués, tout comme leur interprétation.

Le rapport intermédiaire (Wernli et al. 2020b), notamment, suggère d'autres solutions pour traiter la variabilité spatiale à l'avenir. Ces propositions devront encore être discutées.

La délimitation de polygones et, dans ce contexte, la gestion de la variabilité à courte distance de manière générale sont traitées et élaborées dans le cadre du module de base. D'autres spécifications peuvent être reprises dans les modules supplémentaires si le besoin s'en fait sentir.

- La variabilité spatiale des formes d'humus doit être prise en compte dans le module « forêt ».
- La variabilité spatiale due aux influences anthropiques doit être intégrée au module consacré aux sols fortement affectés par les activités humaines.
- La gestion de la variabilité spatiale en montagne doit être incluse dans le module relatif aux zones de montagne.
- Etc.

Pour l’instant, on ne sait pas clairement si ces problématiques se ressemblent sur le fond ou non, et donc si elles peuvent être clarifiées de manière satisfaisante en décrivant des étapes de travail dans le module de base ou si elles nécessitent une clarification spécifique dans les autres modules.

4 Procédure suivie pour la révision

4.1 Introduction

Ce chapitre décrit la procédure de révision pour le module B et présente les lots de tâches. Il montre comment le chapitre 3 doit être mis en œuvre sur le plan opérationnel.

4.2 Lots de tâches du module B

La révision du module B (voir Marugg et Schmidhauser 2019) inclut un total de six lots de tâches (ils sont divisés en sous-lots → il y a en tout 18 sous-lots de plus ou moins grande taille) ; le lot LT10 est toutefois achevé avec la rédaction du présent document. L’annexe 2 comprend les cahiers des charges de tous les autres lots.

La priorité est donnée à l’élaboration du lot LT 11.

La direction de projet (DP) assume la coordination, le pilotage et l’harmonisation des lots de tâches. Elle est impliquée de manière déterminante dans chaque lot.

Tableau 3 : Lots de tâches, contenu et exécution du module B (selon la numérotation séquentielle utilisée pour le projet de révision).

Lot de tâches	Contenu	Exécution
Lot de tâches 10 : phase 1, module B		
LT 10.1 État de la technique de la cartographie des sols	Terminé, voir chapitre 2.6.	Mandataire externe
LT 10.2 Rédaction du guide pour la révision du manuel de cartographie	Terminé (il s’agit du présent document). Synthèse des travaux déjà menés. Stratégie pour la révision du manuel de cartographie. Définition de lots de tâches plus précis.	DP avec soutien externe
LT 11 Élaboration du module de base du manuel (module « forêt » et exigences pour les SDA inclus)		
LT 11.1 Module de base	Structure fondamentale du module de base et formulation. Les produits 1 et 3 issus du lot de tâches 10.1 servent de fondement au LT 11.1. La structure brute est étendue pour constituer le module de base.	Mandataire externe
LT 11.2 Jeux de données		
LT 11.2a Contenus requis – Liste de paramètres – Relevé des données	Contenus requis pour la cartographie des sols ; examen de toutes les propriétés du sol qui sont nécessaires ou souhaitées, selon un schéma prédéfini. Clarification des termes importants, par exemple « jeu de données de sondage », « jeu de données de la surface ».	DP et CCSol, avec consultation d’experts
LT 11.2b Saisie d’informations pédologiques par couche ou horizon	Préparation, exécution et documentation d’un atelier sur le thème du relevé d’informations pédologiques par couche ou par horizon.	Atelier (mandataire externe)

Lot de tâches	Contenu	Exécution
LT 11.2c Définition de couches	Formulation de définitions pour les couches requises selon le lot LT 11.2b ; si nécessaire, lancer la préparation du modèle d'horizons.	DP au début, puis à déterminer
LT 11.3 Cartographie de terrain	Ce lot de tâches consiste à décrire les étapes de travail de la phase de cartographie de terrain.	
LT 11.3a Description de sondages et déduction de données pour un polygone	Mise au point de variantes pour la description de sondages et la déduction de données surfaciques.	Mandataire externe
LT 11.3b Variabilité spatiale	Il s'agit de mettre en évidence comment est concrètement traitée la variabilité spatiale lors de la cartographie des sols, tant en Suisse que sur le plan international. Apports pour le lot LT 11.3c.	Mandataire externe
LT 11.3c Délimitation de polygones	Il s'agit de préparer des critères de délimitation et des variantes de procédure pour la détermination de polygones et d'y inclure la gestion de la variabilité spatiale, selon une approche à la fois concrète et en phase avec la pratique. Les propositions faites seront intégrées au module de base.	Mandataire externe
LT 11.4 Module « forêt »	Le produit 3 issu du lot LT 10.1 sert de base au lot LT 11.4. Les contenus correspondants de la structure brute sont développés pour constituer le module « forêt ». Traitement de la variabilité spatiale pour le cas spécifique des sols forestiers, en particulier pour leurs formes d'humus. Élaborer les spécifications du jeu de données.	Mandataire externe
LT 11.5 Exigences pour les SDA	Il s'agit d'examiner dans quelle mesure le module de base remplit les exigences définies pour la délimitation de SDA et de surfaces de compensation SDA. Les éventuelles divergences devraient être supprimées et le module de base complété.	Mandataire externe
LT 12 Innovations	Détermination d'une « procédure d'examen » permettant de décider si une nouveauté doit être intégrée au rKA ou non. Discussion et examen d'innovations qui seront éventuellement intégrées au rKA (module de base) pour 2022. Formulation des innovations admises pour le module de base. Discussion et examen d'autres innovations qui pourront éventuellement être intégrées au module de base pour 2024 ou plus tard.	DP et CCSol, avec consultation d'experts
LT 13 Synthèse	Première synthèse en 2022, deuxième synthèse en 2024. Mise au net et formulation définitive du module de base et du module « forêt » pour la fin 2022. Mise au net et formulation définitive du manuel de cartographie (version 0 du rKA) en 2024.	DP avec un mandataire externe
LT 14 Élaboration de modules supplémentaires		

Lot de tâches	Contenu	Exécution
LT 14.1 Besoins et ordre de priorité des modules supplémentaires	Définition d'un ordre de priorité pour les modules supplémentaires envisageables, dans le cadre d'un processus participatif impliquant tous les participants au projet de révision.	DP, OFEV, GQR
LT 14.2 à 14.X Modules supplémentaires XY	Élaboration des modules ci-dessous, si cela a été décidé dans le cadre du lot LT 14.1. Les cahiers des charges doivent encore être établis ou élaborés plus précisément. <ul style="list-style-type: none"> • Module pour les cartographies de grande ampleur • Module pour les chantiers • Module pour les sols fortement affectés par les activités humaines • Module pour les zones de montagne 	Mandataire externe
LT 15 Rédaction du module B		DP, CCSols, autres experts / soutien externe

4.3 Tâches transversales

Pour les divers lots de tâches, la DP peut fournir une liste bibliographique de tous les ouvrages déjà consultés. De manière générale, les mandataires sont toutefois tenus de consulter d'autres documents spécialisés, de les citer correctement dans les produits créés et de tenir à jour une liste de références par lot de tâches. La documentation spécialisée sera regroupée dans le cadre des travaux de synthèse du lot 13.

Chaque lot de tâches inclut l'ajout de termes au glossaire. Celui-ci est géré sous forme électronique par la DP et coordonné par le CCSols. Les entrées requises sont à chaque fois discutées puis convenues avec le mandataire.

Liste des figures

En couverture : travaux de cartographie des sols, photo mise à disposition par SoilCom GmbH, Zurich.

Figure 1 : Représentation des différents niveaux de précision de la description de terrain et de l'analyse en laboratoire pour les fosses pédologiques et les sondages. Les descriptions les plus exactes sont utilisées pour calibrer les relevés moins précis. Les surfaces des rectangles correspondent à une première proposition du nombre de relevés à faire par niveau de précision. La possibilité de procéder à un sondage mécanique dépend du terrain et des cultures qui y poussent, ainsi que des éventuels autres obstacles qui s'y trouvent. Extrait d'une figure de Nussbaum et Burgos 2019, p. 35.	11
Figure 2 : Interactions entre les facteurs influençant le choix de l'échelle.	14
Figure 3 : Modèle possible de la structure du futur manuel de cartographie.	23

Liste des tableaux

Tableau 1 : Travaux du groupe de travail SSP « cartographie des sols » comprenant des précisions concrètes pour le rKA.	6
Tableau 2 : Acteurs, projets et connaissances liés à la cartographie des sols en Suisse, état en 2020.	18
Tableau 3 : Lots de tâches, contenu et exécution du module B (selon la numérotation séquentielle utilisée pour le projet de révision).	24

Liste des abréviations

ARE	Office fédéral du développement territorial
CCSols	Centre de compétences sur les sols
CE	Comité d'experts
CP	Comité de projet
DEFR	Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche
DP	Direction du projet de révision
FAL 24+	Manuel de projet du service de la protection des sols du canton de Soleure (FABO SO) 2017, pour la cartographie des sols dans le canton de Soleure. Méthode mise au point en développant le manuel -> FAL 24.
FAP / FAL	Anciennes stations fédérales de recherches agronomiques, actuellement fondues au sein d'Agroscope FAP : Station fédérale de recherches agronomiques de Zurich-Reckenholz (1968-1995) FAL : Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, de Zurich-Reckenholz (1996-2005)
GT	Groupe de travail, voire Groupes de travail SSP -> KLABS et -> KA

HAFL	Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires
IS-CH 2003	Projet de la SSP destiné à sauvegarder des données analogiques de profils de sols
KA / FAL 24	Manuel de cartographie : Cartographie et estimation des sols agricoles. Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Zurich-Reckenholz (FAL), Zurich Reckenholz.
KLABS	Classification des sols de Suisse
LT	Lot de tâches
NABODAT	Système national d'information pédologique (géré par le Centre de services NABODAT)
OAN	Office de l'agriculture et de la nature du canton de Berne
OFAG	Office fédéral de l'agriculture
OFEV	Office fédéral de l'environnement
Projet de révision	-> Révision KLABS / KA
Révision KLABS / KA	Projet de révision de la Classification des sols de Suisse (KLABS) et du manuel de cartographie de Suisse (KA) -> Projet de révision
rKA	Manuel révisé de cartographie des sols de Suisse (résultat de la révision)
rKLABS	Classification révisée des sols de Suisse (résultat de la révision)
Soildat	Outil web de saisie de données pédologiques
SSP	Société suisse de pédologie

Contrôle des versions

Version	Date	Description	Auteur
1.0	26.05.2020	Création du document	D. Marugg
1.0	Jusqu'au 23.7.2020	Rédaction du document, mise au net de la bibliographie	D. Marugg
1.1	Août 2020	Intégration des apports du CCSols	D. Marugg
1.2	Septembre 2020	Ajout de l'annexe 2 : cahiers des charges succincts Intégration des avis issus de la préconsultation	D. Marugg
1.3	Décembre 2020	Intégration des avis issus de la consultation (CE, membres du CP, CCSols, GQR)	D. Marugg
	Janvier 2021	Traduction en français	S. Cuennet
	Février – Mai 2021	Révision de la version française	C. Fischer
	Juin 2021	Finalisation de la version française	D. Marugg

Bibliographie

- Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen, 2015. Handbuch Umwandlung der Eignungskarten in Bodenkarten. Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen, inédit, 74 p.
- Behrens T, Schmidt C, Keller A, 2017. Digital Soil Mapping, Factsheets, inédit. BAFU (Soilution GbR und Nationale Bodenbeobachtung (NABO), Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt), Heusweiler und Zürich.
- BGS (Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz), 2000. Umfrage Bodenkartierung. Bedarfsabklärung Bodenkarten und Bodeninformation Aufgaben im Zusammenhang mit der Bodenkartierung, Ideen zu einer Bodeninformationsstelle, inédit, 56 p.
- BLW, BAFU, ARE, 2020. Faktenblatt: Kompetenzzentrum Boden und Bodenkartierung, 2 p.
- Bodenschutzfachstelle des Kantons Solothurn, 2017. Kartiermethodik. Kartiermethode FAL 24+, inédit. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn, Solothurn, 40 p.
- Borer F, Knecht M, 2014. Bodenkartierung Schweiz Entwicklung und Ausblick, inédit. Arbeitsgruppe Bodenkartierung der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz.
- Borer F, Knecht M, 2018. Umfrage zur Grobbedarfsanalyse RevKA. Auswertung. Zuhanden der Projektleitung RevKLABSKA. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, Arbeitsgruppe Bodenkartierung.
- Brunner J, Jäggli F, Nievergelt J, Peyer K, 1997. Kartieranleitung. Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (FAL), Zürich Reckenholz, 175 p.
- Burgos S, Oechslin S, 2018. Detailanalyse für die Umsetzung der Revision der Kartieranleitung, inédit. BFH-HAFL, 25 p.
- Burgos S, Zürrer M, 2018. Grobbedarfsanalyse Kartieranleitung. Arbeitspapier, 5 p. Page consultée le 09.06.2020.
- canton du Valais, 2016. CLASSEMENT DES SOLS EN SURFACES D'ASSOLEMENT (SDA). Notice méthodologique, inédit.
- Carizzoni M, Cavelti G, Hurst T, Zürrer M, 2017. Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem, inédit. BHP - Brugger und Partner AG, BABU GmbH, myx GmbH.
- Diek S, Chabrilat S, Nocita M, Schaepman ME, Jong R de, 2019. Minimizing soil moisture variations in multi-temporal airborne imaging spectrometer data for digital soil mapping. *Geoderma*, 337, 607-621. Page consultée le 20.09.2019.
- Diek S, Fornallaz F, Schaepman, M.E., de Jong, R., 2017. Barest Pixel Composite for Agricultural Areas Using Landsat Time Series. *Remote Sensing*, 9 (12), 1245. Page consultée le 20.05.2019.
- Drobnik T, Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A, 2018. Soil quality indicators – From soil functions to ecosystem services. *Ecological Indicators*, 94, 151-169. Page consultée le 20.09.2019.
- Egli M, Häflinger S, Achermann M, 2004. Modellierung von Bodenkarten. Ansätze zur Verbesserung der bestehenden Grundlagen. Dans: Müller M (éd.). *Wie viele Bodendaten braucht der Mensch?* Referate, Texte zu den Postern, 20. - 22.3.2003 und 25.-26.3.2004. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen, S. 45-48.
- Egli M, Margreth M, Vökt U, Keller F, 2005. Bodenmodellierung mit GIS im hochalpinen Raum. *Geomatik Schweiz*, 8, 458-462.
- Etat de Vaud, 2019. Cartographie des sols du canton de Vaud. Rapport explicatif, inédit. Direction générale de l'environnement, Canton de Vaud, 12 p.
- Etat de Vaud, 2020. Méthodologie pédologique pour l'indentification des nouvelles surfaces d'assolement. Aide à l'exécution, inédit. Département du territoire et de l'environnement canton de VD.
- FABO SO (Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn), 2017. Projekthandbuch Teil I: Einführung, inédit, 14 p.
- Gasser U, Zürrer M, 2018. TECHNISCHE MERKBLÄTTER FÜR DIE BODENKARTIERUNG. Bodenkundliche Kartierung der Wälder mit sauren Böden / RRB 622/2013, inédit, Zürich, 23 p.
- Greiner L, Keller A, 2017. Bodenfunktionsbewertung und Bodenindexpunkte. Konzept und Wege zur Umsetzung. Bericht zuhanden der Expertengruppe zur Überarbeitung/Stärkung des Sachplans FFF, inédit.

- Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A, Papritz A, 2017. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy*, 69, 224-237, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837717305719>
- Greiner L, Nussbaum M, Papritz A, Fraefel M, Zimmermann S, Schwab P, Grêt-Regamey A, Keller A, 2018. Assessment of soil multi-functionality to support the sustainable use of soil resources on the Swiss Plateau. *Geoderma Regional*, 14, e00181. Page consultée le 15.01.2019.
- Herbst P, Mosimann T, 2008. Prognose der Wasserspeicherfähigkeit von Waldböden in der Nordwestschweiz, inédit. *Physische Geographie und Landschaftsökologie* Leitniz Universität Hannover, Hannover.
- Keller A, Franzen J, Knüsel P, Papritz A, Zürrer Z, 2018. Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH). Bodeninformationen, Methoden und Instrumente für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Boden. Thematische Synthese 4 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) (1 éd.), Bern.
- Keller A, Rehbein K, Schwierz C, Papritz A, 2011. Robuste geostatistische Methoden zur räumlichen Analyse und Kartierung von Bodeneigenschaften. Dans: *Mitteilungen der DBG, DBG Jahrestagung 3.-9. September 2011 in Berlin*.
- Lüscher C, 2010. Bodenkartierung Kanton Glarus 2006 - 2010. Erfassung der potenziellen Fruchtfolgeflächen FFF - Schlussbericht, inédit. ARCOPLAN, 21 p.
- Marugg D, Schmidhauser AS, 2019. Umsetzungskonzept zum Hauptprojekt der Revision der Bodenklassifikation und der Bodenkartieranleitung der Schweiz. Erster Zwischenbericht zu Händen von Projektausschuss und Projektauftraggeber (BAFU), inédit, Zollikofen, 26 p.
- NABODAT Servicestelle, 2020. Nationales Bodeninformationssystem (NABODAT). Webseite der NABODAT Servicestelle. Page consultée le 03.06.2020, <https://www.nabodat.ch/index.php/de/>
- Nussbaum M, Burgos S, 2019. Konzept zur Erhebung flächendeckender Bodeninformationen für den Kanton Bern. technischer Bericht, inédit, Zollikofen, 79 p.
- Nussbaum M, Burgos S, Keller A, Carizzoni M, Papritz A, 2018a. Bodeninformationssysteme und (digitale) Bodenkartierung in Europa. Was kann die Schweiz davon lernen?, inédit. Nationales Forschungsprogramm NFP 68 "Ressource Boden" – Bericht Fokusstudie – 15. Mai 2018.
- Nussbaum M, Papritz A, Baltensweiler A, Walthert L, 2012. Organic Carbon Stocks of Swiss Forest Soils, inédit. Institute of Terrestrial Ecosystems, ETH Zürich and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Zürich and Birmensdorf.
- Nussbaum M, Spiess K, Baltensweiler A, Grob U, Keller A, Greiner L, Schaepman ME, Papritz A, 2018b. Evaluation of digital soil mapping approaches with large sets of environmental covariates. *SOIL*, 4 (1), 1-22, <https://www.soil-journal.net/4/1/2018/>
- Nussbaum M, Walthert L, Fraefel M, Greiner L, Papritz A, 2017. Mapping of soil properties at high resolution in Switzerland using boosted geosadditive models. *SOIL*, 3, 191-210, <https://doi.org/10.5194/soil-3-191-2017>
- Office fédéral du développement territorial ARE, 2020a. Plan sectoriel des surfaces d'assolement, inédit, Berne, 24 p.
- Office fédéral du développement territorial ARE, 2020b. Plan sectoriel des surfaces d'assolement, Rapport explicatif, inédit. ARE, Berne, 34 p.
- Ruef A, Peyer K, 1996. Handbuch Waldbodenkartierung. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Zürich Reckenholz, 125 p.
- Schmidhauser A, Marugg D, 2019. Stratégie de mise en œuvre du projet principal de révision de la classification des sols de Suisse et du manuel de cartographie des sols. Premier rapport intermédiaire à l'attention du mandant (OFEV) et du comité du projet, inédit. BFH-HAFL, 26 p.
- Schmidhauser AS, Presler J, 2020. Leitfaden revidierte Klassifikation der Böden der Schweiz. Version 3.1, inédit. BFH-HAFL, 91 p.
- Sticher H, 2001. Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz 1855-1962, inédit, 128 p.
- Suter B, 2018. Konzept Bodenkartierung zur Fruchtfolgeflächenerhebung im Kanton Luzern. Kartierung entlang der „Y-Achse“ (entlang Nationalstrassen), inédit. *Boden, Abfall und Altlasten*, 25 p.
- Weisskopf P, Zihlmann U, 2017. Vorprojekt Revision der Klassifikation der Böden der Schweiz (KLABS) und der Bodenkartierungsanleitung (KA), inédit. Agroscope, FG Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Zürich, 59 p.
- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020a. Methodenvergleich Auftrag Stand der Technik Bodenkartierungen. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 1, vers. Exceltabellen, inédit.

- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020b. Zwischenbericht Auftrag Stand der Technik Bodenkartierung. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 2, inédit.
- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020c. Rohgerüst Auftrag Stand der Technik Bodenkartierung,. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 3, inédit.
- Zürner M, Eggert C, 2018. Umwandlung von Eignungskarten in Bodenkarten. Schlussbericht Etappe 5 Eschenbach. Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen, inédit, 38 p.

