



Guide pour la révision de la classification des sols de Suisse

Révision KLABS/KA

Anina Schmidhauser, Jiri Presler

Version 3.1 du 14.05.2020

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 Contenu et public cible de la rKLABS	3
1.3 Développement de la KLABS	3
2 Analyse de l'aKLABS dans la perspective de sa révision	4
2.1 Retour sur les bases générales de la classification des sols	4
2.2 Histoire de la Classification des sols de Suisse (KLABS)	5
2.3 Structure du système de classification des sols de l'aKLABS	6
2.4 Applicabilité de l'aKLABS	6
2.5 Résumé des travaux accomplis jusqu'à présent dans le projet de révision	7
3 Concept de classification de la rKLABS	9
3.1 Sol faisant l'objet de classification dans la rKLABS	9
3.2 Principes du concept de classification rKLABS	11
3.3 Structure de la classification de la rKLABS	12
3.4 Intégration des anthroposols	14
3.5 Compatibilité avec l'aKLABS	14
3.6 Compatibilité internationale	15
4 Concept de révision	16
4.1 Introduction	16
4.2 Lots de tâches du Module A	16
4.3 Tâches transversales	20
4.4 Traitement des lots de tâches	20
4.5 Consignes pour la documentation de modifications dans le cadre de la révision (rKLABS-Doc)	21
Index des figures	22
Index des tableaux	22
Liste des abréviations	22
Suivi des versions	23
Bibliographie	24
5 Annexe	26

1 Généralités

1.1 But et contenu du guide

Le présent guide est l'ultime étape de la phase 1 du Module A du projet de révision KLABS/KA (voir Marugg und Schmidhauser 2019) et présente le concept de la classification révisée (rKLABS) ainsi que la procédure suivie pour traiter le Module A. Il se divise en trois parties.

- Chapitre 2 : Résumé des travaux et analyses réalisés jusqu'à présent sur la classification actuelle (aKLABS)¹ : il décrit brièvement l'histoire, la structure et l'applicabilité de l'aKLABS et résume les travaux menés jusqu'à présent dans le projet de révision.
- Chapitre 3 : Présentation du concept de classification révisée (rKLABS) : ce chapitre définit le sol en tant qu'objet de classification et explique les principes et la structure de la rKLABS.
- Chapitre 4 : du concept de révision de l'aKLABS : ce chapitre explique le processus de révision et présente brièvement les différents lots de tâches. Les cahiers des charges relatifs aux lots de tâches figurent à l'annexe 4. Le chapitre indique aussi comment documenter les décisions pendant la révision (rKLABS-Doc).

Les consignes organisationnelles et spécifiques contenues dans le présent guide sont contraignantes pour la suite du traitement du Module A².

1.2 Contenu et public cible de la rKLABS

Le public cible direct de la rKLABS comprend aussi bien les pédologues que les spécialistes d'autres disciplines qui s'intéressent à la description et à la classification des sols de Suisse : sciences, observation des sols, cartographie des sols, enseignement, etc. Le public cible indirect est constitué des utilisateurs des données pédologiques interprétées : d'une part le monde politique, d'autre part la vulgarisation dans des domaines comme l'agriculture et la sylviculture, la protection des sols et la protection de la nature.

Voici les exigences que la classification doit suivre :

- Préparer une directive/base méthodologique contraignante pour garantir un relevé aussi précis, standardisé et reproductible que possible des données pédologiques ponctuelles (sondage, profil). → Manuel pour les relevés pédologiques ponctuels
- Garantir un relevé de données cohérent.
- Proposer un moyen de communication avec lequel les pédologues et les spécialistes d'autres disciplines concernées peuvent nommer les sols et les comparer (classification et nomenclature en tant que langage spécialisé de la pédologie)

La classification doit faciliter la description de l'écologie et du potentiel fonctionnel du sol.

1.3 Développement de la KLABS

La rKLABS s'entend comme un ouvrage dynamique : au terme du projet de révision, c'est la version 1.0 de la rKLABS qui sera éditée. Avec la création du CCSols, il existe maintenant une institution nationale qui pourra garantir le développement de la KLABS même après la fin du projet de révision. Cela permettra d'y inclure en continu les nouvelles connaissances acquises par la recherche et la pratique pédologique.

¹ Société Suisse de Pédologie (2010). Classification des sols de Suisse, 3^e édition. Le présent guide désigne cette troisième édition comme l'« actuelle Classification des sols de Suisse » ou « aKLABS », tandis que la classification révisée qui résultera du projet est appelée « rKLABS ».

² En revanche, les chapitres du présent guide ne sont pas prévus comme chapitres « définitifs » de la rKLABS

2 Analyse de l'aKLABS dans la perspective de sa révision

Le présent chapitre revient brièvement sur l'histoire et la structure de l'actuelle Classification des sols de Suisse (aKLABS) pour pouvoir mieux saisir la nécessité de la réviser et mieux appréhender le concept de classification proposé (chapitre 3). Les bases de la classification des sols sont répétées ici à titre d'introduction

2.1 Retour sur les bases générales de la classification des sols

Un système de classification pédologique peut être basé sur des facteurs stationnels, des processus, des caractéristiques, des fonctions ou des types d'utilisation. On distingue deux approches de classification : l'approche déductive et l'approche inductive.

L'**approche déductive** présuppose que, à conditions égales (mêmes facteurs pédogénétiques et mêmes processus), des sols de même nature se forment avec des caractéristiques semblables. Les sols au même stade de développement sont regroupés en classes (sols isogènes). La démarche déductive nécessite beaucoup de savoir et de connaissances préalables sur la pédogénèse. La totalité du savoir dans un domaine spécialisé - ici la pédologie - est ainsi synthétisée sous une forme gérable. Les systèmes de classification déductifs sont souvent structurés en hiérarchie : plus le groupement est élevé, moins il y a de paramètres à observer. Les catégories au sommet du système des classes prennent alors une importance décisive, car elles représentent la première étape de la formation des classes dont découlent les autres subdivisions³. Les résultats d'une systématique des sols sont souvent contestables parce qu'ils ne peuvent en principe pas être vérifiés par des valeurs mesurables (processus pédogénétiques difficilement mesurables) (Albrecht et al. 2005a, 2005b).

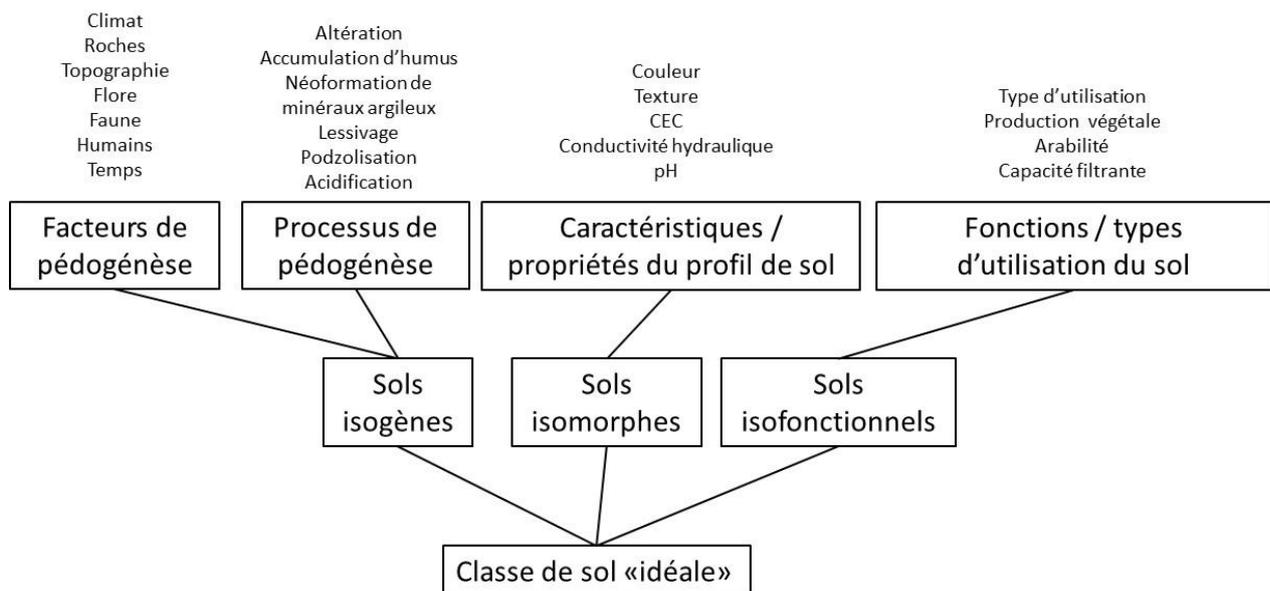


Figure 1. Schéma d'une classification idéale regroupant les sols en classes par genèse, caractéristiques et fonctions (d'après Schröder 1973, Accès : <https://www.bodenkunde.uni-freiburg.de/objekte/bodenklassifizierung>)

L'**approche inductive** permet de constituer des classes uniquement à partir de caractéristiques observables, avec ou sans connaissances préalables de la pédogénèse (sols isomorphes). Comme les classes correspondantes ne sont délimitées qu'au moyen de quelques paramètres spécifiques (certains phénomènes observables sont ordonnés au moyen de critères spécifiques), il est possible de se faire rapidement une idée d'ensemble lorsque l'on veut répondre à des questions particulières. La

³ Dans l'aKLABS, c'est le régime hydrique qui constitue le niveau 1 du système hiérarchique (voir aussi point 2.3)

classification inductive permet une identification simple, rapide et indiscutable et une attribution objective aux différentes classes.