Annexes

Annexe 1 : Structure brute (non traduit)

Annexe 2 : Cahiers des charges succincts pour les lots de tâches du module B

Annexe 1

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	4
1.1	Einleitung zum vorliegenden Dokument.....	4
1.1.1	Auftrag.....	4
1.1.2	Vorgehen.....	4
1.2	Zweck der revidierten Kartieranleitung.....	5
1.2.1	Thematische Anwendungsbereiche.....	5
1.2.2	Massstabsbereich.....	5
1.2.3	Bohrdichte.....	5
1.2.4	Anwendungsbereiche.....	5
1.3	Aufbau des Rohgerüsts zur Kartieranleitung.....	6
2	Vorbereitungsphase.....	6
2.1	Grundlegende Überlegungen.....	6
2.2	Projektorganisation.....	7
2.2.1	Beteiligte.....	7
2.2.2	Perimeter.....	7
2.2.3	Zeitplanung.....	7
2.2.4	Kommunikation.....	8
2.2.5	Rechtliches.....	9
2.3	Ausschreibung.....	9
2.4	Grundlagendaten.....	9
2.5	Startsitzung.....	10
3	Konzeptphase.....	10
3.1	Zweck der Konzeptphase.....	10
3.2	Studium Grundlagendaten.....	11
3.3	Hypothesenbildung.....	11
3.4	Übersichtsbegehung.....	11
3.5	Kartierkonzept.....	12
3.6	Die Konzeptkarte.....	12
3.7	Standortwahl von Basisprofilen.....	13
3.8	Werkleitungsprüfung.....	14
3.9	Qualitätssicherung (QS).....	15
4	Profilphase.....	15
4.1	Definition und Zweck.....	15
4.2	Anlegen von Profilgruben.....	15
4.2.1	Profilgruben öffnen.....	16

4.2.2	Profilgruben schliessen	16
4.3	Eichtag an Bodenprofilen	17
4.4	Qualitätssicherung der Bodenprofilansprache	17
5	Feldkartierung	17
5.1	Vorbereitung, Felddossier	17
5.2	Hilfsmittel der Kartierung	17
5.2.1	Werkzeug	18
5.2.2	Feldplan	18
5.2.3	Aufnahmeprotokoll	18
5.2.4	Feldcomputer	18
5.3	Bohrungen	19
5.3.1	Standortauswahl	19
5.3.2	Erfassung und Dokumentation	19
5.4	Abgrenzung von Polygonen	19
5.4.1	Abgrenzungskriterien	19
5.4.2	Vorgehensvarianten zur Polygonabgrenzung im Gelände	20
5.4.3	Verortung im Gelände	23
5.5	Herleitung des Flächendatensatzes	24
5.5.1	Repräsentative Punktaufnahme	24
5.5.2	Synthese verschiedener Einzelbeobachtungen	24
5.6	Bereinigung der Feldaufnahmen	25
5.7	Qualitätssicherung der Flächenkartierung	25
6	Datenaufbereitung und -kontrolle	25
6.1	Datenaufbereitung	25
6.2	Kontrolle während der Kartierung	25
6.2.1	Eigenkontrolle	25
6.3	Schlusskontrolle	26
6.4	Externe Qualitätssicherung der Endprodukte	26
7	Schlussbericht und Datenabgabe	27
8	Kartierung anthropogener Böden	27

1 Einführung

1.1 Einleitung zum vorliegenden Dokument

1.1.1 Auftrag

Die Bietergemeinschaft aus SoilCom GmbH, Forstl. Ing. Büro Karin Baumgartner und Gasche Bodengutachten GmbH hat im Dezember 2019 den Auftrag erhalten, im Rahmen der Revision der Bodenklassifikation und der Bodenkartieranleitung das Pflichtenheft «Stand der Technik Bodenkartierung» des Bausteins B «Flächenkartierung» zu bearbeiten.

1.1.2 Vorgehen

Das vorliegende Rohgerüst ist eines von drei Produkten. Gemäss Pflichtenheft vom 29. Oktober 2019 wurden zunächst die Arbeitsschritte der aktuell angewandten Kartiermethoden einander gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung erfolgte in tabellarischer Form (Produkt 1 «Liste Methodenvergleich»). Um die Methoden vergleichen zu können, wurde zunächst basierend auf dem Arbeitsablauf eines Kartierprojekts gemäss FAL24+/PHB SO eine Kriterienliste verfasst. Das Ziel dieses Vergleichs ist es aufzuzeigen, wo in der bisherigen Praxis der Bodenkartierung Konsens und wo Handlungsbedarf zur Klärung von Diskrepanzen, Schwachstellen oder offenen Fragen besteht. Themen, bei denen Diskussionsbedarf besteht, werden im Zwischenbericht (Produkt 2) aufgezählt.

Arbeitsschritte und Praktiken, die aktuell unbestritten sind, werden in das vorliegende Rohgerüst für eine neue Kartieranleitung aufgenommen (Produkt 3 «Entwurf Kartieranleitung»).

In kursiver Schrift wird bei jedem Kapitel vorangestellt, welcher Status der Text bezüglich seines Arbeitsstandes hat. Es wird zwischen folgenden Arbeitsständen unterschieden:

- a) **Stichworte:** Inhalte sind noch grösstenteils unklar und wenig entwickelt, es sind Stichworte und Ideen vorhanden. Teilweise im Zwischenbericht behandelt.
- b) **Diskussionspunkte:** Zu einem Thema sind ausformulierte Diskussionspunkte vorhanden, wobei noch unklar ist, ob und wie diese in die revidierte Kartieranleitung aufgenommen werden. Teilweise im Zwischenbericht behandelt.
- c) **Vorschlag:** Kurzgefasster, aber ausformulierter und konkreter Vorschlag des zukünftigen Inhalts, da bei diesen Themen bereits weitgehend Konsens besteht.

Zudem werden Angaben zu den Quellen gemacht.

Folgende Dokumente dienen als massgebliche Grundlagen für das vorliegende Rohgerüst der Kartieranleitung:

- FAL24 (FAL24, 1997)
- Handbuch Waldbodenkartierung (HB Wald, 1996)
- Handbuch Bodenkartierung Solothurn/FAL24+ (PHB SO, 2017)
- Handbuch Bodenkartierung Luzern (PHB LU, 2013)
- Fruchtfolgeflächenausscheidung Wallis (Klass. FFF VS, 2016)
- Bodenkartierung und FFF-Ausscheidung Waadt (Carto. Sols VD, 2019; VH FFF VD, 2019)
- Bodenkartierung Glarus (BoKa GL, 2010)
- Bodeneignungskarte St.Gallen (HB Eignungsk. SG, 2015; SB Eignungsk. SG, 2018)

- Kartierung saurer Waldböden Zürich (AU FaBo ZH, 2015; TM FaBo ZH, 2018)
- Bodenkundliche Bewertung von anthropogenen Böden (IH FaBo ZH, 2017)

1.2 Zweck der revidierten Kartieranleitung

1.2.1 Thematische Anwendungsbereiche

Die revidierte Kartieranleitung soll Kartierungen für folgende Bereiche ermöglichen:

- Langfristige Erhebung der Eigenschaften aller Landwirtschafts- und Waldböden ausserhalb der Siedlungsflächen zur Verwendung der Daten bei Bodennutzung, Bodenschutz-Vollzug und weitere Anwendungen (Bsp. Kt. SO)
- Erhebung von Fruchtfolgeflächen gemäss Sachplan Fruchtfolgeflächen des ARE: z.B. LU, AI, NW, GL
- Bonitierung von Landwirtschaftsflächen im Rahmen von Güterregulierungen
- Auffinden von FF-Kompensationsflächen, teilweise eigene Projekte (z.B. VAFFF AG, 2020), teilweise im Rahmen von FFF-Kartierungen (z.B. Kt. LU)
- Erhebung des Ausgangszustandes und Kontrolle zum Schluss eines Bauprojektes: diverse kleinflächige Kartierungen
- Aufarbeitung bestehender Bodendaten, z.B. Kt. SG
- Spezifische Fragestellungen: z.B. saure Waldböden ZH, Terroir VD

1.2.2 Masstabsbereich

Die FAL24 bezog sich auf gross- bis kleinmasstäbliche Kartierungen, in jüngeren Projekten wurden fast immer Detailkartierungen im Masstab 1:5000 durchgeführt, insbesondere für die Ausscheidung von FFF. Die Wahl des Masstabs hängt grundsätzlich von der Fragestellung bzw. dem Kartierziel und vom Budget ab. Für Güterregulierungen und auf Baustellen wird ein Masstab 1:1000 bis 1:5000 angewendet. Im neuen Sachplan FFF (Bundesratsbeschluss 8.5.2020) wird vorgegeben, dass FFF-Kartierungen im Masstab 1:5000 erhoben werden müssen. Die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte der Kartieranleitung beziehen sich auf die Ausführung einer Bodenkartierung im Masstab 1:5000. Sie kann aber mit gewissen Abweichungen auch für andere Masstäbe angewendet werden.

1.2.3 Bohrdichte

Status: Diskussionspunkte

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt, diverse Literatur (vgl. Zwischenbericht)

Die Anzahl benötigter Bohrungen ist abhängig vom Kartenmasstab. Sie leitet sich aus der kleinsten, darstellbaren Fläche ab.

Für die einzelnen Bodenpolygone ist die Vorgabe, dass sie an mindestens zwei Stellen untersucht werden müssen.

1.2.4 Anwendungsbereiche

Die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte einer Bodenkartierung schliessen nicht explizit bestimmte Gebiete ein oder aus, allerdings werden aktuell Kartierprojekte vor allem im Wald und im Landwirtschaftsgebiet des Mittellandes und der flacheren Lagen der Voralpen und des Juras durchgeführt. Die Kartieranleitung beruht auf den

Erfahrungen in diesen Gebieten. In steilen Lagen und in den Alpen ist die Methodik wenig erprobt. Die Anleitung sollte grundsätzlich auch auf Baustellen und anthropogenen Böden anwendbar sein.

1.3 Aufbau des Rohgerüsts zur Kartieranleitung

Das vorliegende Dokument orientiert sich am Ablauf eines in den letzten Jahren üblichen Kartierprojektes. Es gliedert sich in einen allgemeinen, administrativen Teil der Vorbereitungsphase und die Phasen der eigentlichen Kartierarbeiten Konzept-, Profil-, Detailkartierungsphase. Die letzten Kapitel betreffen die Datenaufbereitung und Abschlussarbeiten. Der schematische Ablauf ist in Abbildung 1 dargestellt.

Sind mehrere Kartierteams und –büros beteiligt oder geht das Kartierprojekt über mehrere Jahre, empfiehlt sich eine externe, unabhängige, fachliche Qualitätssicherung beizuziehen. Die Qualitätssicherung ist jeweils als Unterkapitel in den Projektphasen ausgeführt.

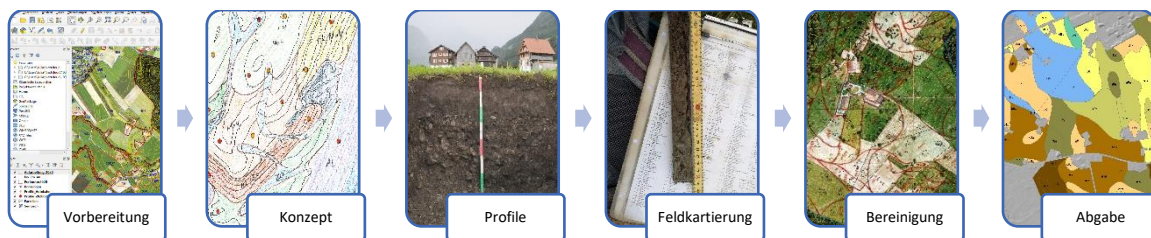


Abbildung 1 Die Phasen eines Kartierprojekts, auf die in diesem Bericht eingegangen werden

2 Vorbereitungsphase

2.1 Grundlegende Überlegungen

Status: Vorschlag

Quellen: Diskussion aus dem laufenden Projekt, Eigene Erfahrungen

Bevor mit der Kartierung begonnen werden kann, müssen die grundlegenden Fragen geklärt werden. Folgende Punkte sind dabei zu klären (nicht abschliessend):

- Ziel der Kartierung: Bedürfnisabklärung möglicher Anwendungsbereiche
- Masstab: Welche Genauigkeit ist erforderlich, welches ist die notwendige Aufnahmedichte
- genaues Vorgehen: Kann das Standardvorgehen angewendet werden, sind aufgrund der Anforderungen Anpassungen im Vorgehen nötig
- zu erhebende Parameter: Reichen die Standardparameter für die spezifischen Fragestellungen oder sind weitere Parameter nötig
- Budget: Können die Anforderungen mit dem vorhandenen Budget abgedeckt werden
- Zeithorizont: Grober Zeitplan unter Berücksichtigung der Kartierperiode und Kapazitäten der beteiligten Schlüsselpersonen

2.2 Projektorganisation

2.2.1 Beteiligte

Status: Vorschlag

Quellen: PHB SO, PHB LU, Eigene Erfahrungen

In der Regel sind bei einer Bodenkartierung diverse Personen involviert. Eine Übersicht gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: An einem Karierprojekt massgeblich beteiligte Stellen.

Aufgabe	Beteiligte
Auftraggeber	Kantone Umweltämter Raumplanungsämter Manchmal auch Ingenieurbüros, Bauherren
Auftragnehmer	Ingenieurbüros
Bodenuntersuchungen	Labor Manchmal auch Fachhochschulen und Forschungsanstalten
Qualitätssicherung	Ingenieurbüros Zukünftig allenfalls das KOBO
Projektunterstützung, technische Projektleitung	Ingenieurbüros Zukünftig allenfalls das KOBO
Weitere Betroffene	Landbesitzer, Pächter, Bewirtschafter

2.2.2 Perimeter

Status: Vorschlag

Quellen: Resultate aus den Diskussionen im laufenden Auftrag

Zunächst muss festgelegt werden, wie gross die zu kartierende Fläche, der Perimeter, sein soll. Der Perimeter kann bei Bedarf in kleinere Einheiten, sog. Lose, unterteilt und entweder als Ganzes (z.B. LU, ZH) oder in Losen (z.B. SO) ausgeschrieben werden. Pro Projekt werden Perimeter von mehreren Hundert bis mehreren Tausend Hektar ausgeschrieben. Die Losgrösse lag in der Vergangenheit oft im Bereich von 250-400ha. Eine solche Fläche kann ohne grossen Koordinationsaufwand (Absprache, Grenzabgleich, Logistik etc.) von wenigen Kartierpersonen innerhalb einer Saison im Massstab 1:5000 kartiert werden. Kartierlose, welche grösser sind als 500ha, erfordern deutlich mehr Koordinationsaufwand (Termingestaltung, Logistik, Grenzabgleiche) von den Kartierbüros und den einzelnen Kartierenden. Bei kleinen Perimetern fallen unter Umständen flächengrößenunabhängige Arbeitsschritte (Grundlagenbeschaffung, Sitzungen, Verfassen eines Berichts) finanziell stärker ins Gewicht.

2.2.3 Zeitplanung

Status: Diskussionspunkte

Quellen: Eigene Erfahrungen

Die Planung einzelner Arbeitsschritte hängt entscheidend von der Vegetation im Kartiergebiet ab.

Kartierung im Grasland

Die Profile sollten nach dem Schnitttermin für Heu von ökologischen Ausgleichsflächen angelegt werden (frühestens Mitte Juni), ab dann sind meist alle Flächen mindestens einmal gemäht worden. Übersichtsbegehungen sollten wenn möglich nicht unmittelbar vor dem ersten Schnitt erfolgen. Bei der Kartierung muss allenfalls parzellenweise vorgegangen werden. Für die Kartierung eignet sich besonders die Zeit vor und nach der Hauptvegetationsperiode.

Kartierung im Ackerland

Für die Profilphase eignet sich das Fenster zwischen Ernte und Wiederansaat im Sommer, wobei dieses je nach Folgekultur kurz sein kann (z.B. bei Winterraps). Die Kartierphase sollte am Rand der Hauptvegetationszeit erfolgen. Bei hochwachsenden Kulturen sollte die Kartierung kurz nach dem Austreiben oder nach der Ernte erfolgen (z.B. bei Mais im Frühling resp. im Herbst), da sonst die Geländeübersicht fehlt.

Kartierung im Wald

Die Profile sollten nicht im Spätsommer geöffnet werden, da die Waldböden dann oft bis in die Tiefe ausgetrocknet sind. Die Profile müssen so angelegt werden, dass Wurzeln möglichst wenig verletzt werden und die Gruben möglichst lange offen gelassen werden können ohne die Waldbewirtschaftung zu stören, also nicht in geplanten Holzschlägen oder auf Rückegassen. Die Kartierung erfolgt idealerweise im Frühjahr, wenn pflanzensoziologische Zeiger (Frühblüher) am besten sichtbar sind, aber die Bäume noch nicht voll ausgetrieben haben.

Kartierung in höheren Lagen

Wenn Teile eines Kartiergebiets in höheren Lagen liegen, sollten Kartierarbeiten im Herbst dort beginnen und talwärts fortgesetzt werden. So wird vermieden, dass ein früher Schneefall die Kartierarbeiten beeinträchtigt.

2.2.4 Kommunikation

Status: Vorschlag

Quellen: Diverse Anleitungen

Die Kommunikation ist Sache der Auftraggeber (oder ist explizit Bestandteil der Ausschreibung). Die erste Information erfolgt zum Projektstart, bevor Übersichtsbegehungen und dergleichen stattfinden. Informiert werden mindestens private GrundeigentümerInnen und BewirtschafterInnen der betroffenen Flächen im Kartiergebiet. Darüber hinaus sind Informationen an AnwohnerInnen oder eine breitere Öffentlichkeit sinnvoll. Die Information erfolgt in der Regel schriftlich, allein schon wegen der meist grossen Zahl an betroffenen Personen. Die Bewilligung von Standorten für Bodenprofilgruben erfolgt vorzugsweise mündlich, idealerweise direkt vor Ort oder mit einem zugestellten Plan. Für die Präsentation von (Zwischen-) Resultaten können Informationsveranstaltungen oder Begehungen sinnvoll sein. Gute Kommunikation fördert das Verständnis für den Kartierzweck und erleichtert Feldarbeiten, insbesondere das Anlegen von Profilgruben. Sie sollte daher keinesfalls vernachlässigt werden.

2.2.5 Rechtliches

Status: Stichworte

Quellen: Eigene Erfahrungen

Bisherige Anleitungen sind auf diesen Aspekt nicht eingegangen, allerdings sollte klar sein, dass sich Kartierprojekte im Rahmen des geltenden Rechts zu bewegen haben. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- OR für Verträge
- Ausschreibungen: öffentliches Beschaffungswesen
- Umweltrecht für Kartierarbeiten (Betreten von Privatgrund für Datenerhebung ist vom Grundeigentümer zu erlauben)
- Profile: wie sieht es aus bezüglich Sicherung der Gruben, Anlegen gegen den Willen des Grundbesitzers etc. aus? Bauarbeitenverordnung
- Haftung: Wer haftet im Fall von Schäden (z.B. wenn jemand ins Profil stürzt) oder wenn eine Leitung zerstört wird?
- Missachten des Fahrverbots: Auftraggeber organisiert Bewilligung

2.3 Ausschreibung

Status: Stichworte

Quellen: Eigene Erfahrungen

Alle Bestandteile eines Kartierprojekts werden, wenn sie im Auftrag der öffentlichen Hand durchgeführt werden, nach den jeweiligen Submissionsvorgaben ausgeschrieben.

Weitere Angaben was in der Ausschreibung beachtet werden muss, sind noch zu formulieren. Dieses Kapitel ist vorzugsweise von Kantonsvertretern zu schreiben.