Dans l'idéal, mais loin de la réalité, une classification regrouperait en classes les sols qui affichent des caractéristiques / propriétés semblables, présentent une pédogénèse similaire et remplissent si possible les fonctions pédologiques de la même manière pour une même utilisation (voir Figure 1).

La plupart des systèmes de classification combinent les approches inductive et déductive : la WRB (WRB 2015), le Référentiel pédologique (AFES 2008) et la Soil Taxonomy américaine (Soil Survey Staff 1999) sont des approches plutôt inductives. En revanche, la plupart des systèmes européens classiques (Kubiëna, Mückenhausen, Pallmann, Duchaufour, CPCS) sont plutôt déductifs ou mêlent les deux approches.

Dans une perspective internationale, les classifications ou systématiques des sols tendent à se développer en systèmes morphogéniques (inductifs) avec des valeurs limites clairement mesurables ou évaluables (valeurs quantitatives pour délimiter des horizons et définir des types de sols). Ce n'est plus (uniquement) la définition de la systématique proprement dite qui prime (c'est-à-dire la définition des moyennes des classes) mais la définition des valeurs limites entre les classes (les valeurs limites étant choisies à partir de processus pédogénétiques)⁴.

2.2 Histoire de la Classification des sols de Suisse (KLABS)

Adapté de Classification des sols de Suisse, troisième édition (SSP / BGS 2010).

La Classification des sols de Suisse s'appuie sur un concept général mis au point dès 1940 par H. Pallmann et ses collaborateurs à l'EPFZ et publié en 1948. Les travaux de vulgarisation pédologique de l'ancienne Station fédérale de recherche de Reckenholz (FAP, aujourd'hui Agroscope Reckenholz) nécessitent ensuite un perfectionnement du système de classification des sols. L'intensification des études pédologiques a conduit jusqu'en 1975 à plusieurs éditions de la systématique des sols interne à la FAP et des recommandations pour la cartographie des sols.

Le développement des activités de protection des sols dans les années 1980 a fait apparaître le souhait d'un meilleur accès à la classification des sols de la FAP pour les utilisateurs et les producteurs de cartes des sols. Le groupe de travail Classification et nomenclature (GT KLABS) de la Société suisse de pédologie (SSP) s'était penché dès sa création en 1977 sur la clarification de certains aspects de la systématique des sols, comme les symboles des horizons pédologiques. En 1987, il a été décidé que la classification des sols de la FAP serait rendue accessible à tous sous une forme révisée et compréhensible. C'est le résultat obtenu avec la première publication de la KLABS en 1992.

Pour faciliter l'utilisation pratique de la première édition sur le terrain, le GT KLABS a publié en 1996 une Clé de classification des sols de Suisse (SSP / BGS 1996).

Après épuisement de la première édition, une deuxième édition a suivi en 2002. Comme une révision profonde de la KLABS était déjà prévue à l'époque, les textes ont été revus uniquement aux plans de la lisibilité, de la compréhension et de la cohésion interne. Le message général de la première édition est resté inchangé.

Le GT KLABS a entamé la révision de la Classification des sols de Suisse en 2004 et publié la troisième édition (aKLABS) en 2010 en trois langues nationales. De nombreuses précisions ont été apportées, fruits des expériences pratiques compilées durant les travaux de cartographie et de protection des sols. L'ouvrage qui n'existait qu'en allemand a été traduit en français et en italien. Cette troisième édition, disponible désormais en trois langues nationales, constitue la base de la révision de la Classification des sols de Suisse (rKLABS). L'ouvrage qui résultera de cette révision est issu d'une collaboration suprarégionale et sera considéré comme une édition nationale.

⁴ P. ex. l'actuelle conversion du KA5 (Ad-hoc Arbeitsgruppe Boden et al. (2005)) qui se concentre sur des successions idéalisées d'horizons, comprendra des caractéristiques clairement définies et quantifiées dans le KA6 (non encore publié).

Remarque : les détails figurent à l'annexe 5.1.

2.3 Structure du système de classification des sols de l'aKLABS

Repris de Classification des sols de Suisse, troisième édition 2010 (SSP / BGS 2010)

Des caractéristiques générales, articulées en quatre **niveaux hiérarchiques de classification**, déterminent l'appartenance à un type taxonomique de sol.

Le **type taxonomique de sol** résulte de la combinaison de critères des quatre niveaux de classification :

- Niveau I : régime hydrique du sol
- Niveau II : constituants principaux du sol
- Niveau III : paramètres chimiques et minéralogiques déterminants du sol (processus)
- Niveau IV : paramètres chimiques du percolat

Les types taxonomiques reçoivent pour la plupart des noms courants, déjà utilisés et connus de la plupart des praticiens (Sol brun, Sol brun lessivé, Podzol, etc.).

Des caractéristiques complémentaires relatives au développement du sol, ainsi qu'à ses liens écologiques avec le site environnant, permettent une description plus fine du type taxonomique ; contrairement aux précédentes, elles ne sont **pas hiérarchisées** et complètent le type par des « attributs » particuliers.

- **Sous-type**

Les sous-types sont un élément central de l'aKLABS. Ils permettent de différencier plus précisément les types de sols par rapport aux éléments suivants : discontinuités lithologiques, degré d'altération et d'acidification, teneurs en carbonates et en sels, distribution des oxydes de fer, structure, densité apparente, nappe perchée, nappe permanente à battement, nappe permanente stable, drainage artificiel, matière organique formée en milieu aérobie, matière organique formée en milieu anaérobie, expression du type et netteté des horizons.

- **Forme**

Le niveau « forme » de la classification décrit des caractéristiques d'ordre pratique comme la texture (pierrosité et terre fine) et la capacité de rétention d'eau et en éléments fertilisants.

- **Forme locale**

Étant donné le rôle du sol dans l'écosystème, une importance particulière est donnée à sa situation géographique et topographique, tout comme à son mode d'utilisation et à l'état de sa végétation ; ces caractéristiques sont toujours prises en compte dans les levés cartographiques sur des aires déterminées.

2.4 Applicabilité de l'aKLABS

Bien que la **partie hiérarchique à quatre niveaux** régit la classification des sols jusqu'au type de sol et constitue donc à proprement parler le principal outil de classification de l'aKLABS, influençant aussi les définitions aux niveaux inférieurs, elle n'est pas utilisée, ou du moins pas consciemment, dans les relevés sur le terrain. À cela, deux raisons possibles : cela tient d'abord de la méthode inductive habituellement pratiquée sur le terrain (« bottom-up », voir aussi point 2.1) et ensuite du manque de précision des définitions aux différents niveaux hiérarchiques de la classification. L'annexe 2 étudie cette problématique à l'aide d'un exemple pratique.

En appliquant l'aKLABS sur le terrain, les pédologues s'aident le plus souvent de la **Description, classification et attribution de noms aux principaux sols de Suisse** (chapitre 7 de l'aKLABS). Le premier niveau de classification (Classe : Régime hydrique des sols) est utilisé ici aussi comme premier critère de subdivision. Le deuxième niveau est également pris en compte (Ordre : Constituants principaux du sol). Le reste de la classification des sols se fait toutefois largement en fonction du **degré de développement du sol** ou des **spécificités de la succession verticale des horizons pédologiques en place**. Avec cette démarche, le principal point faible de l'aKLABS est le

manque de précision dans la définition des horizons pédologiques et aussi parfois des successions d'horizons et des types de sols.

La **Clé** (SSP / BGS 1996) de la première édition KLABS est construite sur la même approche que le chapitre 7 aKLABS. Les critères déterminants de la classification sont ici aussi les **propriétés des horizons** et leurs **successions**. La clé sert à classer les sols jusqu'au niveau du type de sol. Elle est l'outil privilégié des pédologues moins expérimentés pour procéder aux relevés sur le terrain. Ici aussi, le manque de précision de la définition des horizons (et des types de sols) est un point critique.

Résultat des définitions imprécises des horizons et des types de sols : les jeux de données pédologiques sont incohérents.

Remarque : les détails figurent à l'annexe 5.2.

2.5 Résumé des travaux accomplis jusqu'à présent dans le projet de révision

En amont de la révision, divers rapports spécialisés et documents de travail ont été établis qui discutent de la structure de l'aKLABS et de la nécessité de la réviser.

Voici les documents par ordre chronologique :

- a) L'avant-projet de révision de la KLABS (Weisskopf und Zihlmann 2017) a fourni les principales structures d'organisation pour réviser la KLABS et indiqué les principaux objectifs de la révision.
- b) L'analyse du besoin de réviser (Zürcher und Bader 2018) constitue une base technique importante pour la révision de l'aKLABS. S'appuyant sur les travaux préalables du GT KLABS de la SSP et sur les années d'expérience pratique des diverses cartographies cantonales, les auteurs ont résumé les lacunes et les manques de l'aKLABS dans un tableau et parfois aussi formulé les premières propositions pour une méthode de révision.
- c) Burgos und Kellermann (2019) ont examiné surtout la cohérence du concept de classification et formulé des suggestions pour la révision.
- d) Müller (Müller 2019a, 2019b), quant à lui, s'est penché dans ses rapports sur le concept de classification de l'aKLABS, notamment sur l'applicabilité des quatre niveaux hiérarchiques.