2.4 Grundlagendaten

Status: Vorschlag

Quellen: Diverse Anleitungen, Bodenbildungsfaktoren nach Hans Jenny (Jenny, 1941)

Die für das Verständnis der Bodenbildung relevanten Grundlagendaten werden zusammengetragen. Die nachfolgende Tabelle 2 listet eine Auswahl von Daten auf. Fettgedruckt sind dabei die Datensätze, die mindestens verwendet werden sollten:

Tabelle 2 Grundlagendaten für die Bodenkartierung

Bodenbildungsfaktor	Daten
Ausgangsmaterial	Geologische Karten , Geotechnische Karten, Rohstoffkarten, Hydrogeologische Karten
Hydrologie	Gewässerschutzzonen , Wasserfassungen, Grundwasserkarten
Klima	Klimaeignungskarte , Temperaturreihe, Niederschlagsmengen
Relief	Digitales Geländemodell, Hangneigungskarten, Landeskarte mit Höhenlinien , Reliefschattierung, Exposition, Geomorphologische Karten, OL-Karten

Mensch und Zeit	Siegfriedkarte (v.a. 1880) , alte Landeskarten, Werkleuchtungspläne , archäologische Fundstellen , Abbaustellen/Gruben, Terrainveränderungen, Kataster der belasteten Standorte , Drainagepläne , Eigentumsverhältnisse, amtliche Vermessung
Vegetation	Vegetationsgesellschaften (nur Wald) , Naturschutzflächen
Verschiedene	Luftbilder/Orthofotos (verschiedener Jahre), Satellitenbilder, Bodeneignungskarte, Bodenkarten benachbarter Gebiete, alte Bodenkarten

Die fettgedruckten Grundlagen sind nicht nur vor der Feldkartierung, sondern insbesondere auch vor dem Öffnen von Profilgruben zu berücksichtigen.

Die Geologische Karte liegt meist im Massstab 1:25'000 vor. Sie soll in der Konzeptphase für die Bodenbildungsprozesse adaptiert werden.

2.5 Startsitung

Status: Stichworte

Quellen: Diverse Anleitungen, eigene Erfahrung

Ob und in welcher Art eine Startsitung durchgeführt wird, liegt im Ermessen des Auftraggebers/der Auftraggeberin. Je mehr Beteiligte in einem Kartierprojekt, desto sinnvoller ist eine gemeinsame Sitzung zur Koordination der Arbeitsabläufe zu Projektbeginn.

3 Konzeptphase

3.1 Zweck der Konzeptphase

Status: Vorschlag

Quellen: FAL24 +

Der Zweck der Konzeptphase sowie das Vorgehen sind massgeblich vom Ziel der Kartierung bestimmt. Für Kartierungen dient die Konzeptphase:

- der Übersicht über geographische und pedologische Verhältnisse im Perimeter
- dem Verständnis, wie sich das Zusammenspiel der Bodenbildungsfaktoren im Perimeter in lokalen Bodenformen äussert
- der Einarbeitung des Kartierteams für die nachfolgende Flächenkartierung
- der Wahl von Profilstandorten (und ev. dem Erstellen eines Bodeninventars)
- der Vorgliederung des Gebiets aufgrund der Grundlagendaten (z.B. nach Hangneigung)
- der Weitergabe von speziellen Erkenntnissen aus der Rekognoszierungsphase an die Kartierteams (z.B. temporäre Seenbildung, anthropogene Einflüsse, Informationen aus Gesprächen mit Bewirtschaftern ...)

Die folgende Abbildung 2 fasst die Arbeitsschritte in der Konzeptphase zusammen.

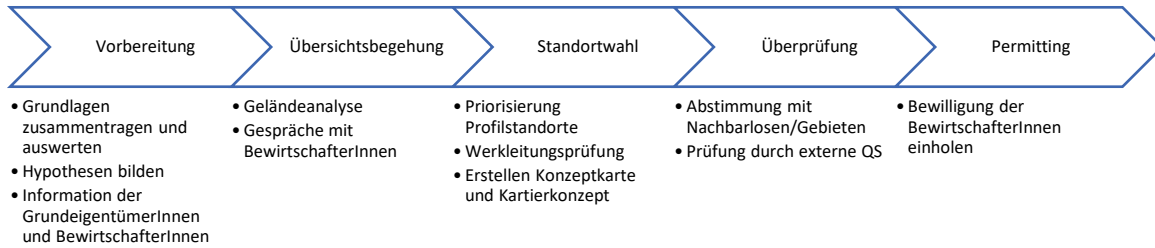


Abbildung 2 Schematischer Ablauf der Konzeptphase

3.2 Studium Grundlagendaten

Status: Vorschlag

Quellen: Diverse Kartieranleitungen

Zunächst werden die Grundlagendaten studiert. Die Aufbereitung der Daten erfolgt nach Zweck der Kartierung, beispielsweise könnten bereits vorgängig aufgrund der Hangneigung Flächen mit Hangneigung über 25% aus der Bodenkartierung für die Ausscheidung der FFF ausgeschlossen werden.

Vor der Feldarbeit werden Grundlagendaten zu den Bodenbildungsfaktoren in einem Gebiet studiert und verarbeitet. Die Grundlagendaten müssen über den Projektperimeter hinaus betrachtet werden, da gewisse Prozesse der Bodenbildung von Gebieten ausserhalb des Perimeters massgebend beeinflusst werden. Eine Auflistung der relevanten Daten findet sich im Kapitel 2.4. Aus den Grundlagendaten können auch abgeleitete Produkte zur Hypothesenbildung/Herleitung von Zusatzinfos hilfreich sein. Dazu eignen sich beispielsweise folgende GIS-gestützten Auswertungen:

- Geomorphologie: mithilfe geologischer Karte und DTM
- Anthropogene Eingriffe: mithilfe Schummerung (aus DTM), Luftbilder (verschiedene Jahre), Höhenlinien, KBS, alte Karten
- Hydrologie: DTM, Farbunterschiede Luftbild (ev. verschiedene Jahre vergleichen, Infrarotbilder), Siegfriedkarte (eruieren alter Flussläufe und ehem. Mooregebiete)
- Erosion: Schummerung (aus DTM), Höhenlinien/DTM, Geologie

3.3 Hypothesenbildung

Status: Diskussionspunkte

Quellen: Eigene Erfahrungen

Aufgrund der vorhandenen Daten werden nun Hypothesen gebildet, welche Bodenformen im Gebiet wo zu erwarten sind. Dazu wird auch das Relief analysiert. Die Hypothesenbildung geschieht grossräumig: Es werden grössere Landschaftsformen voneinander abgetrennt, das Kleinrelief wird dabei noch nicht beachtet. Es werden in dieser Phase oftmals Räume ausgeschieden, welche sich für die Überprüfung der Hypothesen aufgrund der Eigenschaften und der Zugänglichkeiten, sowie der vorhandenen Vegetation eignen.

3.4 Übersichtsbegehung

Status: Diskussionspunkte

Quellen: Div. Kartieranleitungen

Bei der anschliessenden Übersichtsbegehung werden diese Hypothesen gezielt mit Rekognoszierungsbohrungen getestet. So wird in Erfahrung gebracht, wie sich bestimmte Kombinationen von Bodenbildungsfaktoren im Erscheinungsbild des Bodens vor Ort äussern. Ausserdem dient die Übersichtsbegehung dazu, die Reliefanalyse zu überprüfen und so das Gelände bereits in Landschaftselemente zu gliedern. Es ist wichtig auch neue Bodenformen, die nicht erwartet wurden, zu erkennen und ins Konzept aufzunehmen.

3.5 Kartierkonzept

Status: Vorschlag

Quellen: Div. Kartieranleitungen, Diskussionen aus dem laufenden Projekt

Die Erkenntnisse des Grundlagenstudiums, der Übersichtsbegehung und der Reliefanalyse werden zum eigentlichen Kartierkonzept zusammengefügt. Das Kartierkonzept ist eine in schriftlicher oder rein gedanklicher Form gehaltene Hypothesensammlung zu Bodenformen und Pedogenese im fraglichen Gebiet. Das Kartierkonzept stellt vermutlich die wichtigste Grundlage für die Feldkartierung dar.

Je nach Projekt kann es hilfreich sein, die gewonnenen Erkenntnisse in einem schriftlichen Kartierkonzept festzuhalten. Insbesondere bei grösseren Kartierteams, zeitlich abgesetzten Konzeptphasen oder wenn bei der Detailkartierung und der Konzeptphase unterschiedliche Personen beteiligt sind, bietet sich die schriftliche Form des Kartierkonzeptes an, um den Wissenstransfer sicherzustellen. Folgende Punkte können darin behandelt werden:

- Massgebliche Grundlagen der Pedogenese (Ausgangsmaterial, Relief, Klima, Vegetation, Dauer der Bodenbildung, Hydrologie)
- Massgebliche anthropogene Einflüsse
- Bodenspektrum
- Spezielle Ausprägungen der Böden
- Spezielle Grundlagen
- ...

3.6 Die Konzeptkarte

Status: Vorschlag

Quellen: Resultat der Diskussionen im laufenden Auftrag

Die Konzeptkarte ist ein kartographischer Ausdruck des Kartierkonzepts, in der zudem die Rekognoszierungsbohrungen oder priorisierte Standorte für Profilgruben dargestellt werden. Normalerweise stellt die Konzeptkarte das Kartierkonzept nur in stark vereinfachter Form dar, weil aus Gründen der Lesbarkeit nicht alle Aspekte darstellbar sind. Die Auswahl an Informationen, die auf der Konzeptkarte dargestellt werden, ist projektabhängig. Demzufolge lässt sich keine einheitliche Darstellungsform für Konzeptkarten festlegen. Zwei Beispiele werden in der nachfolgenden Abbildung 3 gezeigt. Die Konzeptkarte dient sowohl teamintern als auch gegenüber der QS-Person als Diskussionsgrundlage für das Kartierkonzept und zur Plausibilitätsprüfung von Referenzprofilstandorten. Zudem können gewisse, gesicherte Informationen aus der Konzeptkarte (Bohrstandorte,

Ausdehnung von anthropogenen Flächen, bekannte Nassstellen etc.) auf die Feldkarte der Detailkartierung übertragen werden.

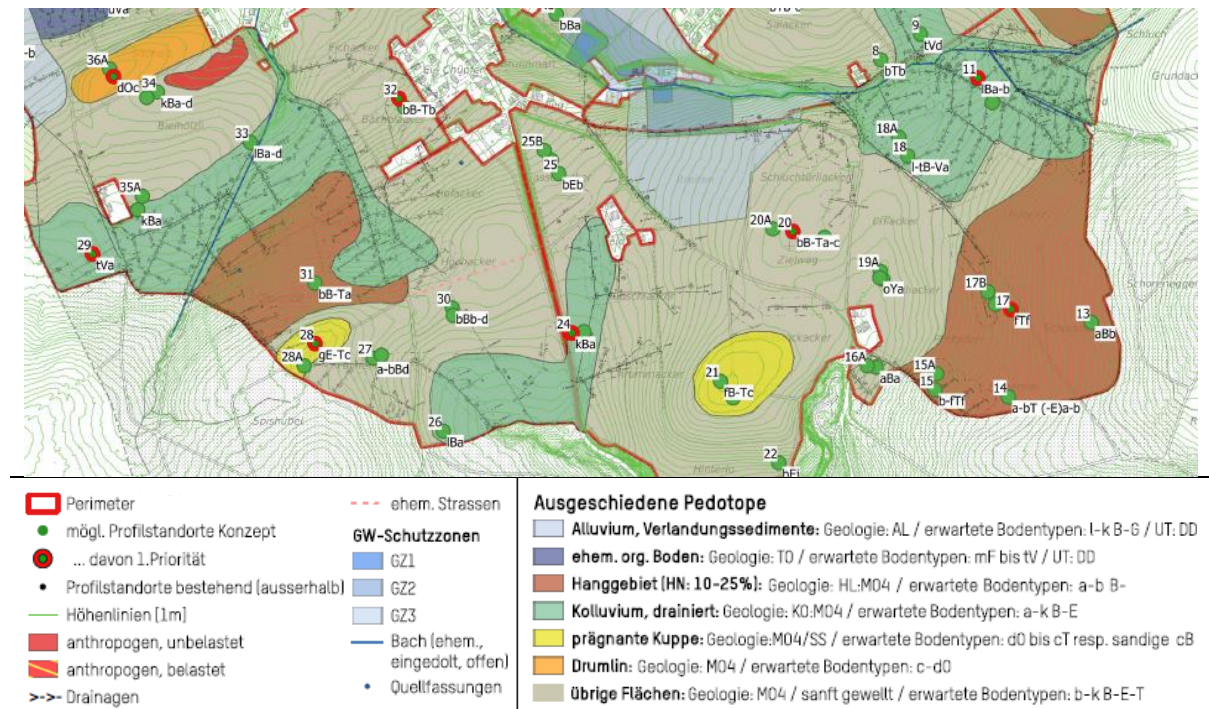
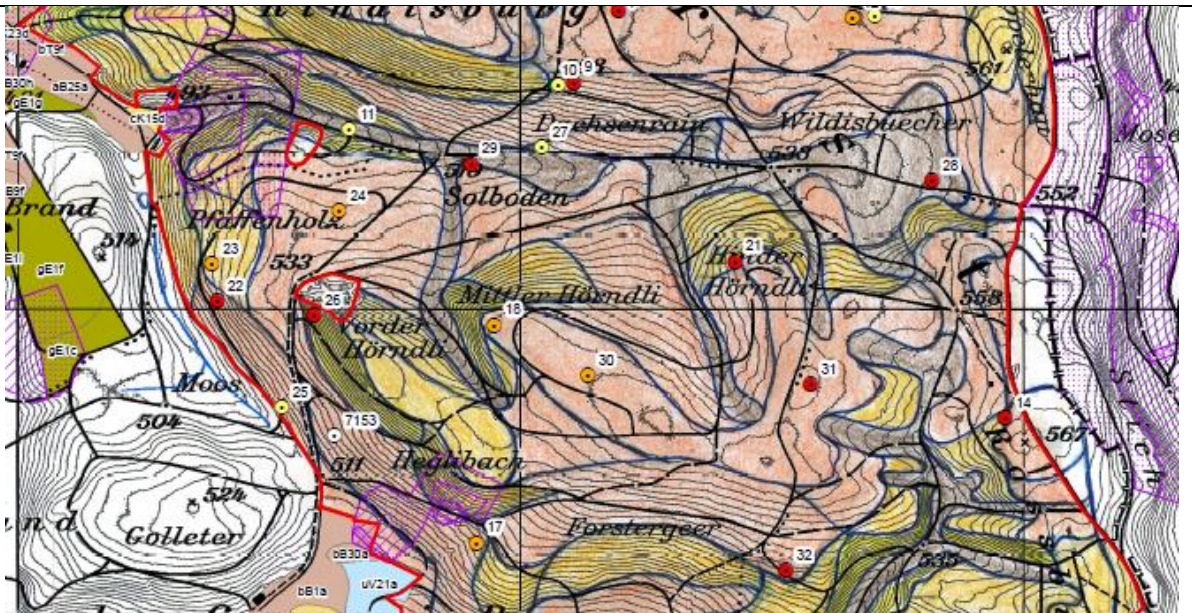


Abbildung 3 Beispiele von Konzeptkarten. Oben: Konzeptkarte und Legende für Landwirtschaftsfläche im Kanton Solothurn. Unten: Konzeptkarte für Wald im Kanton Zürich.



3.7 Standortwahl von Basisprofilen

Status: Vorschlag

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt, div. Kartieranleitungen

Die Standortwahl der Basisprofile erfolgt meist über die Stratifizierung des Untersuchungsgebietes nach pedogenetischen Merkmalen. In den Straten werden dann mögliche

Standorte für Bodenprofile gesucht. Dabei sind insbesondere folgende Punkte zu beachten:

- Flächenrepräsentativität: Die Profile sollen repräsentativ für einen möglichst grossen Teil der zu kartierenden Fläche sein
- Abbildung des Spektrums: Die Profile sollen das gesamte im Gebiet vorkommende Bodenspektrum abbilden. Daher werden auch gezielt Profile an Extremstandorten ausgewählt, die die Ränder des Spektrums markieren.

Die Auswahl von Basisprofilstandorten ist somit stark von der Idee des Bodeninventars geprägt. Das Bodeninventar ist eine Sammlung aller in einem Kartiergebiet vorkommenden Bodeneinheiten, das heisst es beschreibt das ganze Spektrum an Bodenformen in einem Gebiet. Nach FAL24 war das Bodeninventar die Grundlage für die Kartenlegende. In neueren Projekten wird mit einer offenen Legende gearbeitet (d.h. jedes Polygon erhält einen individuellen Parameterdatensatz, im Prinzip gibt es so viele Legendeneinträge wie Polygone). Es wird in diesen Fällen kein schriftliches Bodeninventar mehr verfasst. Das Prinzip ist aber immer noch fester Bestandteil in der Konzept- und Kartierphase indem die Bohrungen in Anlehnung an die Basisprofile klassiert werden.

Weiter müssen bei der Standortwahl für die Basisprofile folgende Punkte beachtet werden:

- Es dürfen keine Werkleitungen vorhanden sein.
- Gewässerschutzzonen und archäologische Fundstellen sollen wenn möglich vermieden werden. Allenfalls sind Spezialbewilligungen nötig.
- Zugänglichkeit: Der Ort muss für den Bagger (und sein Transportfahrzeug) erreichbar sein.
- Vermeiden von Flurschäden und Wurzelschäden: Um möglichst wenig Schaden an Boden und Vegetation anzurichten, werden Standorte in der Nähe von Flurwegen, Rucke Gassen gesucht, wenn möglich werden Schlagränder bevorzugt
- Ungestörte Flächen: anthropogen gestörte Flächen sind zu meiden, dazu gehören zum Beispiel Strassenränder, die Anhäupter von Ackerparzellen oder Rückegassen im Wald
- Bewirtschaftung der Fläche: Je nach Stand der Kulturen kann keine Baggerprofilgrube angelegt werden, zum Beispiel im Jungwuchs im Wald, in Christbaumkulturen, in Kartoffeläckern o.ä.

3.8 Werkleitungsprüfung

Status: Vorschlag

Quellen: Diverse Kartieranleitungen, jedoch ohne Auflistung der Werkleitungsarten

Sollen nach der Konzeptphase Referenzprofile (Profilgruben oder maschinelle Bohrkerne) aufgenommen werden, ist eine Abklärung zum Verlauf von Werkleitungen zwingend vorzunehmen. Die Werkleitungsprüfung wird in der Regel durch die Auftraggeberin/den Auftraggeber oder die Projektunterstützung durchgeführt. Zu prüfen sind die Verläufe von folgenden Leitungsarten:

- Telekommunikationsleitungen
- (Ab-)Wasserleitungen
- Stromleitungen
- Leitungen der Armee

- Drainagen
- Privaten Leitungen aller Art, v.a. private Wasserleitungen, Gülleleitungen, Drainagen
- ...

Gerade bei privaten Leitungen ist es wichtig, bereits während der Übersichtsbegehung, spätestens beim Permitting, die BewirtschafterInnen und GrundeigentümerInnen danach zu befragen. Es liegen nicht überall Pläne dazu vor. Allgemein kann auch nicht davon ausgegangen werden, dass Leitungspläne digital vorhanden sind.

3.9 Qualitätssicherung (QS)

Status: Vorschlag

Quellen: Diverse Kartieranleitungen

Die externe QS prüft die Konzeptkarte und die Vorschläge für Standorte der Basisprofile.

- Prüfung der Konzeptkarte durch QS-Experten auf Plausibilität
- Der QS-Experte gibt eine Rückmeldung zu den Leitprofil-Vorschlägen hinsichtlich:
 - o Verteilung über den Losperimeter
 - o Abdeckung der vorhandenen Naturräume, Ausgangsmaterialien, zu erwartenden Bodentypen
 - o Koordination benachbarter Lose inkl. losübergreifender gegenseitiger Abdeckung der zu erwartenden Bodentypen
- Diskussion Abgleich der Konzeptkarte zwischen den Kartierlosen

4 Profilphase

Ansprache: siehe KLABS resp. Baustein A, Aspekt png mit Baustein A abgleichen!

4.1 Definition und Zweck

Status: Vorschlag

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt

Als «Basisprofile» verstanden werden Profilgruben oder Aufschlüsse (ersatzweise Bohrungen), die durch alle Horizonte wenn möglich bis zum Ausgangsmaterial laufen. Sie werden detailliert untersucht und dokumentiert und stellen die tragenden, inhaltlichen Pfeiler der Bodenkarte dar. Sie werden vor der Feldkartierung angelegt und dienen während dieser als wichtigste Referenz für die Ansprache und Beurteilung von Bodeneigenschaften.

Normalerweise wird eine lotrechte Wand beschrieben. Achtung: bei der png gehen wir davon aus, dass diese senkrecht zur Oberfläche bestimmt wird. In steilen Lagen (z.b. Handprofile) werden so Horizontmächtigkeiten und in der Folge die png überschätzt. Aus physikalischen Gründen ist eine Profilwand senkrecht zur Oberfläche in steilem Gelände gar nicht möglich.

4.2 Anlegen von Profilgruben

Status: Vorschlag

Quelle: Diverse Kartieranleitungen

Sollen Profilgruben ausgehoben werden, so sind alle Fragen zur Öffnung und Schliessung vorab mit allen Beteiligten zu klären. Auf verschiedene Aspekte wurde bereits im vorangegangenen Kapitel eingegangen. Die Beschreibung einer Profilgrube ist in der Anleitung zur Bodenklassifikation nachzulesen.