Les résultats de travaux ci-dessus peuvent se résumer comme suit⁵ :

1) **Applicabilité de la partie hiérarchique de l'aKLABS**

La partie hiérarchique à quatre niveaux de l'aKLABS classe conceptuellement les sols jusqu'au niveau du type de sol. Elle a un rôle essentiellement **didactique**.

Propositions de révision :

Pour autant que l'on y apporte certaines précisions, les deux premiers niveaux de classification « Classe » (Régime hydrique du sol) et « Ordre » (Constituants principaux du sol) peuvent en principe être repris comme concept de base dans la rKLABS. Ce n'est toutefois pas absolument nécessaire : comme aujourd'hui les données pédologiques existent en général sous forme numérique, les sols peuvent être à tout moment « groupés » à posteriori « sans classement hiérarchique », ou attribués à la classe ou à l'ordre correspondant. Les niveaux de classification « Famille » (paramètres chimiques et minéralogiques déterminants du sol) et « Type » (paramètres chimiques du percolat) peuvent être supprimés, car ils ne sont pas nécessaires dans la pratique actuelle, sont parfois redondants et souvent impossibles à relever sur le terrain.

⁵ Sur quelques questions, les divers auteurs ont des points de vue différents. Pour plus de détails, il est recommandé de consulter les rapports (parfois volumineux).

2) **Exigences de base pour la rKLABS**

Au niveau conception, l'aKLABS doit être simplifiée, précisée et révisée dans une perspective d'utilisation pratique. La rKLABS doit être une base contraignante qui permet de relever et de classer des données pédologiques suisses de manière uniforme, objective, reproductible et scientifiquement fondée.

3) **Compatibilité entre rKLABS et aKLABS**

La rKLABS doit s'aligner sur la base de référence mondiale (WRB) pour fixer les nouveaux critères quantitatifs et limites, tout en préservant le plus possible la compatibilité entre rKLABS et aKLABS.

4) **Types de sols**

Selon les rapports et documents mentionnés, les types de sols doivent être définis à partir d'horizons caractéristiques déterminés avec précision.

5) **Sous-types**

Les sous-types de sols doivent garder la même importance que dans l'aKLABS pour caractériser en détail les types de sols.

6) **Démarche méthodologique pour réviser l'aKLABS**

Dans leur analyse, Zürrer et Bader (Zürrer und Bader 2018) ont également proposé au chapitre 5 la démarche conceptuelle pour réviser l'aKLABS. Ils maintiennent le concept hiérarchique, sans toutefois décider si les quatre niveaux de classification seront gardés. Avant la révision détaillée proprement dite, les définitions de tous les niveaux hiérarchiques doivent être revues et mises au net.

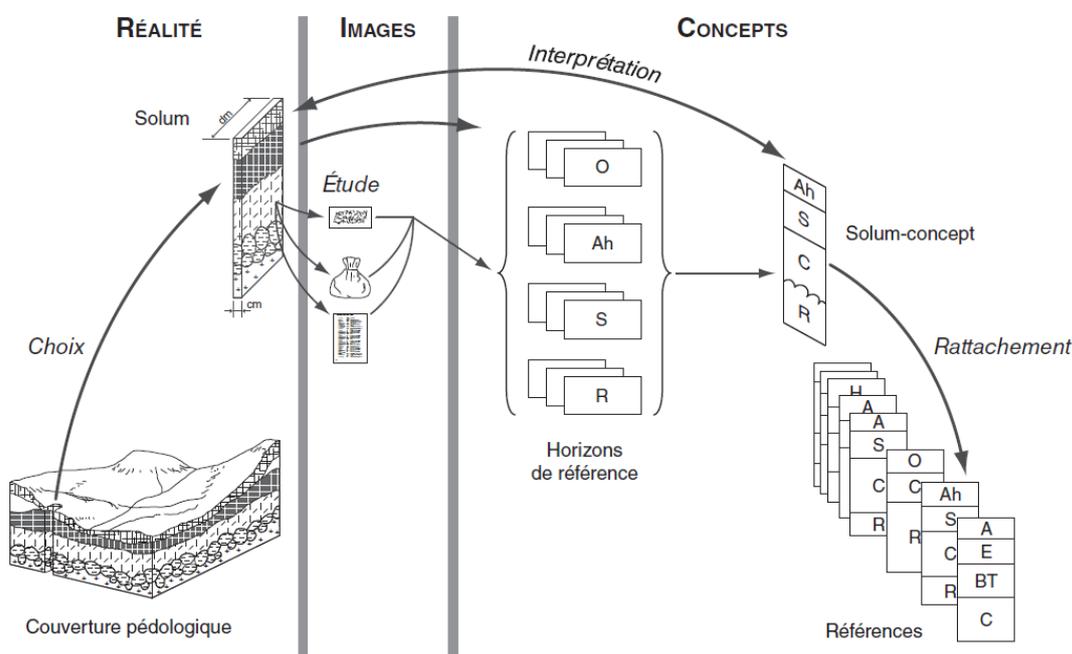
3 Concept de classification de la rKLABS

3.1 Sol faisant l'objet de classification dans la rKLABS

Remarques préalables :

Le sol « **objet de classification** » : dans la rKLABS, le sol est représenté comme un « concept théorique », comme un « modèle de sol ». Les horizons et les successions d'horizons y sont attribués à un certain type de sol. Dans la réalité, il s'agit toujours de sols spécifiques et concrets qui sont attribués à un « modèle » pour la classification.

La classification ne se fonde explicitement que sur l'état actuel du sol, au moment des relevés. Les considérations sur l'historique et sur l'évolution probable ne sont pas prises en compte pour la classification.



Le rattachement d'un solum au *Référentiel pédologique*.

Pourquoi un référentiel pédologique ?

Figure 2. De la réalité à la classification (Figure extraite de AFES 2008). Du relevé des données sur le terrain et au laboratoire en passant par l'attribution à des horizons jusqu'à la classification des types de sols.

La définition du sol faisant l'objet de classification ci-après est considérée comme le concept pour la rKLABS. Il se peut qu'il faille modifier cette définition au fur et à mesure du traitement des différents lots de tâches.

Description :

Le sol qui fait l'objet de la classification de la rKLABS est un corps naturel dynamique à la surface de la croûte terrestre résultant de l'interaction entre l'atmosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et la biosphère, composé de matières solides organiques et minérales ainsi que d'interstices qui contiennent des phases fluides et/ou gazeuses. Le sol s'est formé au fil du temps à partir de

matériaux parentaux naturels, organiques⁶ et/ou minéraux, par l'interaction des facteurs et des processus pédogénétiques.

Définition :

Le sol qui fait l'objet de la classification de la rKLABS est composé de matériaux naturels ou technogènes⁷.

Pour des raisons pratiques, le bord inférieur de l'épaisseur de sol prise en compte pour la classification est fixé à 1,5 m⁸ de profondeur, bien que les processus pédogénétiques puissent agir bien plus profondément. Le bord supérieur de l'accumulation organique représente la limite supérieure de l'épaisseur de sol prise en compte pour la classification.

Le niveau zéro correspond au bord supérieur de l'horizon organo-minéral de surface (horizon A). Si le sol au-dessus de 1,5 m de profondeur est limité par des zones nettement non modifiées ou non forables, celles-ci constituent donc la limite inférieure de l'épaisseur de sol prise en compte pour la classification. Les horizons d'accumulations organiques se trouvent au-dessus du niveau zéro (mesures précédées du signe « - », p. ex. O1 de 0 à -5 cm). Dans les sols organiques à nappe permanente, le niveau zéro correspond au bord supérieur des horizons organiques (horizons T) ou, le cas échéant, au bord supérieur des horizons organo-minéraux situés au-dessus (p. ex. horizon A)⁹.

Les sols constamment sous l'eau ou sous la glace, ainsi que les matériaux parentaux naturels ou technogènes qui se trouvent à la surface terrestre et n'ont subi encore aucune modification pédogénétique, ne sont pas l'objet de la présente classification.

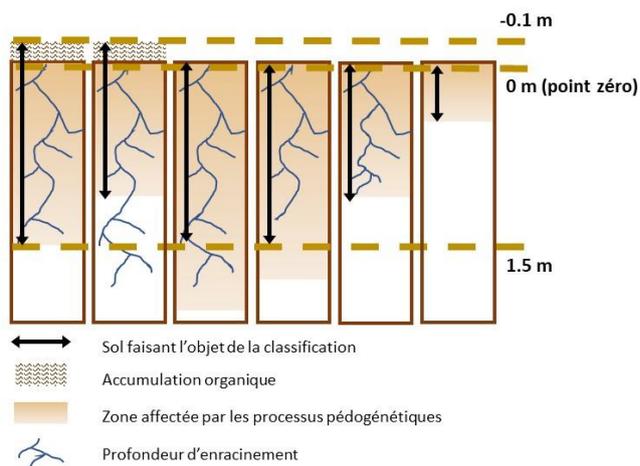


Figure 3. Le sol qui fait l'objet de la classification dans la rKLABS (avec indication du niveau zéro pour préciser la profondeur d'horizon).

⁶ Par « matériaux parentaux organiques », on entend non seulement le charbon, mais aussi divers sédiments organiques et plus particulièrement la tourbe.

⁷ Les sols faits de matériaux technogènes : le LT2 clarifie dans quelle mesure ils doivent être classés à l'aide de la rKLABS. Les connaissances acquises avec le LT2 pourraient aussi amener à exclure les sols formés de matériaux technogènes de la rKLABS. Il faut faire la différence entre les réglementations qui portent sur la classification et celles qui portent sur le matériau (« matériau parental »).