4.2.1 Profilgruben öffnen

Status: Vorschlag

Quelle: Diverse Kartieranleitungen

Ober- und Unterboden werden separat links und rechts der Grube gelagert, um diese schichtgerecht wieder einfüllen zu können. Der Aushub wird durch ein Mitglied des Kartierteams begleitet. Um Flurschäden zu vermeiden sind die Arbeiten nur bei genügend abgetrocknetem Boden auszuführen. Bleiben die Gruben länger als einen Tag geöffnet, werden sie mit Absperrband markiert. Es empfiehlt sich, eine Informationstafel für die Bevölkerung anzubringen. Die nachfolgende Abbildung stellt das Profil schematisch dar.

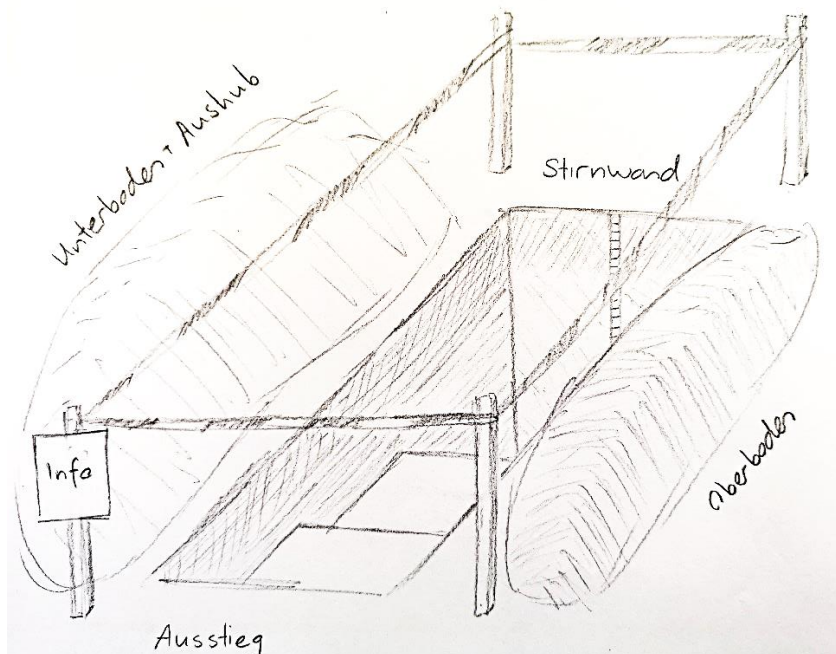


Abbildung 4 Profilgrube mit Absperrung, Bodendepots und Infotafel. Abbildung nach FAL24, Abb. 2.1b

4.2.2 Profilgruben schliessen

Status: Vorschlag

Quelle: Diverse Kartieranleitungen

(Drainage-)Leitungen, die beim Öffnen beschädigt wurden, werden repariert. Das Bodenmaterial wird danach schichtgerecht eingefüllt. Bei skelettreichen Ober- und Unterböden im Landwirtschaftsland ist darauf zu achten, dass grössere Steine zuunterst eingefüllt und zum Schluss Steine von der Oberfläche entfernt werden, um Schäden an Maschinen zu verhindern. Je nach Bewirtschaftung muss die betroffene Stelle begrünt werden, meist wird eine Saatmischung für Dauergrünland verwendet.

4.3 Eichtag an Bodenprofilen

Status: Vorschlag

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt

Am Eichtag werden ausgewählte Profile mit dem Zweck besichtigt, das methodische Vorgehen der beteiligten KartiererInnen innerhalb eines Kartierprojekts untereinander abzustimmen. Dies geschieht, bevor mit der Feldkartierung begonnen wird. Nebst KartiererInnen nehmen daran die QS-ExpertInnen, AuftraggeberInnen und allenfalls weitere Beteiligte oder Interessierte teil.

4.4 Qualitätssicherung der Bodenprofilansprache

Status: Vorschlag

Quelle: Diverse Kartieranleitungen

Die für die Qualitätssicherung zuständige Person prüft die Profilsprache der Kartierenden vor Ort. Hauptkriterium ist eine einheitliche Beurteilung gleicher Böden über verschiedene Lose und Etappen. Nach der Rückmeldung wird die Kartierfachperson gewisse Profile individuell oder im Team nochmals prüfen und allenfalls anpassen, oder es wird eine gemeinsame Begehung mit der QS-Fachperson durchgeführt.

5 Feldkartierung

5.1 Vorbereitung, Felddossier

Status: Stichworte

Quelle: Eigene Erfahrungen

Insbesondere bei grösseren Kartierungen mit mehreren beteiligten Personen ist der Informationsfluss von der Konzept- und der Profilphase in die Kartierphase sehr wichtig. Eine mündliche Übergabe der gewonnenen Erkenntnisse ist die wichtigste Form der Informationsvermittlung. Zusätzlich bietet sich an, für sämtliche beteiligten Kartierpersonen die wichtigsten Grundlagen und Erkenntnisse zusammenzustellen. Insbesondere folgende Informationen sollen stets präsent sein:

- Konzeptkarte und Kartierkonzept
- Wichtigste Grundlagedaten
- Neigungskarten
- Bekannte, anthropogene Einflüsse
- Informationen zu früheren Bodenaufnahmen
- Konzeptbohrungen
- Profildaten
- ...

5.2 Hilfsmittel der Kartierung

Status: Vorschlag

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt

Während der Feldkartierung werden folgende Hilfsmittel verwendet:

5.2.1 Werkzeug

Mindestens die folgenden Hilfsmittel sollten verwendet werden:

- Bohrstock: Stichel, Flügelbohrer, Stechbohrer, Pürkhauer (meist bei hohem Skelettgehalt oder Trockenheit)
- Salzsäure 10% für Test auf lösliche Karbonate
- pH - Schnelltest (Hellige)
- Inklinometer zur Messung der charakteristischen Hangneigung vor Ort (diese kann von Hangneigungsplänen abweichen)

5.2.2 Feldplan

Die Feldpläne sollten mindestens die folgenden Eigenschaften aufweisen:

- Massstab: Meist wird ein Aufnahmemassstab gewählt, der grösser als der Massstab der fertigen Bodenkarte ist
- Dauerhaftigkeit: werden gedruckte Feldpläne verwendet, sollten diese mit wetterbeständiger Farbe und auf genug strapazierfähigem Papier gedruckt werden. Geschrieben wird ebenfalls mit wasserfestem, sonnen- und hitzebeständigem Schreibzeug.
- Mindestgrösse: gedruckte Feldpläne sollten der Übersichtlichkeit halber genügend grosse Ausschnitte des Perimeters zeigen. Sind mehrere Pläne nötig, so muss auf genügend grosse Überlappung geachtet werden.
- Hintergrund: Wo möglich verwendet man als Hintergrund Orthofotos. Wo die Vegetation den Boden komplett überdeckt sind die Pläne der amtlichen Vermessung zu verwenden (z.B. im Wald, ev. Dauerkulturen)
- Zusatzinformation: auf gedruckten Plänen sollten der Lesbarkeit halber nur die wichtigsten Informationen aufgedruckt werden, je nach Fragestellung können dies Werkleitungen, Wasserfassungen, Belastungskataster, Waldvegetationskarten und dergleichen sein
- Verortung: die gedruckten Feldpläne sollen so mit Verortungsmerkmalen ausgestattet sein, dass auch Ausschnitte gescannt und problemlos verortet werden können (z.B. Passpunkte oder Gitternetz aufdrucken)

5.2.3 Aufnahmeprotokoll

Die Anzahl zu erfassender Parameter wird bereits zu Beginn eines Kartierprojekts festgelegt. Sollen die erhobenen Bodendaten in eine Datenbank aufgenommen werden (z.B. LU, SO, ZH), so ist bereits bei der Erfassung der Daten darauf Rücksicht zu nehmen. Die Erfassung im Feld erfolgt meist auf Protokollen, die von den Kartierteams selber erstellt werden, sich aber klar an den vorgegebenen Formaten für die Datenabgabe orientieren. Protokolle auf Papier werden nach Wunsch zusammen mit den Feldplänen im Original an die AuftraggeberInnen abgegeben. Protokolle werden mindestens dann verwendet, wenn Standardbohrungen aufgenommen werden.

5.2.4 Feldcomputer

Mittels Feldcomputern kann die Aufnahme von Punkt- und Flächeninformationen direkt digital eingegeben werden. Die Erfassung über Aufnahmeprotokolle in Papierform mit anschliessendem Abtippen entfällt so. Auch hier ist eine zeitnahe Überprüfung der Daten

im Büro notwendig. Es ist zu hoffen, dass bald auch Flächendaten direkt im Feld digital erhoben werden können, womit auch die Feldpläne entfallen.

5.3 Bohrungen

5.3.1 Standortauswahl

Status: Vorschlag

Quelle: Div. Kartieranleitungen, FAL24

Die Standortauswahl der vorgenommenen Bohrungen ist entscheidend für die Repräsentativität und den Inhalt der Bodeneinheit. Kann mittels Geländegliederung bereits eine Hypothese zur Bodenausprägung erfolgen, sind die Bohrungen an repräsentativen Standorten vorzunehmen, im Zentrum des zu charakterisierenden Landschaftselements. Es ist ein genügender Abstand zu störenden Elementen wie Strassen, Steilböschungen, Fahrspuren usw. zu wahren. Bohrungen dienen der Polygonabgrenzung. Die Standortwahl von Bohrungen hängt daher davon ab, welche Vorgehensweise bei der Polygonabgrenzung gewählt wird. Diese wird auch im Kapitel 5.4.2 erläutert.

5.3.2 Erfassung und Dokumentation

Status: Diskussionspunkte

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt

Die Dokumentation der Bohrungen hängt davon ab, ob Standardbohrungen vorgesehen sind oder lediglich Hilfsbohrungen aufgenommen werden. Je nachdem müssen die Bohrungen mit allen vorgegebenen Parametern erfasst werden oder nur mit einem vereinfachten Datensatz. Die Vorgehensweise bei der Erfassung und Dokumentation ist momentan noch zu bestimmen.

5.4 Abgrenzung von Polygonen

5.4.1 Abgrenzungskriterien

Status: Vorschlag

Quelle: Div. Kartieranleitungen

In einer Bodenkarte werden Flächen mit gleichen Bodeneigenschaften gegeneinander abgegrenzt. Die FAL24 hat ursprünglich zwei Kriterien für die Abgrenzung von Polygonen vorgesehen und zwar in der folgenden Reihenfolge:

- Teilflächen werden abgegrenzt, wenn sich die Geländeform ändert
- Teilflächen werden abgegrenzt, wenn sich eine Bodeneigenschaft, die sich im Bohrstock bestimmen lässt, massgeblich ändert

Da Bodenformen fließend ineinander übergehen, werden Grenzen der Bodenpolygone in der Übergangszone einer klassifikatorischen Grenze gesetzt, eine kontinuierliche Änderung wird also diskretisiert (siehe Abbildung 5). Selten kann eine scharfe Grenze beobachtet werden, z.B. bei anthropogenen Böden oder deutlichen Geländekanten.

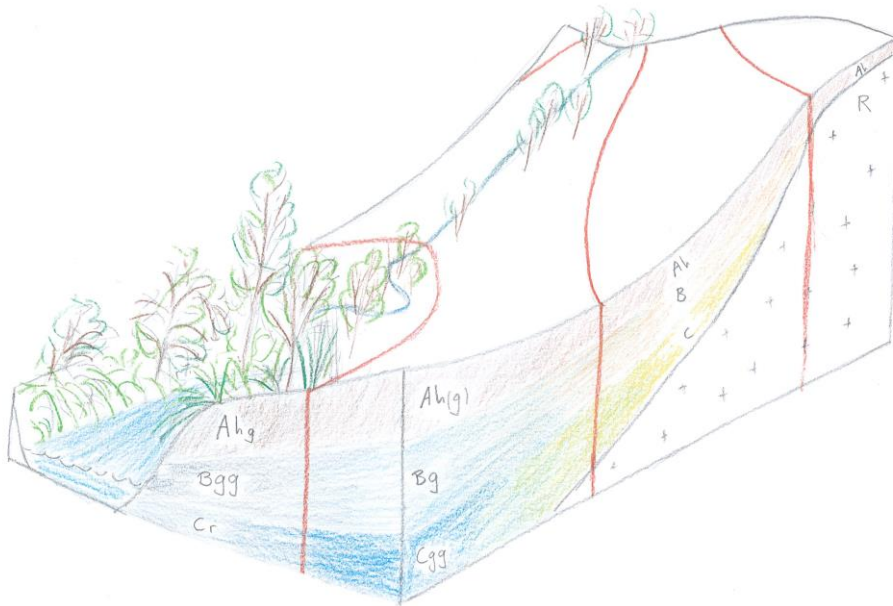


Abbildung 5 Im Gelände variieren Böden kontinuierlich, klassifikatorische Bodentypen wechseln meist fließend. Polygongrenzen werden bei der Kartierung in die Übergangsbereiche gesetzt. Die Polygongrenzen sind in der Abbildung als rote Linien an der Bodenoberfläche und in die Tiefe eingezeichnet.

Abbildung: Grenzen im Übergangsbereich

In den Handbüchern des Kantons SO und LU wird das zweite Kriterium etwas verschärft. Dort heisst es, dass Polygone abgegrenzt werden sollen, wenn sich ein Parameter um eine Klasse verändert. In der Praxis ist dies oft nicht umsetzbar. Je mehr Bodenparameter erhoben werden, umso wichtiger wird eine Priorisierung der Parameter, nach welchen Bodenflächen voneinander abgegrenzt werden sollen.

5.4.2 Vorgehensvarianten zur Polygonabgrenzung im Gelände

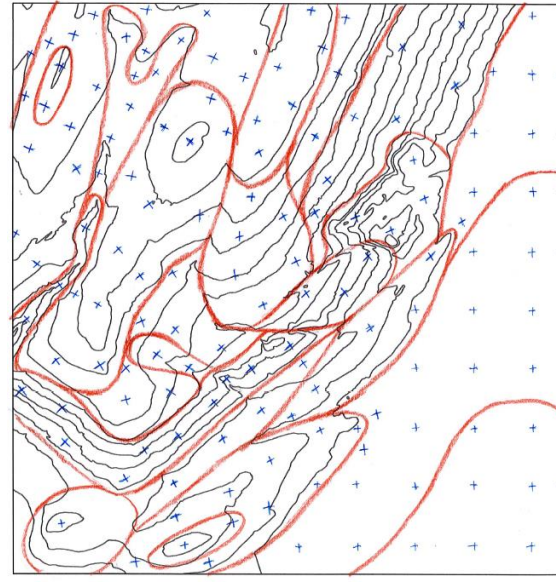
Status: Vorschlag

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt

Das Vorgehen zur Abgrenzung einzelner Polygone erfolgt zweistufig (siehe Abbildung 6) und zwar gemäss den beiden vorgängig genannten Abgrenzungskriterien: Zunächst werden Geländeformen identifiziert. Die Grobgliederung des Geländes erfolgt bereits bei der Geländebegehung im Rahmen der Rekognoszierungsphase und/oder vorgängig im Büro aufgrund der Höhenlinien und anderer Fernerkundungsgrundlagen wie z.B. Schummierung, DTM und Luftbild. Die detaillierte Geländegliederung erfolgt später im Feld während der Feldkartierung. Es handelt sich dabei um eine Hypothese: Die effektiven Polygongrenzen kommen nicht zwangsläufig auf den Grenzen der Geländegliederung zu liegen, sondern werden aufgrund der Bohrungen gezogen.



Schritt 1: Geländegliederung



Schritt 2: Bodenpolygonabgrenzung

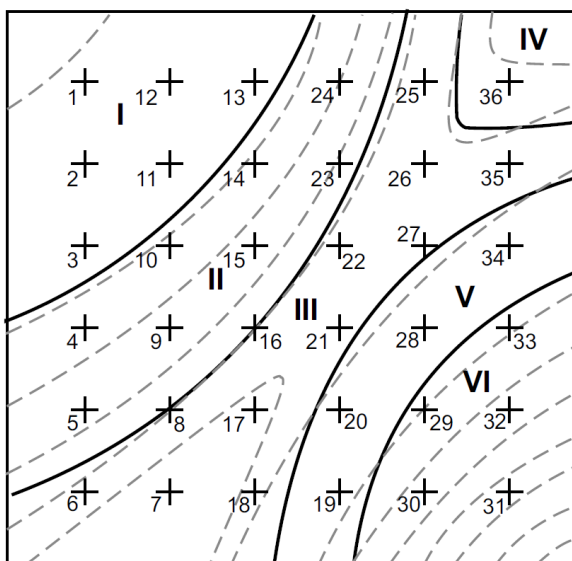
Abbildung 6 Zweistufiges Vorgehen bei der Feldkartierung: zunächst wird das Gebiet aufgrund des Geländes vorgliedert, dann werden mittels Bohrungen Polygone gegeneinander abgegrenzt.

Im zweiten Schritt, bei der Bodenpolygonabgrenzung, gibt es hauptsächlich vier Vorgehensweisen (nach Blume et al., 2010):

- Punktrasterkartierung
- Grenzlinienkartierung
- Catenenkartierung
- Geländekartierung

Nachfolgend werden die Methoden nach Blume et al. (2010) vorgestellt. In der Praxis kommt standardmässig immer die Geländekartierung zur Anwendung. Diese wird dann je nach Gelände oder Bodenverhältnissen mit den anderen Vorgehensweisen kombiniert.

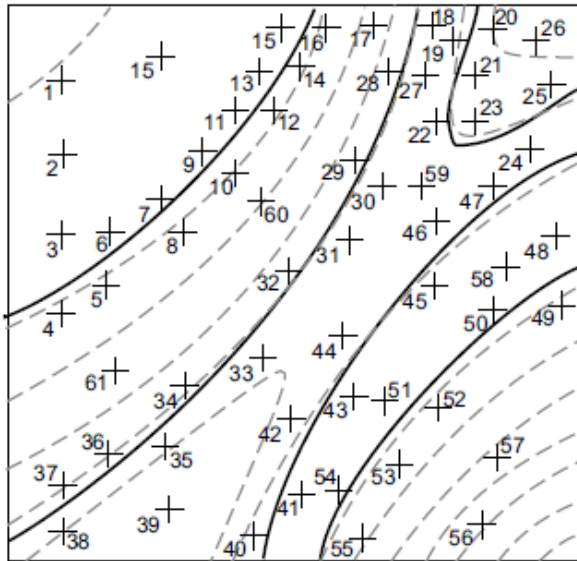
Tabelle 3 Vorgehensweisen bei der Kartierung mit Vor- und Nachteilen gemäss H.P. Blume et al. (2010). Eigene Ergänzungen sind kursiv gedruckt.



Punktrasterkartierung

Bohrungen werden nach vorgängig definiertem Raster aufgenommen.

- + sehr einfach
- + für Anfänger geeignet oder wenn noch wenig Information über die Böden im Gebiet vorliegen
- Grenzen müssen interpoliert werden
- bei sturem Festhalten am Raster werden Bohrungen an ungünstigen Stellen gesetzt
- bei sturem Festhalten am Raster werden kleine Einheiten tendenziell übersehen



Grenzlinienkartierung

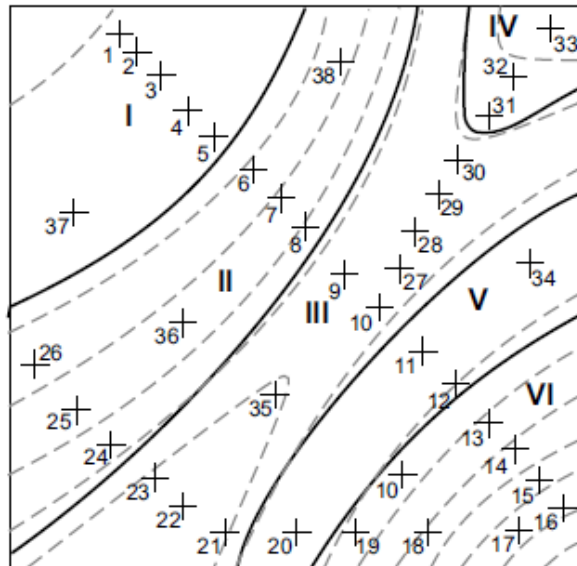
Bohrungen werden bewusst beidseitig von Bodengrenzen gesetzt, um diese klar zu Verorten

+ gut geeignet in Gebieten, wo abrupter Übergang zwischen Bodenformen vorliegen

- hoher Aufwand, mehr Bohrungen als üblich (weil nebst Grenzen das Polygoninnere ebenfalls erbohrt werden muss)

- Einschlüsse im Polygoninnern können übersehen werden

- Orientierung schwierig



Catenenkartierung

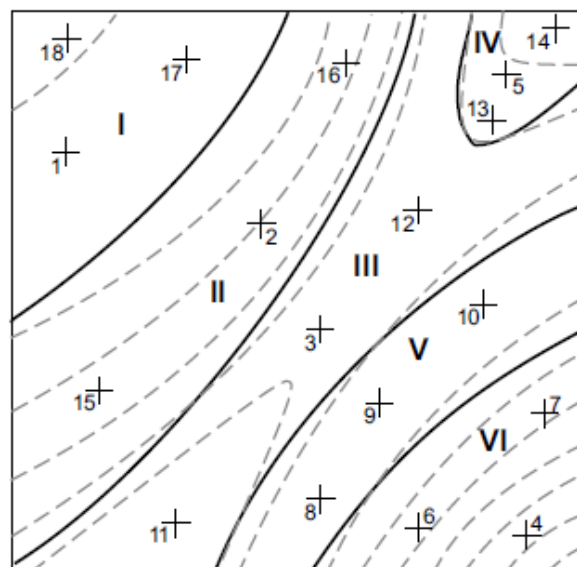
Bohrungen werden auf Schnitten platziert, die möglichst durch alle geomorphologischen und geologischen Einheiten gehen. Sind Gesetzmässigkeiten der Bodenbildung erkannt, können Flächen skizziert und dann gezielt erbohrt werden. Setzt gute Gebietskenntnisse voraus.