⁸ La limite de profondeur est compatible avec la plupart des projets de cartographie actuels, car actuellement les profils de sol ne sont en général pas sondés plus profondément que 1,5 m (les sondages ne dépassant pas 1,5 m de profondeur peuvent être creusés sans mesures de sécurité (p.ex. étayage ou talus) conformément à l'art. 55 de l'ordonnance sur les travaux de construction). La règle vaut comme « principe » pour la révision. Il est possible que cette règle doive être modifiée pendant la révision.

⁹ La définition du niveau zéro est celle de l'aKLABS.

Explications :

- Profondeur de 1,5 m prise en compte pour la classification : cette limite de 1,5 m est valable uniquement pour la classification des types et des sous-types et NON pour la DESCRIPTION des horizons et des propriétés des sols. En effet, il est tout à fait possible que des processus pédogénétiques aient lieu à des profondeurs qui dépassent 1,5 m (bien qu'en Suisse, cette profondeur suffise pour décrire la plupart des sols). Par exemple, lors de la cartographie de sols bruns lessivés en forêt, il peut arriver que l'horizon It n'apparaisse qu'à une plus grande profondeur, p. ex. 1,7 m. Jusqu'à présent, ces sols ont été classés comme des Sols bruns lessivés (et non pas comme des Sols bruns acides) (mais si l'horizon It ne se situait qu'à 2,8 m de profondeur, on ne l'aurait probablement pas trouvé). Selon la rKLABS, en revanche, ces sols seraient maintenant classés comme des Sols bruns acides, car on ne tient pas compte de l'horizon It situé à plus de 1,5 m de profondeur. Déjà maintenant, lorsque l'on cartographie avec une tarière, la plupart des sondages n'atteignent que 1 m de profondeur, voire moins, et on doit s'appuyer sur des « profils de référence » pour les classer. Une profondeur de 1,5 m prise en compte pour la classification NE SIGNIFIE PAS que la description du sol et la désignation des horizons doivent s'arrêter à 1,5 m. Autrement dit, un horizon It à 1,7 m de profondeur peut très bien être décrit et dénommé, mais il n'est plus pris en compte pour la classification du type de sol (il en va de même pour la profondeur de la limite des carbonates : celle-ci doit être relevée lors du sondage, mais elle n'est pas prise en compte pour la classification si elle est située à plus de 1,5 m de profondeur).

3.2 Principes du concept de classification rKLABS

Le concept de classification de la rKLABS s'inspire de la démarche concrète de terrain (inductive, bottom up) et place les données pédologiques et les horizons caractéristiques au centre de la classification. La rKLABS est conçue comme une classification pédologique morphogénique sur la base de processus pédogénétiques, qui fait appel à des critères objectivement évaluables et/ou mesurables (caractéristiques d'horizon). Un sol doit en principe pouvoir être classé sans ambiguïté sur le terrain à l'aide de critères évaluables et/ou mesurables. Dans les cas limites, il est possible de recourir à des analyses de laboratoire pour obtenir une classification objective.

La classification s'articule autour de types et sous-types de sols qui ne sont pas classés hiérarchiquement. Les type et sous-type de sol sont décrits à l'aide d'un « jeu de données de classification » qui doit être relevé lors de chaque description de sol. Le relevé des données se fait si possible « sans classement » afin qu'il n'y ait pas de problème de « rétrocompatibilité » au cas où il faudrait adapter la classification.

La structure hiérarchique de l'aKLABS n'apparaîtra plus explicitement dans la rKLABS. Pour garantir la plus possible de rétrocompatibilité, les processus et facteurs pédogénétiques (au besoin sous forme élargie) continueront de former la base pédogénétique de la rKLABS durant le travail de révision. Les nombreux critères qui sont utilisés dans l'aKLABS pour classer les sols en quatre niveaux, seront examinés en détail et, si cela s'avère judicieux, utilisés comme bases pour définir les critères de classification des types de sols, des sous-types et des horizons (*voir texte complémentaire à l'annexe 5.3*). À lui seul, ce changement conceptuel, qui peut paraître important à première vue, n'influence guère la rétrocompatibilité entre les deux classifications.

C'est très nettement la définition des horizons, des types de sols et des sous-types qui est au centre de la rKLABS – et non pas la définition d'un système hiérarchique. Les principaux changements par rapport à l'aKLABS sont d'une part le principe du « bottom up » – partir du relevé des données et de la description des sols, en passant par la désignation des horizons, pour finalement classer les types de sols et les préciser par des sous-types – et, d'autre part, le recours direct à des sols de référence dans la classification.

Remarque : compléments à l'annexe 5.3.

3.3 Structure de la classification de la rKLABS

La figure 4 présente sous forme de schéma les différentes étapes de la classification des sols, depuis le relevé des données pédologiques et des caractéristiques des sols jusqu'à la caractérisation du sol concerné. Afin de garantir une reproductibilité et une objectivité maximales, la rKLABS définit l'ensemble du processus de travail, du relevé des données jusqu'à la classification.

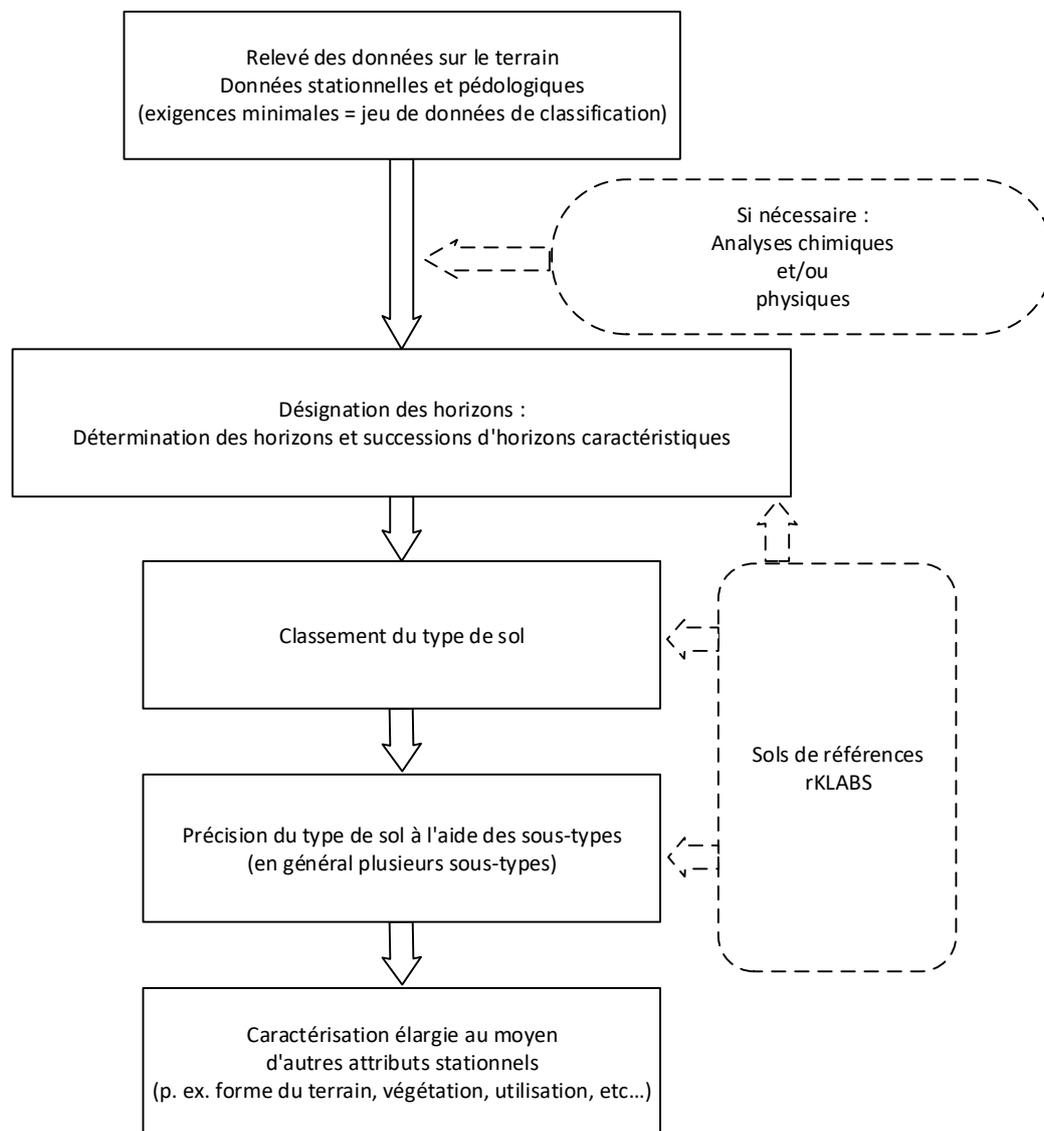


Figure 4. Concept de classification de la rKLABS

Relevé des données sur le terrain et au laboratoire / Jeu de données de classification

La rKLABS dresse non seulement la liste des **données pédologiques** nécessaires pour la classification (jeu de données de classification), mais fixe aussi de manière contraignante l'ensemble de la méthode de relevé des données ainsi que de leur classement (p. ex. classes de diamètre des macropores ou classes de fréquence des racines). Les données pédologiques sont mesurées à l'aide de tous les types d'échelles (nominales, ordinales, métriques), et comprennent aussi bien des données et des caractéristiques réparties en classes, que des variables continues.