+ wenig Bohrungen nötig

+ einfache Orientierung

- in unbekanntem Gebiet nicht sinnvoll

- kleine Einschlüsse zwischen Transekten werden ev. übersehen



Geländekartierung

Bei Blume et al. (2010) «fernerkundungsgestützte Punktkartierung» genannt.

Aufgrund von Luft-, Satellitenbildern und den Reliefformen werden vermutete, einheitliche Flächen skizziert und dann gezielt erbohrt. Die Grenzen müssen mit Bohrungen überprüft werden.

+ weniger Bohrungen nötig

+ teilweise lassen sich auch Kleinstflächen im Luftbild erkennen

- Luftbilder zeigen eher oberflächliche Phänomene

- Farbunterschiede im Luftbild müssen nicht bodenbedingt sein

- Je nach Bedeckung ist der Boden im Luftbild nicht sichtbar

- im Wald nur bedingt anwendbar

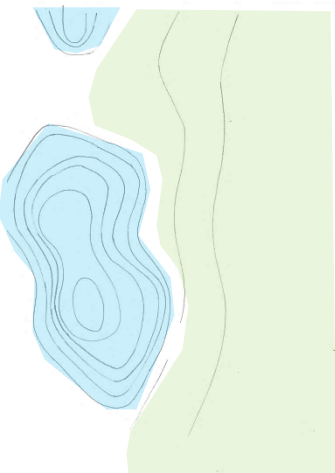
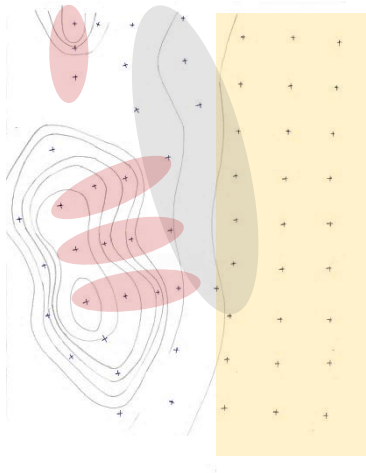
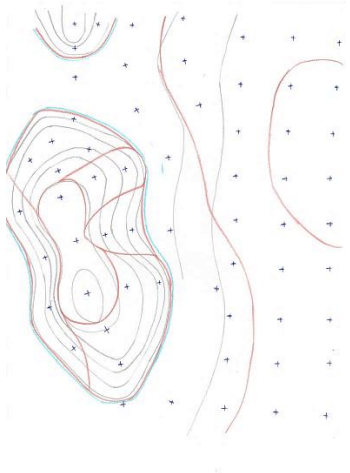
Die folgende Tabelle 4 gibt Anhaltspunkte, wann welche Vorgehensweisen gewählt wird:

Tabelle 4 Entscheidungshilfe zur Auswahl von Vorgehensweisen bei der Polygonabgrenzung

	Bodenkartierung mit ausgeprägtem Relief	Bodenkartierung im homogenen Gelände oder in Auffüllungen
Schritt 1	Geländegliederung ist möglich, d.h. Geländeformen lassen sich im gewählten Kartenmassstab darstellen	Geländegliederung ist nicht möglich oder zu wenig aussagekräftig, z.B. gleichmässiger Hang, Alluvialebene, Plateau, künstliche Auffüllungen etc.
Schritt 2	Catenenkartierung, Grenzlinienkartierung oder fernerkundungsgestützte Punktkartierung wird durchgeführt	Auf gleichmässigen Oberflächen: Punktrasterkartierung wird durchgeführt. Wenn das Gelände für den Kartenmassstab zu kleinräumig variiert, wird eine Geländekartierung durchgeführt und anschliessend ein Komplex gebildet.

Schliesslich wird anhand des nachfolgenden Beispiels auf stark vereinfachte Art das Kartierverfahren beschrieben:

Tabelle 5 Beispiel Kartierablauf mit einer Kombination verschiedener Vorgehensweisen.

		
Zunächst werden gestützt auf das Gelände grob Flächen abgegrenzt: hier die beiden Kuppen (blau) von der Ebene (grün)	Die Ebene wird nach einem Raster kartiert (orange), teilweise kommt die Grenzlinienkartierung zum Einsatz (grau). Auf der Kuppe wird entlang von Catenen (rot) sowie gemäss Geländegliederung gebohrt.	Die fertigen Polygone aufgrund von Abgrenzungen, die aus der Geländegliederung hervorgehen sowie Abgrenzungen im gleichen Gelände anhand unterschiedlicher Bodeneigenschaften.

5.4.3 Verortung im Gelände

Status: Stichworte

Quelle: eigene Erfahrungen

Orientierung ohne GNSS:

- Meistens erfolgt die Verortung im Gelände auf einem Luftbild oder einer topographischen Karte. Dieses gibt Hinweise über klar verortbare Punkte im Gelände (z.B. Bäume, Schlagränder, Gebäude, usw.)
- Über die Höhenlinien kann der genaue Standort abgeschätzt werden (z.B. höchste Lage auf Kuppe, Geländekanten, usw.)
- Im flachen Gelände wird der Anfangspunkt eingemessen (oftmals mit Schritt-mass). Dann wird ein auf dem Plan verortbarer Punkt angepeilt und mittels Schritt-mass das Bohrraster abgescritten. Das Schritt-mass muss geeicht werden.
- Dieses Vorgehen eignet sich insbesondere bei deutlichem Relief, für Grenzlinien-kartierung und Catenenkartierung.

Orientierung mittels GNSS:

- Die Genauigkeit ist geräteabhängig
- Die Bohrpunkte können mittels GNSS in der Regel auch mit einfachen Geräten (z.B. Smartphone) mit genügender Genauigkeit eingemessen werden (je nach erforderlichem Kartenmassstab)
- Bei ungenügender Satellitenabdeckung (insbesondere im Wald, im Gebirge) ist die Genauigkeit des GNSS Empfängers allerdings zu wenig genau.
- Bei Grenzlinienkartierungen kann es vorkommen, dass die Ungenauigkeit der Messung dazu führt, dass die Bohrung im benachbarten Polygon zu liegen kommt.
- Werden Profile in kritischer Distanz zu Werkleitungen angelegt, reicht GPNSS zur Orientierung nicht aus. Die Leitungen müssen eingemessen werden

5.5 Herleitung des Flächendatensatzes

Status: Diskussionspunkte

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt

Für die Herleitung eines Flächendatensatzes gibt es grundsätzlich zwei mögliche Vorgehensweisen. Entweder wird an einem einzelnen Punkt eine detaillierte Bodenbeschreibung vorgenommen und die Information wird für die zugewiesene Fläche übernommen. Oder es wird aus diversen Punktaufnahmen eine charakteristische Bodenbeschreibung für die Fläche abgeleitet. Beide Vorgehensweisen können parallel angewendet werden.

5.5.1 Repräsentative Punktaufnahme

Der Datensatz einer für die gesamte Teilfläche repräsentative Punktaufnahme (Bohrung, Profilgrube etc.) wird als Grundlage für den Flächendatensatz verwendet. Zusätzlich zur Flächeninformation liegt bei diesem Vorgehen auch eine Punktinformation vor. Wird der Punktdatensatz georeferenziert, ist dieses Vorgehen eher kontrollierbar. Die Heterogenität einer Fläche wird bei diesem Vorgehen allenfalls wenig berücksichtigt.

5.5.2 Synthese verschiedener Einzelbeobachtungen

Der Flächendatensatz wird aus mehreren Bohrungen (Hilfs- oder Standardbohrungen) abgeleitet. Die Generalisierung liegt dabei zu einem guten Teil im Ermessen der bodenkundlichen Fachperson. Regeln zur Generalisierung orientieren sich meist an den jeweiligen Definitionen der aufzunehmenden Parameter. Dieses Vorgehen erlaubt die charakteristischen Parameter für die Fläche abzuleiten und den Boden im Wesentlichen zu beschreiben. Dabei wird die natürliche Variabilität der Bodeneigenschaften im

Kartierungsprozess erarbeitet und generalisiert wiedergegeben. Der Generalisierungsschritt ist dabei nicht mehr nachvollziehbar und es entstehen wenige oder keine Bodeninformationen zu einzelnen Punkten.

5.6 Bereinigung der Feldaufnahmen

Status: Vorschlag

Quelle: Div. Kartieranleitungen

Zeitnah nach der Feldarbeit müssen die Feldaufnahmen bereinigt werden. Dabei werden die Bohrlisten und die Feldkarte überprüft auf Vollständigkeit und Plausibilität. Die gesicherten (rot gezeichneten) Bodengrenzen werden nochmals geprüft und allenfalls korrigiert. Spätestens in dieser Phase muss auch der definitive Abgleich mit Kartierenden anderer Gebiete/Perimeter oder zu bestehenden Bodenkarten erfolgen.

5.7 Qualitätssicherung der Flächenkartierung

Status: Diskussionspunkte

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt

In grösseren Kartierprojekten mit projektbegleitender Qualitätssicherung ist es Standard, dass jede Kartiererin/jeder Kartierer von der QS-Fachperson während der Kartierarbeit einige Stunden im Feld begleitet wird. Bei wenig erfahrenen Kartierfachleuten wird dabei beurteilt, ob sie die von der Auftraggeberschaft und dem Projekt geforderten gebietsspezifischen Vorkenntnisse mitbringen, und eine dem Gebiet und dem Projekt angepasste Arbeitstechnik anwenden. Bei routinierten Kartierenden mit grossen Gebiets- und Projektkenntnissen wird die Begleitung dazu genutzt, um spezifische Fragen zu klären, die sich im Laufe der Flächenkartierung ergeben haben.

Neben der individuellen Kartierbegleitung kann es auch zielführend sein – analog eines Profil-Eichtages – einen Kartier-Eichtag mit allen am Projekt Beteiligten zu organisieren. Ein solcher Eichtag wird vorzugsweise so terminiert, dass die Kartierenden etwa einen Drittel ihrer Fläche kartiert haben. An diesem Tag können allgemeine Fragestellungen zur Kartierung (Abgrenzungskriterien, Massstäblichkeit, etc.) oder konkrete Fragen aufgrund der bisherigen Kartiererfahrung erörtert und verbindlich geklärt werden.

6 Datenaufbereitung und -kontrolle

Status: Stichworte

Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte

6.1 Datenaufbereitung

Eingabe der Daten von Feldplan und Protokollen in Datenbanken und GIS gemäss Vorgaben der Auftraggeber.

6.2 Kontrolle während der Kartierung

6.2.1 Eigenkontrolle

Status: Stichworte

Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte, eigene Erfahrungen

Die laufende Kontrolle und Bereinigung der Datensätze durch die Kartierenden sind zentral, dadurch:

- Können Fehler und offene Fragen früh erkannt und im Feld geklärt werden
- Kann methodisches «Auseinanderdriften» unter den Kartierenden vermieden werden
- Reduziert sich der Kontrollaufwand am Schluss

Erfahrungsgemäss sollten Feldpläne täglich bereinigt werden, d.h. wo möglich werden Polygongrenzen definitiv gezogen und Inhalte mit Kurzcodes vermerkt usw. (vgl. Kapitel 5.6). Die regelmässige Bereinigung hilft auch, tagesformbedingte Fehler auszumerzen.

6.3 Schlusskontrolle

Status: Stichworte

Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte

Bevor Daten an die externe QS oder die AuftraggeberIn abgegeben werden, erfolgt eine interne Prüfung aller Daten:

- Punkt- und Flächendaten werden systematisch auf klassifikatorische und methodische Fehler geprüft
- Flächendaten werden mittels thematischer Karten auf inhaltliche Konsistenz und Plausibilität geprüft
- Geometriedaten werden auf Vollständigkeit geprüft

In grösseren Projekten erfolgt die Datenkontrolle anhand von Checklisten und wird mittels unterschriebenen Formulars von den KartiererInnen bestätigt. Falls eine Vorgabe des zu erhebenden Datensatzes festgelegt wird, sollten Checklisten in der Kartieranleitung integriert werden.

6.4 Externe Qualitätssicherung der Endprodukte

Status: Stichworte

Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte

Prüfung der Polygonformen: (SO, S. 61)

- Plausibilität der Polygongrenzen
- Werden Polygongrenzen jenseits der Perimetergrenze logisch fortgesetzt?
- Polygone an Losgrenzen koordiniert?
- Ist die Auflösung der benachbarten Perimeter vergleichbar?
- Plausibilität der Polygonformen
- Entsprechen die Geländeformen der Topographie?

Prüfung der Polygondaten: (SO, S. 61)

- Plausibilität der Abfolge von Bodenformen
- Plausibilität der Ausscheidung von Geländeformen, unregelmässige Geländeformen (Vergleich mit Topographie)
- Plausibilität der interpretierten Grösse: Durchschnitt, Median, grösstes, kleinstes Polygon

- Wasserhaushaltsgruppen: Überlegung zu naturräumlichen Unterschieden, Gemeinsamkeiten
- Plausibilität der einzelnen Parameter gemäss Checkliste

Prüfung von themenbezogenen Auswertungen

Zur Prüfung der Konsistenz von Polygoninhalten über ein grösseres Gebiet, resp. über mehrere Kartieretappen hinweg eignet sich die Verwendung von Themenkarten. Für diese werden vorgängig aus den Flächendaten verschiedene Auswertungen erstellt und im GIS entsprechende Themenkarten erstellt. Beispiele:

- Wasserhaushalt
- Bodentyp
- Skelett Oberboden
- pH-Unterboden, etc.

7 Schlussbericht und Datenabgabe

Status: Stichworte

Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte

Der Entstehungsprozess, der Bodenzustand während den verschiedenen Projektphasen und spezifische Problemstellungen sollen in einem Bericht festgehalten werden. Dies erleichtert die Interpretation und die Verwendung der Bodenkarte zu einem späteren Zeitpunkt. Ein Vorschlag des Inhaltsverzeichnisses soll in der Kartieranleitung angefügt werden (vgl. PHB LU)

8 Kartierung anthropogener Böden

Status: Diskussionspunkte

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt

Der Umgang mit anthropogenen Böden, v.a. auch grossflächigen Rekultivierungen, ist in den ursprünglichen Anleitungen (FAL, Anleitung Waldbodenkartierung) gar nicht behandelt und in neueren, kantonalen Werken oft nur punktuell und auf spezifische Fragestellungen beschränkt. Da die Bedeutung der anthropogenen Böden stetig zunimmt, sollen Handlungsanweisungen zur flächenhaften Kartierung in die neue Kartieranleitung aufgenommen werden.

Etliche Fragen, die sich bei der Kartierung von anthropogenen Böden stellen, müssen vorgängig in einer Expertenrunde geklärt werden (siehe Zwischenbericht....). Dennoch können aus der Erfahrung von vergangenen Kartierprojekten einzelne Arbeitsschritte inkl. der spezifischen Vorgehensweisen gemäss folgender Aufstellung als verbindlich erklärt werden:

1. Schritt: Entscheid, ab welchem Alter eine bestimmte Rekultivierung sinnvoll beurteilt und kartiert werden kann. Hier werden ev. Informationen von Schritt 2 benötigt.
2. Schritt: Einholen und Auswerten von Dokumenten zur Standortgeschichte und Machart der Auffüllung (Schlussbericht BBB etc.)
3. Schritt: Diskussion, ob und wie viele Profile benötigt werden

4. Schritt: Festlegen von ev. spezifischen Fragestellungen und Untersuchungsparametern (Lagerungsdichte, Wasserhaushalt, etc...)

5. Schritt: Bedarf ausloten, ob zur Beurteilung der relevanten bodenkundlichen Merkmale zusätzliches Instrumentarium notwendig ist (z. B. Penetrometer, Piezometer)

6. Schritt: Abgrenzungen von Polygonen erfolgen kombiniert: Einerseits durch Bohrungen (Profile) und andererseits aufgrund von bestehenden Unterlagen über die Geschichte und den Aufbau der Auffüllung.

6a: Bohrungen werden vorzugsweise in einem Raster vorgenommen. Dabei sollen auch oberflächlich sichtbare Merkmale wie Setzungen oder Nassstellen berücksichtigt werden. Aufgrund der oft grossen Heterogenität von Auffüllungen und wegen meist ungenügender Informationen zu Schütttechnik und Material empfiehlt sich ein feineres Raster als bei der Kartierung von natürlich gewachsenen Böden.

6b: Unabhängig vom Auftrag empfiehlt es sich, in Rekultivierungen die Tiefe und die Beschaffenheit der Rohplanie in jeder Bohrung aufzunehmen. Das kann ein wichtiges Abgrenzungskriterium zwischen Bodeneinheiten sein.

6c: Wichtig ist das Erkennen von verdichteten Schichten im aufgefüllten Boden. Deshalb sollten die Bohrungen nicht bei stark ausgetrockneten Bodenverhältnissen durchgeführt werden.

6d: Polygonformen: Polygone innerhalb von grösseren Auffüllungen haben i. d. R. andere Formen als solche in natürlich gewachsenen Böden. Oft weisen ihre Formen geometrische Muster auf, dies in Abhängigkeit von ihrem -meist zeitlich gestaffelten – Aufbau, der Materialbeschaffenheit und den Witterungsverhältnissen während der Rekultivierung.

Oft bilden sich gewisse Bodeneigenschaften erst nach mehreren Folgenutzungsjahren aus. Gemeint sind insbesondere Zonen mit Staunässe an Orten, wo die Wasserdurchlässigkeit gehemmt ist und/oder aufgrund des Reliefs oder unregelmässigen Senkungen Niederschlagswasser zusammenläuft. Solche Zonen bilden sich oft unabhängig vom Rekultivierungsablauf und die entsprechenden Polygone weisen nicht zwingend die für Auffüllungen typischen geometrischen Formen auf.

7. Schritt: Falls beim Kartieren unerwartetes Fremdmaterial (Abfall, Schlacke etc.) in einer Auffüllung auftaucht, müssen umgehend die Auftraggeberschaft und die zuständigen kantonale Stellen informiert werden. Gemeinsam ist das weitere Vorgehen abzusprechen.

8. Schritt: in einem ev. Schlussbericht ist das gewählte Vorgehen bei der Kartierung von anthropogen geschütteten Böden (verwendete Unterlagen, Bohrraster, aufgetauchtes Fremdmaterial etc.) zu dokumentieren.

Quellen

- AU FaBo ZH. (2015). *Bodenkundliche Kartierung der Wälder mit sauren Böden. Submission der Kartierlose 2015* (Version 11). Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich.
- Blume, H. P., Stahr, K., & Leinweber, P. (2010). *Bodenkartierung*. In *Bodenkundliches Praktikum* (Erstausgab). Spektrum Akademischer Verlag.
- BoKa GL. (2010). *Bodenkartierung Kanton Glarus 2006-2010* (C. Lüscher (ed.)). Arcoplan.
- Carto. Sols VD. (2019). *Cartographie des sols du cantone de Vaud*. Division géologie sols et déchets.
- FAL24. (1997). *Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden* (J. Brunner, F. Jäggli, J. Nievergelt, & K. Peyer (eds.); Schriftenr). Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau.
- HB Eignungsk. SG. (2015). *Handbuch Umwandlung der Eignungskarten in Bodenkarten Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen (BISG)* (D. Marugg (ed.); Version 3). Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen.
- HB Wald. (1996). *Handbuch Waldbodenkartierung* (A. Ruef & K. Peyer (eds.)). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- IH FaBo ZH. (2017). *Bodenkundliche Bewertung von anthropogenen Böden. Interpretationshilfe* (Version 19). Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich.
- Jenny, H. (1941). *Factors of Soil Formation* (Reprint 20). Dover Publications Inc.
- Klass. FFF VS. (2016). *Methodologische Anleitung: Klassifikation der Böden in Fruchtfolgeflächen (FFF)* (Büro Nivalp SA (ed.)). Dienststelle für Raumentwicklung Kanton Wallis.
- PHB LU. (2013). *Projekthandbuch Bodenkartierung Kanton Luzern* (B. Suter & T. Gasche (eds.); 4. Ausgabe). Dienststelle Umwelt und Energie Kanton Luzern.
- PHB SO. (2017). *Projekthandbuch Bodenkartierung Kanton Solothurn* (C. Lüscher, M. Zürcher, T. Gasche, G. von Rohr, C. Hauert, & A. Plotzki (eds.); 6. überarb). Amt für Umwelt des Kantons Solothurn.
- SB Eignungsk. SG. (2018). *Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen (BISG) Umwandlung von Eignungskarten in Bodenkarten Schlussbericht Etappe 5* (C. Eggert & M. Zürcher (eds.)). myx GmbH, BABU GmbH, Gasche-Bodengutachten GmbH, Boden und Biotope Esther Bräm.
- TM FaBo ZH. (2018). *Technische Merkblätter für die Bodenkartierung: Bodenkundliche Kartierung der Wälder mit sauren Böden* (M. Zürcher & U. Gasser (eds.); Version 3.). Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich.
- VAFFF AG. (2020). *Verzeichnis Aufwertung Fruchtfolgeflächen*. https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt_natur_landschaft/umwelt_1/boden/vafff/verzeichnis_aufwertung_fruchtfolgeflaechen.jsp
- VH FFF VD. (2019). *Aide a l'exécution methodology pedologique pour l'identification des nouvelles surfaces d'assolement*. Département du territoire et de l'environnement.

Annexe 2



Cahiers des charges succincts pour les lots de tâches du module B

Révision KLABS/KA, guide pour le rKA

Daniela Marugg

Version 1.2 du 2 décembre 2020

Haute école spécialisée bernoise

Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (HAFL)

Division Agronomie, Révision KLABS/KA

Table des matières

1. Introduction	3
2. Vue d'ensemble des lots de tâches	3
3. Traitement des lots de tâches	4
4. Lot de tâches 10 : Phase 1, module B	5
5. Lot de tâches 11 : Élaboration du module de base (module « forêt » et exigences pour les SDA inclus)	5
5.1 Lot de tâches 11.1 : Module de base	5
5.2 Lot de tâches 11.2 : Jeux de données	8
5.3 Lot de tâches 11.3 : Cartographie de terrain	11
5.4 Lot de tâches 11.4 : Module « forêt »	14
5.5 Lot de tâches 11.5 : Exigences pour les SDA	15
6. Lot de tâches 12 : Innovations	16
7. Lot de tâches 13 : Synthèse	17
8. Lot de tâches 14 : Élaboration de modules supplémentaires	17
8.1 Lot de tâches 14.1 : Besoins et ordre de priorité des modules supplémentaires	17
8.2 Autres lots de tâches pour des modules supplémentaires éventuels	17
8.2.1 Module pour les cartographies de grande ampleur	17
8.2.2 Module pour les chantiers	18
8.2.3 Module pour des zones dont les sols sont fortement affectés par les activités humaines	19
8.2.4 Module pour les zones de montagne	20
9. Lot de tâches 15 : Rédaction du module B	20
Liste des figures	21
Liste des tableaux	21
Bibliographie	21

1. Introduction

Les chapitres qui suivent décrivent des lots de tâches de la Révision de la classification des sols de Suisse et du manuel de cartographie des sols (rév. KLABS/KA), sous la forme de cahiers des charges succincts. Les lots présentés se rapportent exclusivement au module B du projet, qui concerne la révision du manuel de cartographie des sols de Suisse. La numérotation des lots commence à 10, parce qu'elle poursuit celle définie pour le module A. Les lots 1 à 9 portent en effet uniquement sur la révision de la description ponctuelle du sol et sur la classification des sols : ils ne font pas l'objet du présent document, mais sont détaillés dans le Guide rKLABS (Schmidhauser et Presler 2020). Le site web spécifique (www.boden-methoden.ch) et la Stratégie de mise en œuvre (Marugg et Schmidhauser 2019) fournissent des informations supplémentaires sur le projet de révision.

Le présent document fait partie intégrante du Guide pour la révision du manuel de cartographie des sols de Suisse, dont il constitue l'annexe 2.

2. Vue d'ensemble des lots de tâches

		Période
LT 10 Phase 1, module B		
LT 10.1 État de la technique de la cartographie des sols	Terminé	2019-2020
LT 10.2 Rédaction du guide pour la révision du manuel de cartographie	Terminé	2019-2020
LT 11 Élaboration du module de base du manuel (module « forêt » et exigences pour les SDA inclus)		
LT 11.1 Module de base		2021-2022
LT 11.2 Jeux de données		
LT 11.2a Contenus requis - Liste de paramètres - Relevé des données		2020-2022
LT 11.2b Saisie d'informations pédologiques par couche ou par horizon		1 ^{er} semestre 2021
LT 11.2c Définitions de couches		2 ^e semestre 2021
LT 11.3 Cartographie de terrain		
LT 11.3a Description de sondages et déduction de données pour un polygone		2021
LT 11.3b Variabilité spatiale		2021
LT 11.3c Délimitation de polygones		2022
LT 11.4 Module « forêt »		Mi-2021 à 2022
LT 11.5 Exigences pour les SDA		Mi-2021 à 2022
LT 12 Innovations		2021-2022
LT 13 Synthèse		2024
LT 14 Élaboration de modules supplémentaires		

LT 14.1 Besoins et ordre de priorité des modules supplémentaires		Le plus rapidement possible
LT 14.2 à 14.XY <ul style="list-style-type: none"> • Module pour les cartographies de grande ampleur • Module pour les chantiers • Module pour des zones dont les sols sont fortement affectés par les activités humaines • Module pour les zones de montagne 		Encore indéterminé
LT 15 Rédaction du module B		Fin 2024

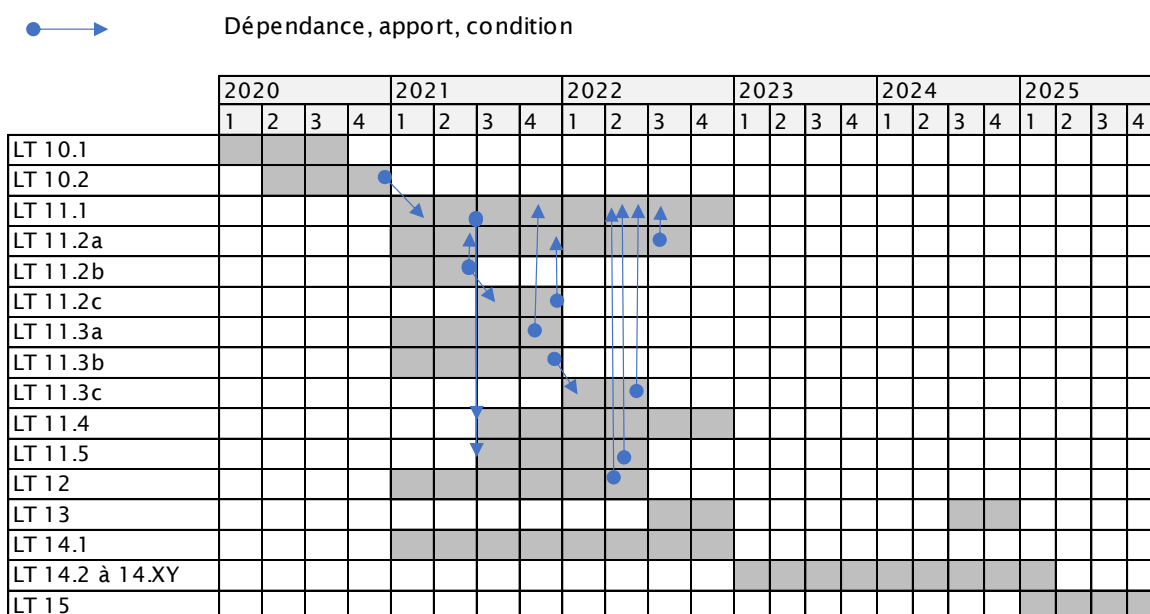


Figure 1 : Répartition dans le temps et interdépendances pour les lots de tâches du module B.

3. Traitement des lots de tâches

Diverses variantes sont prévues pour le traitement des lots de tâches (la variante retenue est indiquée à chaque fois en dessous du titre du lot concerné) :

– **Traitement par des mandataires externes avec consultation d’experts**

Ces lots de tâches sont traités par des mandataires externes¹. La direction de projet (DP) demande des offres à des mandataires potentiels en se fondant sur leurs compétences spécifiques. Elle supervise et accompagne étroitement les travaux. Si nécessaire, les résultats (ou, le cas échéant, des résultats intermédiaires) sont présentés pour avis à une sélection d’experts spécialistes du domaine concerné. Les résultats définitifs sont soumis à la procédure d’approbation (comité d’experts, comité de projet).

– **Traitement dans le cadre d’un atelier**

Les lots de tâches sont traités dans le cadre d’ateliers ou de cercles d’experts, auxquels participent des spécialistes issus de la recherche, des administrations cantonales, des bureaux

¹ Le terme « externe » recouvre aussi les groupes de recherche de la HAFL (il désigne en fait tous les mandataires en dehors du CCSols et de la direction de projet).

d'ingénieurs, etc. La DP organise et dirige les ateliers, si nécessaire avec l'appui du CCSols ou de mandataires externes. Dans le cadre de ces ateliers, on aborde des problématiques ciblées à la recherche de solutions. Le cas échéant, de nouvelles questions émergent de l'atelier, qui doivent être traitées par les participants ou par d'autres experts. Une autre option possible consiste à réaliser des enquêtes en ligne auprès de spécialistes pour saisir certains contenus ou opinions, soit au préalable soit après un atelier.

– **Traitement par la DP et le CCSols avec consultation d'experts**

Les lots de tâches sont élaborés par la DP en collaboration avec le CCSols, puis les résultats sont soumis à des experts.

Exigences définies pour le traitement

Les qualifications requises pour le traitement des lots de tâches ne sont pas mentionnées séparément pour chaque lot. Solliciter des personnes ou des équipes qualifiées pour la révision relève de la compétence de la DP.

Coordination par la DP

La DP assume la coordination, le pilotage et l'harmonisation des lots de tâches. Elle décide de l'intégration des résultats issus des divers lots dans la révision et dans les étapes de travail ultérieures. D'autres experts la soutiennent si nécessaire.

4. Lot de tâches 10 : Phase 1, module B

Ce lot de tâches n'est pas abordé plus en détail ici, parce qu'il est déjà terminé.

5. Lot de tâches 11 : Élaboration du module de base (module « forêt » et exigences pour les SDA inclus)

5.1 Lot de tâches 11.1 : Module de base

Traitement par des mandataires externes avec consultation d'experts

C'est dans le cadre de ce lot de tâches qu'est développé et formulé le module de base du rKA. Les produits issus du lot 10.1 (État de la technique de la cartographie des sols) y sont intégrés ou même développés. Il s'agit en particulier de rédiger des textes clairs, avec des références correspondantes. Le travail sera réparti en quatre phases, sur une longue durée (jusqu'en 2022), parce qu'il faudra à certains moments attendre les résultats d'autres lots de tâches. La première phase (élaboration du module de base) sera suivie d'une période d'échange et de coordination, avant que les divers apports soient intégrés dans le module de base durant la troisième phase. Enfin, après une large consultation, le module sera mis au net lors de la quatrième phase. Le résultat final obtenu constitue le cœur de la révision : un module de base terminé et approuvé. Celui-ci sera donné à traduire le plus rapidement possible, afin de pouvoir envoyer la version française en consultation. On ignore toutefois quand cette étape pourra être mise en œuvre.

En raison de la situation centrale qu'occupe ce lot de tâches, on attend du mandataire qu'il **coordonne étroitement ses travaux avec la DP, et cela en permanence**. La DP le tiendra informé des résultats obtenus dans les autres lots. Le mandat doit par ailleurs inclure un **soutien général apporté à la DP pour ce qui concerne le manuel de cartographie**.

Le déroulement des travaux pour le lot de tâches 11.1 est présenté de manière schématique dans le tableau 1. Le calendrier dépend de la progression des autres lots, mais on vise toutefois le mois d'octobre 2022 pour l'achèvement du module (avec approbation par le mandant en décembre 2022).

Étapes de travail	Phase	Calendrier provisoire
<p>1. Développer la structure brute :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Examen de toutes les étapes du processus de cartographie (voir également le point 2 du chapitre 2.7 du guide rKA). – Formulation des textes pour chaque étape de travail, dans la mesure où les connaissances sont déjà disponibles (à partir du lot LT 10.1, mais aussi en intégrant les éventuelles sources bibliographiques étrangères en complément). – La DP peut fournir des suggestions bibliographiques. – Les propositions de formulation sont discutées avec la DP au début des travaux, afin qu'elles correspondent à l'idée de la DP. 	Phase 1 : rédaction du module de base	<p>(Adjudication du lot LT 11.1 en janvier 2021)</p> <p>Février à juin 2021, conclusion la plus rapide possible</p>
<p>2. Mettre à disposition un projet de module de base pour le lot LT 11.4 Module « forêt » et le lot 11.5 Exigences pour les SDA.</p>	Fin de la phase 1	Été 2021
<p>3. Participation à des entretiens et rencontres concernant le lot LT 11.2 Jeux de données</p> <ul style="list-style-type: none"> – Échange avec la DP au sujet du lot 11.2a Contenus requis – Liste de paramètres – Relevé des données (2 à 3 entretiens) – Participation à l'atelier du lot LT 11.2b Saisie d'informations pédologiques par couche ou par horizon (5 heures) – Entretiens avec la DP en ce qui concerne le lot 11.2c Définition de couches (2 entretiens) 	Phase 2 : échange et coordination	Deuxième et troisième trimestres 2021
<p>4. Coordination avec le lot LT 11.3 Cartographie de terrain</p> <p>En coopération avec la DP et le mandataire du lot LT11.3, le mandataire veille à garantir des échanges (1 à 2 entretiens) de manière à ce qu'il soit possible d'estimer les contenus, le travail requis et le calendrier des étapes ultérieures (étapes 5 et 9).</p>	Phase 2	Deuxième et troisième trimestres 2021
<p><i>Livraison au mandant des résultats issus du lot LT 11.2 (éventuellement aussi résultats provisoires).</i></p>		<i>Deuxième trimestre 2021</i>
<p>5. Intégration de résultats initiaux / provisoires / probables issus du lot LT 11.2 Jeux de données et LT 11.3 Cartographie de terrain</p> <p>En se fondant sur les étapes 3 et 4, et d'entente avec la DP, on décide dans quelle mesure cette étape est judicieuse. Le cas échéant, on y renoncera.</p>	Phase 2	<p>SI JUDICIEUX</p> <p>Traitement de la deuxième phase</p> <p>Octobre 2021 à janvier 2022</p>

Étapes de travail	Phase	Calendrier provisoire
6. Coordination avec le lot LT 11.4 Module « forêt » En collaboration avec la DP et le mandataire du LT 11.4, le mandataire veille à garantir des échanges (1 à 2 entretiens) afin d'identifier et d'éliminer les éventuels doublons ou problèmes.	Phase 2	Janvier 2022
7. Coordination avec le lot LT 11.5 Exigences pour les SDA En collaboration avec la DP et le mandataire du LT 11.5, le mandataire veille à garantir des échanges (1 à 2 entretiens) afin d'identifier les éventuels problèmes et de les supprimer dans le module de base.	Phase 2	Janvier 2022
<i>Livraison au mandant des résultats issus du lot LT 12 Innovations</i>		<i>Premier trimestre 2022</i>
8. Finalisation du module de base a) Un ou deux entretiens avec la DP (séance de coordination). b) Intégration définitive des résultats issus des lots suivants : – LT 11.2 Jeux de données – LT 11.3 Cartographie de terrain – LT 11.4 Module « forêt » – LT 11.5 Exigences pour les SDA – LT 12 Innovations	Phase 3 : Intégration de tous les éléments	Mars à août 2022, le plus rapidement possible
<i>Consultation des experts pour le module de base, y compris consultation du comité d'experts</i>		<i>Septembre 2022</i>
<i>Traduction en français, consultation pour le français</i>		<i>Encore indéterminé</i>
9. Probablement deux ou trois présentations du module de base devant des spécialistes et devant le comité d'experts, y compris discussions	Phase 3	Septembre 2022
10. Changements apportés sur la base des consultations	Phase 4 : Mise au net finale	Octobre 2022
<i>Approbation du module de base par le mandant du projet</i>	<i>Fin</i>	<i>Quatrième trimestre 2022</i>

Tableau 1 : Déroulement des travaux pour le lot de tâches LT 11.1 Module de base.

Étapes signalées *en italiques* : affectent le mandataire, mais ce dernier ne participe pas à leur exécution.

5.2 Lot de tâches 11.2 : Jeux de données

La définition des jeux de données requis pour une carte représentée sous forme de polygones se fait au sein de trois lots de tâches imbriqués (lots LT 11.2a à 11.2c). Elle dépend par ailleurs des travaux réalisés dans le cadre du module A.

Les jeux de données (jeu de données de la surface, jeu de données du sondage, le cas échéant spécifications pour la géométrie) sont concrétisés dans le cadre d'un processus qui doit durer deux ans. De premières propositions sont attendues en 2020 ou figurent déjà dans le rapport intermédiaire (Wernli et al. 2020b). Les diverses propositions doivent être discutées et éventuellement appliquées dans des projets en cours grâce à une consultation des experts (2021). D'ici à 2022, ces propositions devraient être arrivées à maturité.

Il s'agit d'une part d'établir quels paramètres doivent être relevés lors d'une cartographie des sols conforme au module de base du rKA, mais aussi de déterminer si ces paramètres doivent être enregistrés par couche ou par horizon. Si la saisie par couche – qui constitue actuellement la norme – est retenue, les couches devront être mieux définies. Si l'on privilégie une autre approche, il conviendra de discuter de la compatibilité de celle-ci avec les jeux de données qui existent déjà.

Il faut par ailleurs définir plus exactement comment est établi le jeu de données pour les sondages et comment on peut déduire de celui-ci le jeu de données des polygones. Dans le cadre de ces travaux, on précisera aussi ce que l'on entend par « jeu de données de la surface » (ou « jeu de données du polygone ») et par « jeu de données du sondage ».

LT 11.2a : Contenus requis – Liste de paramètres – Relevé des données

Traitement par la DP et le CCSols avec consultation d'experts

Indépendamment de « l'architecture » du modèle de données, il convient de clarifier quels sont les contenus essentiels qui doivent être relevés lors de la cartographie des sols, et notamment s'il faut à l'avenir enregistrer des paramètres qui ne sont pas pris en compte actuellement.

La liste de paramètres (attributs) proposée dans le rapport intermédiaire (ibid., chapitre 2.3.3, p. 11f) pour les données surfaciques (polygones) doit être comparée aux propositions de listes de paramètres faites pour le jeu de données du profil. On examinera les points suivants pour chaque paramètre :

- peut-il être relevé par sondage (inclure éventuellement la comparaison avec son relevé dans les profils) ;
- peut-il être extrapolé à une surface, description de l'utilisation ;
- type (numérique, classique) ;
- priorité ;
- paramètres classés : comment est ou devrait être classé le paramètre ; discussion éventuelle sur la manière dont l'échelle influence le classement ;
- la prise en compte de ce paramètre a-t-elle fait ses preuves jusqu'ici ;
- ou alors, si le paramètre n'a pas été relevé jusqu'ici : raisons justifiant de le prendre désormais en compte.
- ...

Un point particulier concerne les examens à mener au sujet des sous-types existants « DD = drainé », « PB = aménagé en terrasse » et « HT = labour profond », qui sont saisis actuellement lors des relevés ponctuels mais se rapportent avant tout à des surfaces. En complément, il existe encore d'autres situations qui actuellement sont relevées dans les profils (par exemple les affleurements rocheux), mais qui portent sur une surface. Les exemples de ce type devraient être collectés auprès des cartographes, pour être ensuite intégrés aux réflexions décrites ci-dessus. On doit pouvoir voir clairement dans quelle mesure ces situations sont documentées lors des prélèvements de sondages et

de la déduction du jeu de données des surfaces. Au cours du traitement du lot LT 11.2a, il devrait être possible de découpler ces paramètres des sous-types saisis lors du relevé des profils.