Le **jeu de données de classification** comprend toutes les données pédologiques qui sont nécessaires au classement d'un sol donné. Il s'agit d'une part des données de base qui doivent être relevées pour tous les types de sols (p. ex. texture de la terre fine, pierrosité, structure, teneur en matière

organique, teneur en carbonates, pH) et d'autre part, des données spécifiques aux types de sols pour décrire et quantifier les processus pédogénétiques caractéristiques (p. ex. teneur en oxydes de fer, taux de saturation, degré d'humification, etc.).

La rKLABS utilise, chaque fois que possible, des **critères mesurables** pour classer les sols. La priorité est donnée aux critères qui peuvent être évalués sur le terrain avec une grande précision par des pédologues expérimentés, ou qui peuvent être mesurés avec des instruments de terrain (p. ex. texture de la terre fine, teneur en matière organique, pH). Quelques grandeurs physiques ne peuvent cependant être déterminées exactement qu'en laboratoire. Ceux-ci sont utilisés dans les cas limites pour délimiter objectivement les classes fixées dans la rKLABS. Pour le classement dans la zone centrale des classes, les données pédologiques relevées sur le terrain suffisent.

Désignation des horizons

La désignation et la détermination des horizons et successions d'horizons caractéristiques sont non seulement les premières, mais aussi les principales, étapes de classification de la rKLABS.

Les horizons sont classés à partir de critères qui sont représentatifs des processus pédogénétiques et de leur expression. Les définitions actuelles des horizons dans l'aKLABS sont utilisées comme base de départ. D'autres critères d'horizons (limitants) sont définis pour classer les types de sols (horizons caractéristiques).

Le codage des horizons est réglé en détail dans la rKLABS. En plus des horizons principaux, ce sont surtout les combinaisons de symboles qui sont définies – la possibilité de combiner librement les symboles, comme le permet actuellement l'aKLABS, sera supprimée en partie¹⁰.

L'intégration des technosols / anthroposols et le recours accru au matériau parental dans la rKLABS auront probablement pour conséquence que, suite à la révision, de nouveaux petits symboles « antéplacés » seront créés pour des caractéristiques non pédogénétiques¹¹.

Classification du type de sol

La rKLABS sera un système de classification morphogénique et non hiérarchique. Elle ne distinguera que des types de sols qui se différencient essentiellement par leur expression des processus et/ou facteurs pédogénétiques¹².

Les différents types de sols sont définis à partir des propriétés des **horizons caractéristiques**¹³ et aussi de leur succession verticale. Or dans les sols peu développés, les caractéristiques des processus pédogénétiques sont peu visibles, voire absents. Les critères de classification sont alors déduits des constituants principaux du sol (forme d'humus et matériau parental).

Précision du type de sol par les sous-types

Les sous-types sont un instrument de classification important de l'aKLABS. La rKLABS définira les sous-types de manière claire et précise et les développera davantage. En matière de sous-types, la rKLABS est et restera un système ouvert. Les sous-types doivent recenser la totalité du spectre d'expression d'un type de sol donné (voir Figure 1). L'élaboration de définitions exactes et, si cela est possible et judicieux, de critères de délimitation mesurables est une tâche prioritaire de la révision.

¹⁰ Exemple : l'horizon Bw- caractérise un sol brun et est défini par une combinaison de symboles. Cela vaut aussi p. ex. pour les horizons Ah et Th (le « h » minuscule n'a pas la même signification dans les deux cas). D'autres petits symboles, p. ex. « x » ou les petits symboles antéposés comme « y », peuvent toujours être librement combinés à d'autres.

¹¹ Voir p. ex. KA5, p. 84. Ad-hoc Arbeitsgruppe Boden et al. (2005).

¹² S'agissant des sols peu développés tout particulièrement, la classification des types de sols est basée non seulement sur les processus pédogénétiques mais aussi et surtout sur les matériaux parentaux.

¹³ Pour éviter toute confusion avec les horizons diagnostiques de la WRB, la rKLABS utilisera la notion d'horizons « caractéristiques », car ceux-ci sont définis autrement et n'ont pas exactement la même fonction de classification. Il peut arriver qu'un sol présente plusieurs horizons « caractéristiques » ou n'en présente même aucun.

Pour pouvoir différencier les anthroposols de manière détaillée et éventuellement les intégrer directement dans la rKLABS, il faut définir de nouveaux sous-types. Avec l'intégration des anthroposols dans la rKLABS et l'élargissement des sous-types (pour inclure le matériau parental, la profondeur utile et les groupes de régime hydrique), ceux-ci vont nettement augmenter en nombre. Afin de garder une vue d'ensemble, les sous-types seront répartis en groupes systématiques.

Sols de référence de la rKLABS

Les sols de référence rKLABS font partie intégrante de la rKLABS. Au cours de la révision, ils seront, dans un premier temps, sélectionnés, étudiés et classés spécifiquement dans le but de répondre à des questions concrètes et documenter les critères de classification dans les cas limites. Une fois la révision terminée, d'autres sols de référence seront ajoutés pour compléter la documentation de la rKLABS.

Caractérisation élargie sur la base des données stationnelles / jeux de données

Les données de caractérisation élargie des stations ne sont certes pas directement prises en compte pour la classification, mais elles peuvent fournir des informations importantes pour d'autres utilisations des données pédologiques directes. Elles sont parfois nécessaires pour calculer les fonctions de pédotransfert et d'une manière générale pour une interprétation approfondie des données. En plus du

- **jeu de données de classification** : jeu de données minimal pour pouvoir classer le sol aux niveaux horizon, type de sol et sous-type selon la rKLABS,

il existe les autres jeux de données suivants :

- **jeu de données de base** : contient, en plus du jeu de données de classification, des données sur les stations et sur les profils¹⁴ ;
- **jeu de données élargi** : contient d'autres données que le jeu de données de base en fonction de la problématique.

3.4 Intégration des anthroposols

L'intégration des anthroposols dans la rKLABS n'est pas encore résolue (voir point 4.2, lot de tâches LT7.1). Le lot de tâches LT7.1 doit indiquer si, comment et dans quelle mesure les technosols¹⁵ seront aussi intégrés dans la rKLABS en plus des anthroposols¹⁶ et à quel niveau de classification (types de sols, sous-types).

3.5 Compatibilité avec l'aKLABS

En premier lieu, le concept choisi pour la rKLABS doit garantir, autant que cela est possible et judicieux, la compatibilité avec l'aKLABS. Cependant, comme la rKLABS définit plus précisément aussi bien certains horizons (notamment les horizons caractéristiques) que des types et des sous-types de sols, une compatibilité complète n'est pas possible (→ chaque précision supplémentaire diminue la marge de manœuvre lors de la classification ; même aujourd'hui il n'y a pas toujours compatibilité ; les définitions imprécises aboutissent à des données pédologiques hétérogènes et à des possibilités d'interprétation différentes, qui nécessitent beaucoup d'expérience et d'ajustements pour assurer une compatibilité minimale entre utilisateurs). La rKLABS vise à relever le plus possible de données

¹⁴ Données du profil selon Fiche de profil DS 6.2 (métadonnées)

¹⁵ Sols qui sont largement constitués de matériaux artificiels (technogènes) (scories, déchets industriels, gravats)

¹⁶ La notion d'« anthroposol » est définie dans le lot de tâches LT7.1. On part de l'hypothèse que les anthroposols sont constitués largement de matériaux naturels (l'ajout de matériaux technogènes est possible). Les anthroposols ont été modifiés par l'action humaine, dans leurs couches, leurs horizons ou leur profondeur, ou ils subissent une pédogénèse modifiée, car, en raison d'interventions humaines, ils sont soumis à des processus anthropiques continus (p. ex. affaissement de la tourbe induit par le drainage des marais).

pédologiques « non classées ». Celles-ci peuvent ensuite être « transposées » plus aisément dans d'autres classifications ce qui améliore la compatibilité de manière générale.

3.6 Compatibilité internationale

La compatibilité de la rKLABS avec d'autres classifications nationales et internationales ne doit pas être garantie. Cependant, les nouvelles définitions devraient se rapporter à des définitions internationales (avant tout la WRB). D'un point de vue conceptuel, il convient d'examiner d'autres approches pour les nouvelles définitions (approche du WSL¹⁷ (Walthert et al. 2004; Blaser et al. 2005; Zimmermann et al. 2006), approche de Gobat dans « Sols et Paysages »¹⁸ (Gobat und Guenat 2019), Référentiel pédologique (AFES 2008), KA5 (Ad-hoc Arbeitsgruppe Boden et al. 2005) ou bientôt KA6 (non publié), etc.).

¹⁷ Dans le « Waldböden der Schweiz », tome 1, le chapitre 8 (p. 212ss) et l'annexe 2 décrivent et caractérisent la systématique utilisée ainsi que les méthodes de recherche correspondantes.

¹⁸ Dans son livre « Sols et Paysages », Jean-Michel Gobat décrit et caractérise les sols de Suisse romande. Il a choisi le Référentiel Pédologique pour les classer, mais a toutefois « traduit » certains profils de sols dans le système de l'aKLABS et fourni une clé de détermination des horizons, des types de sols et des formes d'humus des sols de Suisse romande.

4 Concept de révision

4.1 Introduction

Le présent chapitre explique le processus de traitement du Module A. Il présente les lots de tâches (cahiers des charges succincts à l'annexe 5.4) et la documentation souhaitée des travaux de révision (rKLABS-Doc).