Il est en outre indispensable de clarifier aux moins les termes suivants :

- Jeu de données du profil (jeu de données de classification), en commun avec le lot LT 7.5 du module A.
- Jeu de données du sondage
- Jeu de données de la surface
- Géométrie du polygone

Il conviendrait de saisir cette occasion pour remplacer les termes allemands « Parameter », « Datensatz » et « Polygon », issus de l'informatique ou de la géoinformatique, par une terminologie spécifique, pertinente et cohérente, dans le but de clarifier le sens général de ces termes afin de pouvoir ensuite se concentrer sur le fond des questions pédologiques. Ensuite, il faudra vérifier si les termes français actuellement utilisés (paramètre, jeu de donnée, polygone) sont satisfaisants, ou, le cas échéant, en trouver de plus pertinents.

Ces clarifications ont lieu essentiellement en parallèle au lot de tâches LT 7.5 du module A. Ils sont menés par la DP en impliquant le CCSols, en coordination avec le NABODAT et d'autres experts. Ils doivent être terminés d'ici à 2022.

LT 11.2b : Saisie d'informations pédologiques par couche ou par horizon

Traitement dans le cadre d'un atelier

Différents experts demandent que le modèle à deux couches soit remplacé par un modèle à horizons. Il convient toutefois de discuter des conséquences pratiques de ce changement, afin d'en peser les avantages et les inconvénients et de parvenir à une décision bénéficiant d'un large consensus qui puisse être intégrée au module de base du rKA.

Le rapport intermédiaire (ibid., p. 19ff) présente des travaux préalables sur cette problématique, qui doivent servir de base à au moins un cercle d'experts. Il met aussi en évidence des variantes correspondant à des compromis entre les modèles basés uniquement sur des couches ou uniquement sur des horizons.

Il s'agit également d'observer comment les cartographies étrangères traitent cette thématique. Le cas échéant, des suggestions intéressantes pourront en être tirées. Jusqu'ici, les éléments suivants ont été identifiés pour la discussion :

- Règles permettant de généraliser la transformation des horizons en couches, avec éventuellement des profondeurs standard pour les couches.
- Traitement différent des sondages (qui se rapportent plutôt à des horizons) et des données surfaciques (liées plutôt à des couches).
- Exemple de la cartographie des sols forestiers dans le canton de Zurich (relevé de trois couches avec possibilité de les compléter par trois couches supplémentaires) – Applicabilité pratique pour les mandants et les mandataires.
- L'utilisation et l'agrégation future des données doivent aussi être prises en compte (en lien avec le lot LT 11.2a).
- Réflexions concernant les coûts (dépenses pour le relevé des données / bénéfices liés aux informations pédologiques).
- Gestion de la variabilité.

La planification (notamment la consultation de la documentation internationale) et l'organisation d'un atelier à ce sujet sont prévues pour le premier semestre 2021. Elles seront prises en charge par un mandataire externe. Si aucune décision définitive ne peut être prise durant l'atelier, d'autres travaux devraient suivre ou un autre cercle d'experts sera prévu. Les résultats seront intégrés aux lots de

tâches LT 11.2a et LT 11.2c, mais aussi, de manière indirecte, au lot LT 11.1. Le déroulement prévu peut être résumé comme suit :

1. Consultation des bases déjà disponibles (par exemple le modèle de données du NABODAT pour les surfaces), consultation des bases provenant de l'étranger, synthèse et précision des problématiques.
2. Préparation du cercle d'experts / de l'atelier, y compris un ou deux entretiens avec la DP.
3. Organisation, exécution, direction et documentation de l'atelier.
4. Synthèse de l'atelier et compte rendu, y compris éléments destinés au glossaire.

LT 11.2c Définition de couches

Au début, traitement par la DP ; traitement ultérieur encore indéterminé

Presque tous les manuels de cartographie utilisés en Suisse prévoient, pour les données surfaciques, une simplification de la structure du sol en deux couches. Jusqu'ici, on a ainsi distingué la couche supérieure de la couche sous-jacente. La manière dont ces couches sont appréhendées diverge cependant d'un manuel de cartographie à l'autre : les diverses approches s'avèrent même parfois contradictoires. Si l'on convient de continuer à recourir au modèle par couches ou à des variantes de celui-ci (ce qui dépendra des résultats du lot LT 11.2b), il sera indispensable d'adopter une définition plus précise de ces couches (en premier lieu de la couche supérieure et de la couche sous-jacente, mais probablement aussi du sous-sol). Une proposition suggère par ailleurs de ne plus parler de couches mais de.

Le rapport intermédiaire (ibid., p. 15ff) et la comparaison des méthodes (Wernli et al. 2020a, tableau supplémentaire) proposent déjà une synthèse des définitions actuelles tirées des diverses méthodes de cartographie des sols. On y explique aussi que la définition de la couche supérieure du sol est liée en partie aux horizons pédologiques qui permettent la classification.

Dans un premier temps, la DP doit proposer des définitions pour la couche supérieure, la couche sous-jacente et le sous-sol, puis les mettre à la disposition du cercle d'experts du lot LT 11.2.b. Le cas échéant, un consensus peut déjà être trouvé dans ce cadre. S'il s'avère que ces définitions continueront d'être utilisées et que les définitions proposées par la DP sont acceptées, celles-ci pourront être intégrées au module de base et confirmées lors de la consultation portant sur ce dernier. Si aucun consensus ne peut être atteint, la rédaction des définitions devra être entreprise avec des mandataires externes. Ce travail ne peut pas encore être évalué plus précisément. Si la démarche correspondant à la variante A peut être retenue, on essaiera d'achever le lot de tâches pour la fin 2021.

Le déroulement prévu pour les variantes évoquées peut être résumé comme suit :

1. Rédaction – par la DP – de versions provisoires des définitions pour la couche supérieure, la couche sous-jacente et le sous-sol.
2. Discussion des versions provisoires dans le LT 11.2b.

Les étapes ultérieures sont décrites dans le Tableau 2.

	Variante A	Variante B	Variante C
Étape de travail	A3 Si les versions provisoires sont acceptées et que le modèle à couches est maintenu -> Élaboration de définitions par la DP ou un mandataire externe	B3 Si les versions provisoires ne sont pas acceptées mais que le modèle à couches est maintenu -> Élaboration de définitions par un mandataire externe	C3 Si le modèle à couches est abandonné -> Il n'est pas nécessaire de rédiger des définitions : le LT est interrompu ou redéfini.
	A4	B4 Préconsultation des experts	-> Il convient de clarifier selon quels critères les informations

	Intégration des définitions dans le glossaire	(participants au cercle d'experts du lot LT 11.2b)	pédologiques peuvent être déduites dans un modèle à horizons.
	A5 Définitions soumises à une large consultation avec le module de base	B5 Révision éventuelle	
		B6 Large consultation	

Tableau 2 : Variantes de procédure pour le lot LT 11.2c.

5.3 Lot de tâches 11.3 : Cartographie de terrain

Traitement par des mandataires externes avec consultation d'experts

Dans ce lot de tâches, il s'agit essentiellement de traiter de questions portant sur la procédure de cartographie de terrain. Dans ce contexte, trois domaines de travail peuvent déjà être décrits plus précisément (lots LT 11.3a à LT 11.3c). L'ensemble du lot, avec les domaines décrits ci-après, doit être pris en charge par un mandataire externe. D'autres questions apparaîtront probablement lors des discussions. Elles pourront et devront être traitées dans le cadre du lot LT 11.3.

LT 11.3a Description de sondages et déduction de données pour un polygone

Le rapport intermédiaire (Wernli et al. 2020b, p. 23ff) présente des propositions indiquant quels types de sondages servent quels buts lors du processus de cartographie. Il décrit aussi plus précisément les sondages. La question de savoir avec quelle précision ces derniers doivent être situés dans l'espace et quelle profondeur ils doivent atteindre reste ouverte. Aussi bien l'emplacement que la profondeur des sondages dépendent du terrain, mais également des attentes du mandant.

La structure brute (Wernli et al. 2020c, p. 24f) décrit deux options pour déduire les données surfaciques (polygones) à partir des informations issues de sondages :

- relevé ponctuel représentatif ;
- synthèse de diverses observations isolées.

Ces options doivent être présentées de manière concise. Si l'on remarque qu'une ou plusieurs autres options sont nécessaires, leur élaboration doit être discutée avec la DP.

Il s'agit de montrer, à l'aide d'exemples, quelle option peut être retenue dans quel cas. Les arguments invoqués dans ce contexte peuvent être techniques, mais aussi organisationnels.

Le relevé ponctuel représentatif produit des données ponctuelles géoréférencées d'une précision déterminée. Les informations relevées doivent être enregistrées dans une base de données appropriée. Une solution informatique doit donc déjà être disponible. Par rapport à la « synthèse de diverses observations isolées », cette option présente une plus-value pour la traçabilité du processus de cartographie et pour l'exploitabilité des données. Le travail requis pour les relevés de ce type peut toutefois exercer une forte influence sur les prestations offertes pour les projets de cartographie. Par conséquent, un mandant doit rester conscient des options existantes et de leurs conséquences implicites, afin de pouvoir décider lesquelles il souhaite exiger et financer. Le choix de l'option peut aussi être laissé aux cartographes.

Dans le cadre du lot LT 11.3a, il convient par ailleurs de déterminer comment il faut documenter la déduction du jeu de données de la surface. Le but est que l'option retenue par le/la cartographe puisse être indiquée et documentée brièvement et facilement à lors de la cartographie. Pour cela, le mandataire développe une idée dont il discute avec la DP. La mise en œuvre de la solution retenue dans un système de base de données ne fait pas l'objet de ce lot de tâches.

Les résultats provenant de ce lot sont intégrés directement au module de base et (si nécessaire) au module « forêt » du rKA. Il s'agit également de préparer les entrées du glossaire qui concernent les

sondages. Du point de vue du calendrier, le lot LT 11.2d doit être traité en 2021. L'intégration au module de base (LT 11.1) doit être possible au plus tard à la fin 2021.

Le déroulement peut être résumé comme suit :

1. Consultation des documents de référence.
2. Élaboration de propositions pour l'emplacement et la profondeur des sondages.
3. Élaboration des deux options proposées dans la structure brute, et éventuellement d'une ou de plusieurs autres options.
4. Établissement d'une norme pour la documentation (proposition).
5. Coordination et intégration dans le module de base (LT 11.1).

Lot de tâches 11.3b : Variabilité spatiale

La thématique de la variabilité spatiale doit pouvoir s'appuyer sur des bases solides faisant l'objet d'un plus large consensus. Les principales questions qui se posent sont les suivantes :

Faut-il et peut-on exprimer la variabilité spatiale qui existe à l'intérieur de polygones ? Si oui, comment ?

Les méthodes utilisées à l'étranger doivent être examinées afin de voir si elles peuvent fournir des contributions importantes pour la méthodologie de cartographie en Suisse (par ex. Legros 1996; KA5 2005; Baize et Jabiol 2011; Blume et al. 2011). Il s'agit de clarifier dans quelle mesure les cartographes doivent se préoccuper de la variabilité spatiale. On identifie les approches appliquées dans la pratique actuelle tant dans les anciens manuels de cartographie (voir la comparaison des méthodes (Wernli et al. 2020a)) que dans le rapport intermédiaire (Wernli et al. 2020b). Concrètement, il faut se poser les questions suivantes :

Inclusions dans un polygone

Dans un polygone, on peut admettre une proportion de 10 à 20 % d'inclusions. S'il y en a plus, il faut soit délimiter davantage de polygones, soit prendre en considération la formation d'unités complexes.

Qu'est-ce qu'une inclusion ? À partir de quelle proportion d'inclusions et pour quelle propriété du sol faut-il constituer une unité complexe ?

- À quelles propriétés du sol l'inclusion se rapporte-t-elle ? À toutes ou seulement à certaines ?
- De combien la propriété du sol doit-elle diverger pour que ce dernier soit considéré comme une « inclusion » et quand peut-on estimer qu'une divergence n'est que légère ? Un pH plus élevé d'une classe dans la couche supérieure du sol correspond-il par exemple déjà à une inclusion ?
- Comment peut-on documenter l'inclusion ? (Cette question n'est pas réglée actuellement, on utilise souvent un champ permettant d'introduire des remarques.)
- L'inclusion doit-elle être indiquée sous la forme d'un nombre, par exemple en référence à certaines propriétés du sol, ou par rapport à l'échelle ?
- Comment estime-t-on la proportion d'inclusions ? Peut-on la déduire des sondages réalisés à l'intérieur du polygone ?

Formation d'unités complexes

Dans les cartographies actuelles, il est peu fait usage des unités complexes, conformément aux exigences des mandats.

- Pourquoi les unités complexes ne doivent-elles être utilisées qu'avec retenue ? Quelle est l'origine de cette exigence ? Que signifie « avec retenue » ?

- La formation d’unités complexes n’est-elle pertinente que lorsque les exigences de qualité sont trop « strictes » par rapport à la variabilité et à l’échelle de cartographie ? Les exigences de qualité devraient-elles alors être adaptées ?
- Lorsqu’une unité complexe est constituée, il faut indiquer dans quelles proportions les sols sont présents dans le polygone. La documentation (et notamment l’entrée dans NABODAT) ainsi que les possibilités d’interprétation de ces données sont-elles actuellement utiles et mènent-elles au but ? Ou ne le sont-elles pas, si bien qu’il faut y recourir avec retenue ?
- Comment les cartographes peuvent-ils contourner la formation d’unités complexes si celles-ci ne doivent être utilisées qu’avec retenue ?
- Quand est-il acceptable de constituer une unité complexe et quand ne l’est-ce pas ?
- En quoi un polygone hétérogène se différencie-t-il d’une unité complexe ?

Extension du jeu de données permettant d’inclure des indications sur la variabilité dans le polygone

On peut aussi envisager d’aborder la variabilité spatiale autrement que cela n’a été fait jusqu’ici avec la désignation d’inclusions et la formation d’unités complexes. Le rapport intermédiaire (ibid.) formule des idées et des questions sur les autres possibilités envisageables, qui sont reprises ci-après.

- Comment peut-on représenter ou quantifier la variabilité spatiale du sol ?
- Un paramètre (qualitatif) supplémentaire doit-il être introduit pour la variabilité spatiale dans le polygone ? À titre d’EXEMPLE, on pourrait envisager un paramètre composé de trois classes : 1 = propriétés du sol homogènes, 3 = propriétés du sol hétérogènes (év. 2 = une classe entre-deux), en combinaison avec les indications concernant le paramètre.

Exemple pour cette proposition : « 3P » indiquerait des propriétés hétérogènes du sol en ce qui concerne la pierrosité.
- Selon quelles règles ce paramètre serait-il attribué ?
- Combien de sondages faudrait-il alors effectuer par polygone ? Peut-on et doit-on prescrire cela de manière générale ?
- Est-il possible de fournir une indication quantitative ou s’agirait-il d’une estimation purement qualitative ?
- Est-il même nécessaire de fournir des indications sur la variabilité spatiale pour chaque propriété du sol ? Faudrait-il établir une hiérarchie dans ce domaine ?
- Les exigences concernant la variabilité spatiale doivent-elles dépendre de l’échelle (classes plus approximatives pour les cartographies à plus petite échelle) ?
- Faut-il aussi introduire des éléments ponctuels ou linéaires en sus des surfaces (par exemple des talus, des affleurements de roche mère, des ravins...) ?
- À quelles fins ces indications pourraient-elles être utilisées ? Pourraient-elles être analysées et si oui comment ? Quelles seraient leur utilité et leur plus-value ? Quels en seraient les coûts ?
- La carte pourrait-elle se fonder sur une échelle dépendant de la variabilité du sol, de telle sorte qu’on puisse travailler de manière plus détaillée lorsque les propriétés du sol varient à courte distance que quand elles sont homogènes sur de plus grandes surfaces ?

Netteté des délimitations

Le plus souvent, les côtés des polygones ne correspondent pas à des limites claires sur le terrain. Les manuels de cartographie actuels ne fournissent pas d’explications à ce sujet, mais cette question fait parfois l’objet de discussions entre spécialistes.

- À partir de quelle incertitude une limite n'a-t-elle plus de sens ?
- Faudrait-il fournir une indication sur la précision des limites établies pour le sol (information indiquant s'il s'agit d'une limite univoque ou s'il faut tenir compte d'une zone de transition) ?
- Peut-on appliquer une telle approche dans la pratique ? Il est probable que les propriétés du sol changent brusquement d'un côté du polygone alors que la transition vers l'unité de sol voisine se fait plus progressivement de l'autre côté.
- Ces indications pourraient-elles être analysées et si oui comment ? Quelles sont leur utilité et leur plus-value ?

Du point de vue du calendrier, le lot LT 11.3b doit être traité en 2021. Les résultats destinés au lot LT 11.3c doivent être disponibles au plus tard à la fin 2021.

Le déroulement de la clarification des points mentionnés ci-dessus peut être résumé comme suit :

1. Consultation de la documentation spécialisée pour clarifier les questions mentionnées.
2. Des cartographes devraient être impliqués (par l'intermédiaire d'une enquête, par exemple) afin d'identifier des manières concrètes de traiter cette thématique sur le terrain, puis d'en discuter.
3. Rédaction du rapport.
4. Rapport soumis en consultation à des experts.
5. Utilisation dans le lot LT 11.3c Délimitation de polygones.

Lot de tâches 11.3c : Délimitation de polygones

Ce lot de tâches doit clarifier plus précisément la question de la délimitation des polygones. Lors d'une première étape, il s'agit d'élaborer des critères de délimitation et des options de procédure pour la détermination de polygones, en se fondant sur la structure brute (Wernli et al. 2020c, p. 19ff). Les propositions qui y sont faites doivent être transformées en options bien formulées indiquant comment et pourquoi des polygones doivent être distingués l'un de l'autre et quels critères sont utilisés à cet effet. Des exemples doivent montrer dans quels cas quelle option doit être retenue. Le mandataire conviendra du nombre d'exemples à fournir avec la DP.

Il convient également de discuter de la nécessité de documenter la délimitation des polygones, ainsi que du niveau de détail requis. Jusqu'ici, on ne propose pas de documentation similaire à celle mentionnée pour le lot LT 11.3a : il faut tout d'abord établir quelle est la plus-value d'une documentation détaillée. La DP part pour l'instant de l'idée que les besoins ne justifient pas le travail requis. Ces réflexions doivent toutefois être examinées par le mandant : si ce dernier ne parvient pas à la même conclusion, il devra se mettre d'accord de manière détaillée avec la DP.

Dans tous les travaux liés au lot LT 11.3c, il est important de tenir compte des conclusions issues du lot LT 11.3b Variabilité spatiale.

Comme résultats de ce lot de tâches, on établira des propositions concrètes de textes pour le lot LT 11.1, afin que ceux-ci soient prêts à être intégrés dans le module de base au deuxième trimestre 2022.

5.4 Lot de tâches 11.4 : Module « forêt »

Traitement par des mandataires externes avec consultation d'experts

Le rapport intermédiaire (Wernli et al. 2020b, p. 30ff) établit déjà comment la cartographie des sols dans les surfaces forestières se différencie des travaux menés hors de la forêt. Dès qu'une première version du module de base du rKA sera disponible (été 2021), on pourra élaborer le module « forêt » en se fondant sur ce rapport. La procédure prévue est présentée dans le Tableau 3.

Le module « forêt » sera donné à traduire le plus rapidement possible, afin de pouvoir envoyer la version française en consultation. On ignore toutefois quand cette étape pourra être mise en œuvre.

Étape de travail	Calendrier provisoire
1. Détermination des étapes de travail qui, en forêt, exigent une autre procédure que celle décrite dans le projet de module de base du rKA. Formulation de ces étapes de travail. Justification des différences. Le traitement de la variabilité spatiale (couches d'humus, en particulier) est traité de manière spécifique à la forêt. (Les étapes de travail qui ne divergent pas de la procédure présentée dans le module de base du rKA ne sont plus abordées.)	Été 2021 à fin 2021
2. Livrer le matériel pour le lot LT 11.2a : Examiner la proposition de jeu de données disponible à ce moment-là dans la perspective de la cartographie des sols forestiers. Identifier les paramètres supplémentaires et les décrire selon les mêmes critères que dans le lot LT 11.2a.	Hiver 2021 / 2022
3. Entente avec la DP pour la remise des résultats (harmonisation avec le module de base).	Printemps 2022
<i>Consultation des experts pour le module « forêt », y compris consultation du comité d'experts.</i>	<i>Troisième trimestre 2022</i>
<i>Traduction en français, consultation relative à la version française.</i>	<i>Encore indéterminé</i>
<i>Approbation du module « forêt » par le mandant du projet.</i>	<i>Quatrième trimestre 2022</i>

Tableau 3 : Déroulement des travaux pour le lot LT 11.4 Module « forêt ».

Étapes signalées *en italiques*: affectent le mandataire, mais ce dernier ne participe pas à leur exécution.

5.5 Lot de tâches 11.5 : Exigences pour les SDA

Traitement par des mandataires externes avec consultation d'experts

Pour l'instant, on part de l'idée que le module de base du rKA couvrira les besoins liés à la délimitation ou à la compensation de SDA. Cet aspect devra toutefois faire l'objet de vérifications, qui ne pourront débuter que lorsque la première version du module de base sera disponible.

Étape de travail	Calendrier provisoire
1. Examen des étapes de travail, mise en évidence des réserves ou divergences qui se rapportent à la cartographie des SDA.	Été 2021 à fin 2021
2. Livrer le matériel pour le lot LT 11.2a : Examiner la proposition de jeu de données disponible à ce moment-là dans la perspective de la cartographie des SDA. Identifier les paramètres supplémentaires et les décrire selon les mêmes critères que dans le lot LT 11.2a.	Hiver 2021 / 2022
3. Entente avec la DP pour la remise des résultats (harmonisation avec le module de base).	Printemps 2022

Tableau 4 : Déroulement des travaux pour le lot LT 11.5 Exigences pour les SDA.

6. Lot de tâches 12 : Innovations

Traitement par la DP et le CCSols avec consultation d'experts

Pour les innovations du premier groupe (« Méthodes et techniques qui soutiennent certaines étapes de travail »), il convient de discuter et d'examiner si elles peuvent être intégrées au module de base. À cet effet, il faut disposer d'une « procédure d'examen » ou d'un « mécanisme de décision » adéquat. Les étapes ci-dessous sont requises pour aborder ce processus.

Étape de travail	Calendrier provisoire
<p>1. Proposition de « procédure d'examen » ou de « mécanisme de décision » adéquat permettant d'intégrer ou non les innovations dans le rKA. À titre d'exemples sont mentionnées ci-dessous des questions qui pourraient faire partie de la procédure d'examen dans ce contexte :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Quelles innovations offrent une plus-value pour le relevé d'informations pédologiques ou pour des analyses ? – Cette plus-value induit-elle un bon rapport coût-utilité (augmentation de l'efficacité) ? – Quelles sont les expériences issues de projets concrets ou de travaux de recherche qui prouvent cette plus-value pour la définition d'exigences méthodologiques (applicabilité pratique) ? – Les innovations sont-elles déjà décrites de manière exhaustive sur le plan méthodologique ? – Les innovations ont-elles été appliquées avec succès et accueillies favorablement ? À quoi peut-on mesurer une application réussie et un accueil favorable ? 	<p>Tout de suite, jusqu'en été 2021</p>
<p>2. Discussion et examen des innovations suivantes, qui doivent éventuellement être intégrées au module de base pour 2022 :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Visualisations de données de base : par exemple le calcul de formes de terrain se fondant sur des modèles numériques durant la phase conceptuelle. – Propositions de sites de prélèvements d'échantillons : des sites possibles pour le relevé de profils représentatifs et la réalisation de sondages sont proposés durant la phase conceptuelle à l'aide d'un plan d'échantillonnage statistiquement optimisé. – Simplification ou amélioration du contrôle de qualité grâce à des cartes de visualisation correspondantes (cartes thématiques de contrôle) et grâce à des examens automatisés. – Recours à des tablettes électroniques pour relever des données ponctuelles, mais aussi des données surfaciques (polygones). – Intégration de méthodes spectroscopiques de terrain ou de laboratoire (proche infrarouge [NIR], analyse de fluorescence des rayons X [FX, ou XRF en anglais], spectroscopie gamma, par exemple). – Développement et application de fonctions de pédotransfert calibrées sur le plan régional pour obtenir une base de données plus fournie. 	<p>Été 2021 à fin 2021</p>
<p>3. Les innovations intégrées au rKA sont formulées sous la forme d'étapes de travail et mises à disposition du lot LT 11.1. La formulation se fait d'entente avec les responsables de ce lot.</p>	<p>Premier trimestre 2022</p>
<p>4. Discussion et examen d'autres innovations qui doivent éventuellement être intégrées au module de base pour 2024 ou plus tard (formulation des besoins).</p>	<p>Après 2022</p>

Tableau 5 : Déroulement des travaux pour le lot LT 12 Innovations.

7. Lot de tâches 13 : Synthèse

Traitement par la DP avec le soutien de mandataires externes

La synthèse sera répétée deux fois, avec à chaque fois les mêmes étapes. À la fin 2022, dans la première synthèse, le module de base et le module « forêt » seront publiés sur le site internet du projet de révision. Cette publication sera coordonnée avec la mise en ligne de documents du module A. D'autres travaux du projet de révision (LT 14) seront menés entre 2023 et 2024. La deuxième synthèse, issue des lots LT 11 à LT 14, est prévue pour la fin 2024. Ces deux synthèses, qui portent sur des aspects de contenus, devraient inclure les étapes de travail mentionnées ci-après :

- Vérification de la cohérence des résultats et des documents provenant des lots LT 11 à LT 14.
- Regroupement des références bibliographiques utilisées, au besoin recherches complémentaires ou obtention d'informations.
- Regroupement de tous les documents en un seul document (version 0 du rKA).
- Si, lors de la deuxième synthèse, on identifie déjà de nouvelles enseignements permettant d'améliorer le module de base, ces changements seront mis en œuvre.
- On procèdera à la formulation des chapitres ou passages qui manquent encore.
- Les domaines dans lesquels des besoins persistent seront décrits dans un document séparé.
- Collecte de termes pour le glossaire ; clarification des termes s'ils sont équivoques.

8. Lot de tâches 14 : Élaboration de modules supplémentaires

8.1 Lot de tâches 14.1 : Besoins et ordre de priorité des modules supplémentaires

Traitement par la DP et le CCSols avec consultation d'experts

Au cours d'un large processus participatif, on élabore un ordre de priorité pour les quatre modules supplémentaires envisagés (voir les chapitres 8.2.1 à 8.2.4). Dans une première étape, la DP prépare les quatre modules supplémentaires et les cahiers des charges succincts correspondants, de telle manière qu'on puisse établir un premier ordre de priorité. Pour chaque module, on réunit des arguments en faveur ou en défaveur d'un niveau de priorité bas ou élevé. Tant le CCSols que l'OFEV et la GQR sont impliqués dans ce processus. Les informations préparées sont traitées de manière à pouvoir lancer un sondage en ligne portant sur l'ordre de priorité proposé. Ce sondage sera envoyé à tous les membres du CE, du CP et à certains membres du Cercle Sol (d'entente avec le représentant de ce dernier dans le CP).

Une fois le sondage terminé, ses résultats seront analysés et permettront à la DP, au CCSols, à l'OFEV et à la GQR d'adopter l'ordre de priorité définitif. Un rapport final sera rédigé pour documenter le processus de décision.

Le lot de tâches 14.1 débutera et se terminera le plus rapidement possible, afin de ne pas retarder inutilement les autres lots.

8.2 Autres lots de tâches pour des modules supplémentaires éventuels

Les cahiers des charges succincts des lots de tâches destinés à élaborer les modules supplémentaires au sens des chapitres 8.2.1 à 8.2.4 seront précisés dès que l'on saura clairement quels modules doivent être traités dans quel ordre ou selon quelle priorité.

8.2.1 Module pour les cartographies de grande ampleur

Bien que les projets de cartographie réalisés jusqu'ici se soient limités à quelques centaines d'hectares et qu'on ait cartographié en Suisse environ 2400 ha de sol par an (Rehbein et al. 2019, p. 20), on peut imaginer que la méthode de cartographie décrite dans le module de base du rKA pourra

aussi être appliquée à des projets de plus grande ampleur – éventuellement intercantonaux – menés sur plusieurs milliers d’hectares par an. Dans le cadre d’un lot de tâches, il convient donc au moins d’examiner la possibilité de créer un module pour les cartographies de grande ampleur, puis d’en élaborer un si cela est possible.

- De quels aspects faudrait-il tenir compte en particulier dans les cartographies de grande ampleur ?
- Comment convient-il de compléter le module de base du rKA afin de mener à bien de grands projets de cartographie axés sur des régions pédologiques intercantionales (qui restent à déterminer) ?
- À quelles adaptations organisationnelles faut-il s’attendre ?
- Quelles sont les conséquences financières de l’utilisation du module de base du rKA pour une grande région par rapport à une application de petite ampleur ?

Le lot de tâches se distingue du « plan pour une cartographie complète des sols de la Suisse » en ce sens qu’il s’en tient à la méthode de cartographie classique par délimitation de polygones sur le terrain et ne tient pas compte de la méthodologie itérative sans délimitation de polygones sur le terrain (voir le guide du rKA, chapitre 2.7, point 6). Il doit compléter les efforts déployés en faveur du plan et non le concurrencer. Le but du module pour les cartographies de grande ampleur est d’associer les réflexions qui entourent le rKA à celles liées au « plan pour une cartographie complète des sols de la Suisse ». Au moment de commencer les travaux de ce lot, tant le module de base du manuel que le plan devront déjà être disponibles. La procédure exacte devra être fixée au moment opportun.

8.2.2 Module pour les chantiers

Il n’existe pour l’instant aucune documentation méthodologique harmonisée qui permette de relever l’état initial de périmètres de chantiers, mais de nombreux rapports sur l’environnement ou rapports de spécialistes de la protection des sols sur les chantiers documentent probablement aussi les travaux de cartographie des sols avant ou après la construction. Par ailleurs, de nombreux professionnels (spécialistes de la protection des sols sur les chantiers) disposent d’expérience pour les cartographies de ce type. Il convient dans ce contexte de tenir compte du but particulier et des objectifs spécifiques de ces activités (s’efforcer de formuler un passage ou un chapitre pour le futur module). Dans une première étape, il convient de décrire sommairement le déroulement des travaux de cartographie de l’état initial du sol dans un périmètre de chantier, puis de le comparer avec ce que prévoit le module de base. On désignera les étapes qui divergent de celles du module, puis on les formulera en conséquence. Il s’agit d’examiner si des spécifications sont requises pour le jeu de données. Les problématiques envisageables suivantes nécessitent une réponse :

- Quel niveau de détail doivent présenter les relevés sur un chantier ? Des densités de sondage variables sont-elles requises en fonction de la taille et du type de chantier ? Dans quelle mesure aborde-t-on la question de la délimitation par rapport au sous-sol ? Celle-ci constitue un aspect central de l’évaluation, puisque ses conséquences sur le bilan de matériau d’un chantier peuvent être énormes.
- De quelles informations pédologiques doit-on disposer pour la valorisation du sol ?
- À quel moment de la planification du projet de construction faut-il cartographier le sol (phase de planification, phase d’exécution) ?
- Comment compare-t-on l’état initial et l’état final d’une surface ? Recourt-on à une cartographie classique du sol ou peut-on envisager des méthodes adaptées ? Notamment à l’aide d’une surface de référence située à proximité ? Peut-on par exemple compléter les méthodes par un test à la bêche ?

Le traitement de ce lot de tâches débutera après 2022.

Le déroulement des travaux peut être résumé comme suit :

1. Recherche de quelques rapports sur l'environnement (rapports des spécialistes de la protection des sols sur les chantiers) dans lesquels la cartographie des sols est décrite de manière plus précise, à titre d'exemples (s'ils existent et sont accessibles ; à requérir auprès des cantons).
2. Interrogation de spécialistes de la cartographie ou éventuellement de spécialistes de la protection des sols sur les chantiers au sujet du déroulement des travaux de cartographie dans ce contexte.
3. Description sommaire du déroulement des travaux.
4. Comparaison du déroulement des travaux avec celui prévu par le module de base.
5. Désignation des étapes de travail qui divergent de celles du module de base.
6. Éventuellement test.
7. Formulation de ces étapes de travail et élaboration du module, y compris examen des spécifications du jeu de données.
8. Consultation des experts.
9. Intégration dans le rKA.

8.2.3 Module pour des zones dont les sols sont fortement affectés par les activités humaines

Dans les zones affectées par les activités humaines, l'influence des facteurs pédogénétiques classiques est moindre, mais il faut tenter malgré tout de les identifier lors de la cartographie des sols. Or on ne dispose d'aucune documentation méthodologique harmonisée pour la cartographie des sols des grandes remises en culture ou des sols fortement modifiés par des interventions humaines. On ne sait pas non plus précisément ce qu'il faut entendre par « sols fortement affectés par les activités humaines ». Les cantons de Soleure, Vaud et Zurich comptent quelques ouvrages portant sur des problématiques ponctuelles ou spécifiques. Dans le rapport intermédiaire (Wernli et al. 2020b, p. 33ff), certaines questions concernant ce module ont déjà été traitées. La structure brute (Wernli et al. 2020c, p. 25) comprend une proposition concrète pour le processus de cartographie de ces surfaces. Les approches ou idées suggérées en la matière doivent être développées – en consultant notamment les références disponibles à l'étranger – afin de servir ensuite de base de discussion à un cercle d'experts, qui aura pour mandat d'élaborer une conception commune pour la cartographie des sols fortement affectés par les activités humaines. Il faudra ensuite peut-être prévoir une phase de test pour appliquer et vérifier certaines idées dans des zones qui doivent être cartographiées pour la première fois ou qui l'ont déjà été. Le module devra par la suite être rédigé et soumis à une consultation des experts. Les travaux, qui commenceront après 2022, devront également prendre en compte les conclusions issues du module A au sujet des sols anthropiques et technogènes (LT 7.1).

L'approche, la description et la classification ponctuelles des sols anthropiques et technogènes feront encore l'objet de clarifications jusqu'en 2022 / 2023. Elles pourront fournir des éléments importants pour le traitement du lot de tâches LT 14.1. Ce n'est qu'ensuite que le module supplémentaire pourra être mis au point.

La procédure envisageable peut être résumée comme suit.

1. Clarification, dans la mesure du possible, des questions découlant de la structure brute, du rapport intermédiaire et du tableau comparatif « Auffüllungen_Kriterienliste » issu de la comparaison des méthodes (Wernli et al. 2020a).
2. Clarification du terme « sols fortement affectés par les activités humaines » : les remises en culture, les réhabilitations de SDA, les sols marécageux remblayés ou dégradés, les sols organiques drainés ou d'autres sols encore en font-ils partie ?
3. Consultation des éventuels documents de référence étrangers.
4. Poursuite de l'élaboration de l'approche issue de la structure brute et éventuellement d'autres approches en ce qui concerne la procédure de cartographie des sols fortement affectés par les activités humaines (en incluant les questions d'échelle).

5. Préparation du cercle d'experts.
6. Discussion de la procédure (le cas échéant, avec plusieurs approches) lors d'un cercle d'experts.
7. Rapport intermédiaire.
8. Tests dans le cadre de plusieurs cartographies.
9. Formulation des étapes de travail et élaboration du module, avec examen de spécifications de jeu de données.
10. Consultation des experts.
11. Intégration dans le rKA.

8.2.4 Module pour les zones de montagne

On ne dispose presque d'aucune expérience en Suisse pour la cartographie des sols en région de montagne, bien que les besoins en informations pédologiques plus précises soient considérables dans ces secteurs. Egli et al. (2005) ont réalisé une modélisation du sol en haute montagne. En 2019, dans le cadre du programme pilote « Adaptation aux changements climatiques », un projet baptisé « D.02 Données pédologiques étendues en montagne » a été lancé (Zürcher 2020). En se fondant sur les enseignements de ce projet, on examinera la possibilité de créer un module pour les zones de montagne dans le rKA. Il s'agit essentiellement de comparer le module de base du manuel avec les résultats issus du programme pilote et de le compléter à l'aide d'autres références bibliographiques ou expérimentations disponibles (telles les expériences de cartographie faites pour la chaîne du Jura dans le canton de Soleure). Les points mentionnés ci-après pourraient être discutés :

- Variabilité du sol très élevée même à courte distance.
- Influences du relief et du matériau parental (géologie).
- Importance pratique pour les travaux de cartographie (accessibilité, saison de terrain, etc.).

Il est possible que l'élaboration d'un module pour les zones de montagne doive encore attendre la réalisation d'autres projets pilotes dans d'autres régions d'altitude de Suisse.

En outre, il faut encore affiner la procédure d'élaboration de ce module.

9. Lot de tâches 15 : Rédaction du module B

Traitement par des mandataires externes

L'année 2025 est réservée à la rédaction, à la traduction et à la mise en page du nouvel ouvrage « Description, classification et cartographie des sols de Suisse ». Les rédactions des modules A et B seront entreprises séparément au début 2025.

La rédaction du module B comprend la mise au net finale formelle du document « Version 0 rKA » :

- Mise au net formelle de la version 0 du rKA.
- Correction d'erreurs.
- Mise au net du glossaire.

Les autres lots de tâches du projet de révision ne se rapportent pas qu'au module B, mais sont mentionnés ici à des fins d'exhaustivité. À l'issue du lot LT 15, la version 0 du rKA sera réunie à la version 0 du rKLABS pour constituer la version 1 du nouvel ouvrage « Description, classification et cartographie des sols de Suisse » (lot de tâches 16 : Rédaction globale). Suivront ensuite le lot 17 (traduction) et le lot 18 (mise en page et publication de l'ouvrage). C'est l'OFEV qui se chargera de publier le document.

Liste des figures

Figure 1 : Répartition dans le temps et interdépendances pour les lots de tâches du module B. 4

Liste des tableaux

Tableau 1 : Déroulement des travaux pour le lot de tâches LT 11.1 Module de base. Étapes signalées <i>en italiques</i> : affectent le mandataire, mais ce dernier ne participe pas à leur exécution.	7
Tableau 2 : Variantes de procédure pour le lot LT 11.2c.	11
Tableau 3 : Déroulement des travaux pour le lot LT 11.4 Module « forêt ». Étapes signalées <i>en italiques</i> : affectent le mandataire, mais ce dernier ne participe pas à leur exécution.	15
Tableau 4 : Déroulement des travaux pour le lot LT 11.5 Exigences pour les SDA.	15
Tableau 5 : Déroulement des travaux pour le lot LT 12 Innovations.	16

Bibliographie

- Baize D, Jabiol B, 2011. Guide pour la description des sols ([Nouv. éd.]). Éd. Quae, Versailles, 1 vol. (XVIII-429).
- Blume H-P, Stahr K, Leinweber P, 2011. Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler (3., neubearbeitete Auflage). Spektrum.
- Egli M, Margreth M, Vökt U, Keller F, 2005. Bodenmodellierung mit GIS im hochalpinen Raum. Geomatik Schweiz, 8, 458–462.
- KA5, 2005. Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Staatliche Geologische Dienste der Bundesrepublik Deutschland, Hannover, 438 p.
- Legros J-P, 1996. Cartographies des sols. De l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- Marugg D, Schmidhauser AS, 2019. Umsetzungskonzept zum Hauptprojekt der Revision der Bodenklassifikation und der Bodenkartieranleitung der Schweiz. Erster Zwischenbericht zu Händen von Projektausschuss und Projektauftraggeber (BAFU), inédit, Zollikofen, 26 p.
- Rehbein K, Sprecher C, Keller A, 2019. Übersicht Stand Bodenkartierung in der Schweiz. Ergänzung des Bodenkartierungskataloges Schweiz um Bodeninformationen aus Melioartionsprojekten, inédit. Agrosocpe, Servicestelle NABODAT.
- Schmidhauser AS, Presler J, 2020. Leitfaden revidierte Klassifikation der Böden der Schweiz. Version 3.1, inédit. BFH-HAFL, 91 p.
- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020a. Methodenvergleich Auftrag Stand der Technik Bodenkartierungen. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 1, vers. Exceltabellen, inédit.
- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020b. Zwischenbericht Auftrag Stand der Technik Bodenkartierung. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 2, inédit.
- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020c. Rohgerüst Auftrag Stand der Technik Bodenkartierung. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 3, inédit.
- Zürcher M, 2020. Pilotprogramm zur Anpassung an den Klimawandel: Projekt D.02 Flächendeckende Bodendaten im Gebirge, <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/massnahmen/pak/projektephase2/pilotprojekte-zur-anpassung-an-den-klimawandel-cluster--klima/d-02-flaechendeckende-bodendaten-im-gebirge.html>