4.2 Lots de tâches du Module A

Le traitement du Module A (voir Marugg und Schmidhauser 2019) comprend au total 9 lots de tâches (divisés en sous-lots → au total 29 grands et petits sous-lots), alors que la réalisation du présent guide constitue le lot de tâches LT1. Les cahiers des charges succincts pour tous les lots de tâches sont présentés à l'annexe 5.4.

Coordination par la direction du projet

La direction du projet (DP) se charge de la coordination, du pilotage et de l'harmonisation des lots de tâches. Avec le soutien de l'équipe de projet restreinte et le cas échéant d'autres experts, la DP décide de l'intégration des résultats issus des différents lots de tâches dans la révision¹⁹ et fixe les étapes de travail suivantes. La DP n'est pas nommée pour tous les lots de tâches dans le tableau ci-après, mais il est évident qu'elle est impliquée dans chacun de manière déterminante.

Tableau 1. Lots de tâches, contenu et traitement du Module A

Lot de tâches	Contenu	Traitement
LT1 Guide	Exigences contraignantes pour le concept de classification et le processus de traitement du Module A (y compris cahiers des charges succincts)	Équipe de projet restreinte (DP, Jiri Presler)
LT2 Analyse de données pour les horizons et les types (voire sous-types) de sols	Base de révision des horizons et des types de sols.	
<i>LT2.1 Acquisition et préparation des données</i>	Préparer un jeu de données pour les analyses liées à la classification (LT2.2, LT7) et à de possibles sols de référence (LT7.7)	NABODAT
<i>LT2.2 Analyse des données Notices sur les types de sols</i>	Analyse des données et interprétation des résultats sous l'angle de la pratique en matière de classification et de critères de classification des horizons et types de sols (dans quelques cas aussi des sous-types de sols)	Équipe de projet restreinte, CCSols
LT3 Régime hydrique	Lot de tâches essentiel pour développer et actualiser la classification et le relevé des données, mais aussi pour procéder à des analyses complémentaires du régime hydrique (SDA, CA etc.). Base pour la révision de la classification et du Manuel de cartographie.	

¹⁹ Il est probable que les résultats et conclusions de certains lots de tâches seront parfois contradictoires.

Lot de tâches	Contenu	Traitement
<i>LT3.1 Bases sur le régime hydrique²⁰</i>	Mise à jour des bases sur le régime hydrique (« genre et degré d'hydromorphie » ²¹ des sols, caractéristiques, méthodes d'estimation et de mesure, critères, valeurs indicatives)	Mandataire externe
<i>LT3.2 Méthodes de terrain pour étudier le régime hydrique</i>	Accompagnement d'un projet pilote dans le canton de ZH pour tester diverses méthodes de terrain permettant d'étudier le régime hydrique, élaboration d'un guide de détermination des traits rédoxiques et d'une méthode pour déterminer le régime hydrique.	Équipe de projet restreinte, CCSols, mandataire externe
<i>LT3.3 Synthèse sur le régime hydrique</i>	Mise au net de la méthode pour déterminer et évaluer le régime hydrique à partir des résultats des LT3.1 et 3.2. Liste des questions ouvertes.	Équipe de projet restreinte, experts
LT4 Matériau parental	Base pour la révision de la classification	
<i>LT4.1 Systématique des matériaux parentaux naturels</i>	Élaboration d'une systématique nationale sur les matériaux parentaux naturels sous l'angle de la pédogénèse	Mandataire externe
<i>LT4.2 Cercle d'experts Matériau parental</i>	Intégration de la systématique des roches dans la classification (description des horizons, sous-types) et dans le relevé des données	Cercle d'experts
LT5 Masse volumique apparente²²	Lot de tâches fondamental pour développer et actualiser la classification et le relevé des données. Base de révision de la classification.	
<i>LT5.1 Bases et méthodes de terrain</i>	Mise à jour des bases sur la masse volumique apparente et le tassement, test méthodologique (méthodes de terrain)	Mandataire externe
<i>LT5.2 Synthèse</i>	Synthèse des méthodes de terrain « Masse volumique apparente »	Équipe de projet restreinte, DP
LT6 Hétérogénéité du sol	Base de révision de la classification : élaboration d'un concept sur comment traiter l'hétérogénéité du sol. Définition des étapes de travail complémentaires	Mandataire externe
LT7 Révision des horizons, types et sous-types de sols ; relevé des données		
<i>LT7.1 Anthrosols et technosols : horizons, types et sous-types de sols, matériau parental</i>	Mise au point d'une systématique des anthrosols et des technosols et des matériaux parentaux.	
<i>LT7.1a Bases de l'anthropocité et de la technogénéité, incorporation dans la rKLABS</i>	Définir « anthropique » et « technogène », clarifier l'incorporation de ces sols dans la classification	Mandataire externe, experts

²⁰ La terminologie (allemande et française) de ce domaine sera révisée dans le cadre de ce LT.

²¹ « Vernässungsart und Vernässungsgrad » est traduit par « genre et degré d'hydromorphie » dans le Manuel de cartographie (KA), tandis que dans l'aKLABS, « engorgement » est plus souvent utilisé pour la notion de « Wassersättigung » ou de « Vernässung ». Comme les intitulés des lots de tâches se réfèrent au Manuel de cartographie, nous y avons provisoirement conservé sa terminologie.

²² Appelé « densité apparente » dans l'aKLABS

Lot de tâches	Contenu	Traitement
LT7.1b Définition des anthroposols et des technosols pour la rKLABS, liste des matériaux parentaux	Mise au point d'une classification des anthroposols et technosols (horizons, évent. types et sous-types de sols). Le niveau de détail des résultats de ce lot de tâches ressortira des décisions du LT7.1a (reprendre le savoir et les expériences existantes ou développer quelque chose de nouveau)	Équipe de projet restreinte ou mandataire externe
<i>LT7.2 Sols naturels : horizons, types et sous-types de sols</i>	Définition des types de sols/processus pédogénétiques à reprendre dans la rKLABS Version 1, recherche fondamentale sur les processus pédogénétiques et sur les types de sols, définition des critères de classification rKLABS pour les horizons, les types et sous-types de sols	Équipe de projet restreinte, autres experts
<i>LT7.3 Formes d'humus</i>	Définition de l'humus valable à l'échelle suisse pour les terrains ouverts et la forêt (élargissement de l'actuelle classification), subdivision en sous-types	Mandataire externe (évent. équipe de projet restreinte)
<i>LT7.4 Profondeur utile pour les plantes</i>		
LT7.4a Atelier avec des institutions spécialisées	Analyse des besoins en matière de profondeur utile	Mandataire externe (myx GmbH)
LT7.4b Recherche bibliographique sur l'aptitude des plantes à s'enraciner	Recherche bibliographique sur les liens entre les racines des plantes et les caractéristiques des sols prises en compte pour la profondeur utile	Mandataire externe (HAFL, Burgos)
LT7.4c Cercle d'experts / atelier profondeur utile	Clarifier dans des ateliers les problématiques résultant des sous-tâches 1 et 2 sur la profondeur utile et élaborer une définition et une méthode « nationale » pour déterminer la profondeur utile.	Cercle d'experts
LT7.4d Élaboration d'un sous-type pour la profondeur utile	Intégration de la profondeur utile dans la rKLABS	Équipe de projet restreinte
<i>LT7.5 Jeu de données de classification, relevé et classement des données</i>		
LT7.5a Volume du jeu de données de base et des données de classification	Définir le volume de données pédologiques minimal nécessaire pour la classification de la rKLABS	Équipe de projet restreinte
LT7.5b Relevé de données (classement des données et méthodes de terrain) pour le jeu de données de classification	Vérifier, fixer et documenter le classement des données, évaluer et documenter les méthodes de terrain, élaborer des aides à la détermination et à la décision (lots de tâches distincts pour le régime hydrique (LT3), la masse volumique apparente (LT5) et la structure (LT7.5c))	Méthode de mesure de terrain : CCSols, équipe de projet restreinte Méthode d'évaluation de terrain : équipe de projet restreinte
LT7.5c Structure	Élargissement du cahier de la FAL n°50 ²³ , Observer et évaluer la structure du sol ; définir l'approche globale de la structure lors du relevé des données(Nievergelt et al. 2004)	Mandataire externe

²³ Version allemande : Schriftenreihe der FAL 41. Bodengefüge : Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln (Nievergelt et al. (2002))

Lot de tâches	Contenu	Traitement
<i>LT7.6 Jeu de données de base, relevé et classement des données</i>	Révision des listes de sélection des propriétés stationnelles (climat, végétation, utilisation du sol, etc.)	Équipe de projet restreinte
<i>LT7.7 : Sols de référence rKLABS</i>	Documentation des sols de référence rKLABS, intégration dans la rKLABS →le CCSols planifiera la mise en place d'un réseau de sols de référence. Les plans sont toutefois encore peu avancés. Les synergies seront exploitées autant que possible.	CCSols, autres experts/ soutien externe
LT8 Méthodes de laboratoire	Évaluation et documentation des méthodes de laboratoire qui servent de méthodes de référence pour la rKLABS	CCSols
LT9 Synthèse et rédaction	Formulation des chapitres généraux sur le relevé de données ponctuelles et la classification, élaboration des formulaires de relevé, élaboration d'une aide à la détermination des types de sols, compilation de la documentation rKLABS	DP, autre soutien encore à voir

Les interactions entre les différents lots de tâches sont représentées dans la figure ci-après. La formulation de la rKLABS suppose d'autres travaux préparatoires, en sus du présent guide. Ces travaux (bloc de gauche dans la figure) consistent à mettre à jour les bases de connaissances de certaines thématiques pour la rKLABS, p. ex. le thème « genre et degré d'hydromorphie²¹ » (régime hydrique), les matériaux parentaux, ou l'analyse de données sur la pratique de classification et sur la caractérisation des types de sols en Suisse. Certains travaux préparatoires ont également un lien direct avec la révision du Manuel de cartographie.

Le bloc du milieu englobe la révision de la KLABS proprement dite. Il règle le relevé des données sur le terrain (méthodes d'évaluation et de mesure sur le terrain) et leur classement (y compris les guides de détermination), les méthodes de laboratoire, la description des horizons et successions d'horizons, et la classification des types et sous-types de sols. Les sols de référence rKLABS (LT7.7) sont aussi directement intégrés dans la classification révisée.

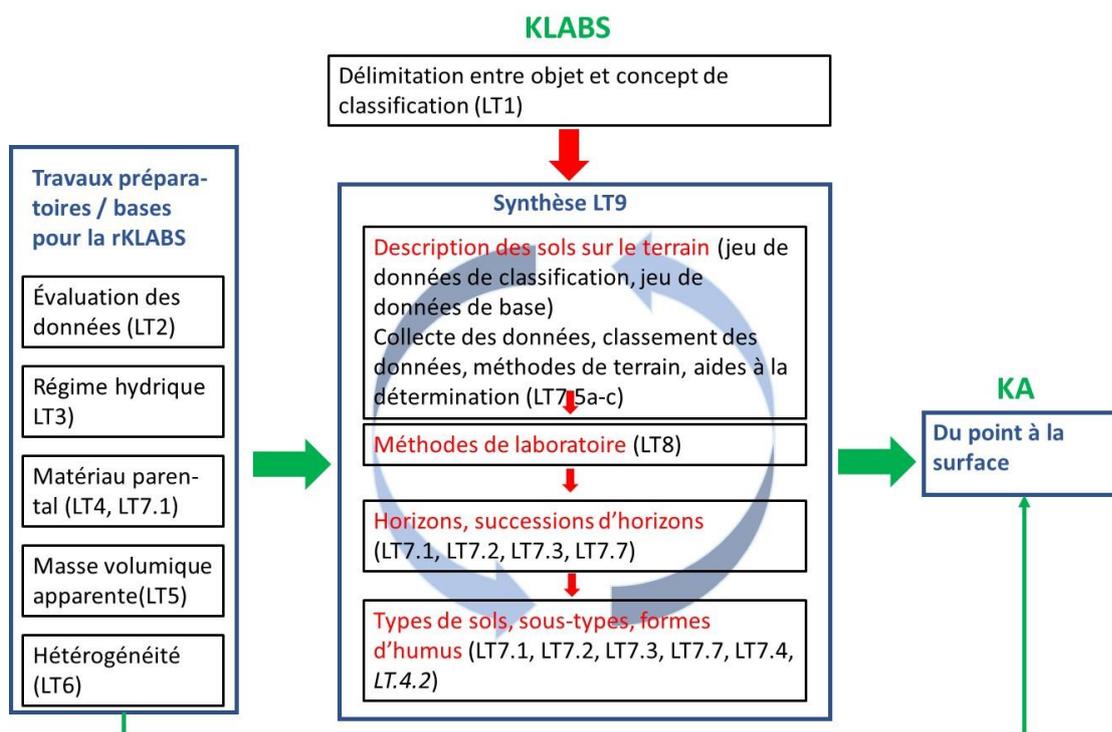


Figure 5. Interdépendances et interactions entre lots de tâches du Module A

4.3 Tâches transversales

Lors du traitement de chaque lot de tâches, les tâches transversales doivent être traitées et documentées :

- Inputs pour profils de référence (inputs pour les exigences posées aux profils de référence à documenter ou inputs sur les profils de référence connus)
- Documentation des modifications / nouvelles définitions (rKLABS-Doc, voir point 4.5)
- Ajouts au glossaire

4.4 Traitement des lots de tâches

Le traitement des lots de tâches prévoit plusieurs variantes (mention sous chaque titre du lot de tâches à l'annexe 4).

Traitement par mandataires externes²⁴ avec consultation d'experts

Ces lots de tâches sont traités par des mandataires externes. La DP demande des offres aux mandataires potentiels en fonction de leurs connaissances spécialisées. Le traitement est étroitement encadré et accompagné par la DP. Les résultats (éventuellement intermédiaires) sont présentés au besoin à des experts choisis par spécialités pour prise de position. Les résultats définitifs sont envoyés en consultation (comité d'experts, comité du projet).

Traitement par une équipe de projet restreinte avec consultation d'experts

Ces lots de tâches sont traités par une « équipe de projet restreinte »²⁵. Cette équipe se compose de pédologues très expérimentés et experts de l'aKLABS, choisis par la DP. Elle est coordonnée et dirigée par la DP. Elle se réunit régulièrement pour échanger et discuter des variantes et des étapes. Les

²⁴ Par « externe » on entend aussi la HAFL (tous les mandataires hors CCSols et équipe RevKLABS)

²⁵ Jusqu'à présent, l'équipe de projet restreinte est composée de J. Presler, E. Bräm et de la DP

résultats (voire des résultats intermédiaires) sont présentés au besoin à des experts choisis par spécialité pour prise de position. Les résultats mis au net sont envoyés en consultation (comité d'experts, comité du projet).

Traitement par le CCSols ou l'équipe NABODAT avec consultation d'experts

Certains lots de tâches sont traités en tout ou en partie par des collaborateurs du CCSols. Les lots qui sont repris complètement par le CCSols (p. ex. LT7, méthodes de laboratoire) sont traités indépendamment du comité d'experts et du comité du projet. Les résultats sont mis à la disposition du projet de révision.

Pour certains lots (p. ex. LT6.1, évaluation des méthodes de mesure sur le terrain), le CCSols se charge d'une partie des tâches. Le traitement est alors accompagné par la DP. Les résultats (voire des résultats intermédiaires) sont présentés au besoin à des experts choisis par spécialité pour prise de position. Les résultats mis au net sont envoyés en consultation (comité d'experts, comité du projet).

Le CCSols se charge en outre pour plusieurs lots d'analyser les données de profil pédologique. La DP définit les objectifs des analyses, les accompagne et les encadre.

Traitement dans des ateliers / cercles d'experts

Les lots de tâches sont traités dans des « ateliers d'experts » ou des « cercles d'experts ». La DP organise et dirige les cercles d'experts, le cas échéant avec le soutien du CCSols ou de mandataires externes. Un atelier doit traiter des problématiques ciblées et chercher des solutions. Éventuellement, il ressort de l'atelier d'autres problématiques qui doivent être traitées par les participants ou par d'autres experts si nécessaire.

Consultation d'experts

Certaines questions doivent être posées à des spécialistes choisis pour la consultation d'experts. Ceux-ci devraient avoir un savoir d'expert sur les processus pédogénétiques et avoir la possibilité de faire des recherches sur le terrain et en laboratoire²⁶.

Exigences de traitement

Les qualifications requises pour le traitement ne sont pas indiquées séparément pour chaque lot de tâches. Les indications figurent dans l'analyse du besoin de réviser (Zürcher und Bader 2018). Il est de la compétence de la DP de solliciter des spécialistes ou des équipes qualifiés. Elle est soutenue par l'équipe de projet restreinte.

4.5 Consignes pour la documentation de modifications dans le cadre de la révision (rKLABS-Doc)

Afin d'assurer la traçabilité, tant des règles existantes examinées que des nouvelles règles adoptées au cours de la révision de la KLABS, les propositions et décisions à ce sujet doivent faire l'objet d'une documentation uniforme. La rKLABS-Doc suit le schéma suivant :

- 1. Situation dans l'aKLABS 2010 (analyse)**
- 2. Nécessité d'agir**
- 3. Proposition de modification**
- 4. Évaluation de la rétrocompatibilité**
- 5. Évaluation de la compatibilité au plan international**
- 6. Renvoi aux documents de révision pertinents**
- 7. Renvoi aux sols de référence**

Pour tout détail, voir l'annexe 5.4.

²⁶ Nous pensons en particulier à des spécialistes travaillant dans des universités, des hautes écoles ou des institutions de recherche

Index des figures

Figure 1. Schéma d'une classification idéale regroupant les sols en classes par genèse, caractéristiques et fonctions (d'après Schröder 1973, Accès : https://www.bodenkunde.uni-freiburg.de/objekte/bodenklassifizierung)	4
Figure 2. De la réalité à la classification (Figure extraite de AFES 2008). Du relevé des données sur le terrain et au laboratoire en passant par l'attribution à des horizons jusqu'à la classification des types de sols.	9
Figure 3. Le sol qui fait l'objet de la classification dans la rKLABS (avec indication du niveau zéro pour préciser la profondeur d'horizon).	10
Figure 4. Concept de classification de la rKLABS	12
Figure 5. Interdépendances et interactions entre lots de tâches du Module A	20

Index des tableaux

Tableau 1. Lots de tâches, contenu et traitement du Module A	16
--	----

Liste des abréviations

aKLABS	Actuelle Classification des sols de Suisse, 3 ^e édition, 2010
CA	Classes d'aptitude
CCSols	Centre de compétences sur les sols
CE	Comité d'experts
CP	Comité de projet
DP	Direction du projet (de révision)
EPFZ	École polytechnique fédérale de Zurich
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 KLABS	Groupe de travail Classification et nomenclature de la SSP
KA	Manuel de cartographie : Cartographie et estimation des sols agricoles, Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Zürich-Reckenholz (FAL), Zurich Reckenholz
KA5	Deutsche Bodenkundliche Kartieranleitung der Ad-Hoc-AG-Boden, 5 ^e édition (manuel allemand de cartographie)

KA6	Deutsche Bodenkundliche Kartieranleitung der Ad-Hoc-AG-Boden, 6 ^e édition, en préparation (manuel allemand de cartographie)
KLABS	Classification des sols de Suisse
LT	Lot de tâches
NABODAT	Système national d'information pédologique (géré par le Centre de services NABODAT)
NABODATv4	Fichier national de données pédologiques, Version 4
NABODATv4+	Fichier national de données pédologiques, Version 4, élargi avec certaines données d'autres sources pour l'analyse des données dans le projet de révision.
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
rKLABS	Révision de la Classification des sols de Suisse (Résultat de la révision)
rKLABS-Doc	Documentation des modifications pour la révision de la Classification des sols de Suisse
RP	Référentiel pédologique
SDA	Surfaces d'assolement
SSP	Société suisse de pédologie
TYPsol	Type de sol
WRB	World Reference Base

Suivi des versions

Version	Date	Description	Auteur-e
1.0	31.07.2019	Création du document	A. Schmidhauser (AS)
1.1	17.12.19	Révision	AS
1.2	19.12.19	Révision	AS
1.3	06.01.2020	Traité et approfondi les contributions de JP	AS
1.4	13.01.2020	Compléments	AS
1.5	14.01.2020	Compléments	AS
1.6	16.01.2020	Contribution/commentaires de D. Marugg (DAM), JP	AS
2.0	11.02.2020	Intégré les commentaires reçus des expert-e-s	AS, JP

2.1	05.03.2020	Intégré les modifications de JP	AS, JP
2.2	09.03.2020	Révisé les modifications de JP, intégré les annexes, rédigé le chapitre 4	AS
2.3	12.03.2020	Intégré les contributions/commentaires d'Armin Keller, et adapté selon les commentaires de E. Bräm et de DAM	AS
3.0	29.04.2020	Intégré l'avis du CE	AS, JP
3.1	14.05.2020	Intégré l'avis du CP	AS
	Juillet	Traduction en français	B. Durindel, S. Cuennet
	Juillet- Décembre 2020	Révision de la version française	C. Fischer, E. Carrera
	Janvier 2021	Finalisation de la version française	D. Marugg

Bibliographie

- Ad-hoc Arbeitsgruppe Boden, Sponagel H, Grottenthaler W, Hartmann K-J, Hartwich R, Janetzko P, Joisten H, Kühn D, Sabel K-J, Traidl R, 2005. Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage KA5. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- AFES, 2008. Référentiel pédologique 2008 ([Nouv. éd. rev. et augm.]). Quae, Versailles, 405 S.
- Albrecht C, Jahn R, Huwe B, 2005a. Bodensystematik und Bodenklassifikation Teil I: Grundbegriffe. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168 (1), 7–20. Abgerufen am 02.09.2019.
- Albrecht C, Jahn R, Huwe B, 2005b. Bodensystematik und Bodenklassifikation Teil II: Zur Situation in der deutschen Bodenkunde. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168 (2), 157–168. Abgerufen am 02.09.2019.
- Blaser P, Zimmermann S, Luster J, Walthert L, Lüscher P, 2005. Waldböden der Schweiz. Band 2. Regionen Alpen und Alpensüdseite. Eidg. Forschungsanstalt WSL and Hep Verlag, Birmensdorf and Bern.
- Burgos S, Kellermann LA, 2019. Detailanalyse für die Umsetzung der Revision der Bodenklassifikation der Schweiz, unveröffentlicht. BFH-HAFL, 25 S.
- Gobat J-M, Guenat C, 2019. Sols et paysages. Types de sols, fonctions et usages en europe moyenne (première édition). Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Marugg D, Schmidhauser AS, 2019. Umsetzungskonzept zum Hauptprojekt der Revision der Bodenklassifikation und der Bodenkartieranleitung der Schweiz. Erster Zwischenbericht zu Handen von Projektausschuss und Projektauftraggeber (BAFU), unveröffentlicht, Zollikofen, 26 S.
- Müller M, 2019a. Klassifikation der Böden der Schweiz - werden die Stufen 3 und 4 des hierarchischen Systems gebraucht? Diskussion, unveröffentlicht, 5 S.
- Müller M, 2019b. Vergleich der ursprünglichen Klassifikation von Pallmann mit der heute verwendeten Klassifikation der Böden der Schweiz, unveröffentlicht, 13 S.
- Nievergelt J, Petrusek M, Weisskopf P, 2002. Bodengefüge Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln, unveröffentlicht. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL, Zürich.
- Nievergelt J, Petrusek M, Weisskopf P, 2004. Observer et évaluer la structure du sol. Les cahiers de la FAL 50, 92 S.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd edition, Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook, 436 S.
- SSP / BGS, 1996. Clé des sols de Suisse. Abgerufen am 23.03.2020, <http://www.soil.ch/cms/fileadmin/Medien/klass/cle.pdf>

- SSP / BGS, 2010. Classification des sols de Suisse. Examen du profil, système de classification, définition des termes, exemples d'utilisation, Société Suisse de Pédologie. Bureau de gestion. c/o Umwelt und Energie Kanton Luzern. Libellenrain 15. Postfach 3439. 6002 Luzern, 97 S.
- Walthert L, Zimmermann S, Blaser P, Luster J, Lüscher P, 2004. Waldböden der Schweiz. Band 1. Grundlagen und Region Jura. Eidg. Forschungsanstalt WSL and Hep Verlag, Birmensdorf and Bern.
- Weisskopf P, Zihlmann U, 2017. Vorprojekt Revision der Klassifikation der Böden der Schweiz (KLABS) und der Bodenkartierungsanleitung (KA), unveröffentlicht. Agroscope, FG Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Zürich, 59 S.
- WRB IWG, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, unveröffentlicht. Food and Agriculture Organization, Rome, 203 S.
- Zimmermann S, Luster J, Blaser P, Walthert L, 2006. Waldböden der Schweiz. Band 3. Mittelland und Voralpen. Eidg. Forschungsanstalt WSL and Hep Verlag.
- Zürcher M, Bader C, 2018. Analyse Handlungsbedarf für die Revision der KLABS. Revision der Klassifikation der Böden der Schweiz (KLABS) und der Kartieranleitung, unveröffentlicht. creato - Genossenschaft für kreative Umweltplanung, 117 S.

5 Annexe

5.1 Compléments au chapitre 2.2

Explications complémentaires concernant l'histoire de la « Classification des sols de Suisse »

Extrait de la préface à la première édition (1992) de la Classification des sols de Suisse²⁷ (légèrement adapté) :

Le système de classification des sols est basé sur un concept initial formulé par Hans Pallmann et ses collaborateurs à l'EPFZ dans les années 1940 et publié en 1948. Dès 1945, la station de recherche de Reckenholz (appelée Station d'essais de Zürich-Oerlikon jusqu'en 1967, puis Station fédérale de recherches agronomiques de Zürich-Reckenholz [FAP] et actuellement Agroscope Reckenholz) a utilisé cette classification pour décrire les profils pédologiques.

Les travaux de vulgarisation pédologique de la FAP rendirent ensuite nécessaire un perfectionnement du système. À la création du service de cartographie des sols (1958), un système de classification des sols à but pratique était disponible, qui fut publié en 1963, en même temps que la première carte des sols du service. Jusqu'en 1975, l'accroissement du nombre d'expertises pédologiques justifia plusieurs compléments apportés à la classification initiale et aux recommandations pour la cartographie des sols. La FAP mit ensuite son système de classification, utilisé jusqu'alors exclusivement à l'interne, à la disposition des spécialistes intéressés.

Dès les années 1980, les préoccupations croissantes concernant la protection du sol renforcèrent le besoin d'une collaboration accrue entre tous les cartographes et les utilisateurs de cartes de sols. Le GT KLABS de la SSP s'est penché dès sa création (1977) sur les clarifications de certains aspects de la systématique des sols, par exemple la définition des symboles des horizons pédologiques. Il s'agissait pour lui de reprendre la classification FAP tout en lui apportant les compléments nécessaires et une présentation accessible au public moins initié. La première publication de la classification en 1992 a permis d'atteindre ce but.

Extrait de la préface à la deuxième édition (2002)²⁸ de la Classification des sols de Suisse (légèrement adapté) :

Faciliter l'accès des milieux intéressés aux principes de classification des sols suisses, tel est le but des modifications introduites par rapport à la première version. Les textes ont été revus aux plans de la lisibilité, de la compréhension et de la cohésion interne, ce qui a parfois entraîné des modifications dans l'articulation des rubriques. Le message général de la première édition reste intact, seuls des compléments conceptuels et méthodologiques ont été ajoutés.

Dans l'attente d'une nouvelle édition, plus complète et rénovée en profondeur, cette deuxième édition met dans les mains des acteurs de la recherche, de l'enseignement et de l'application les bases actualisées d'une classification correcte des sols.

Extrait de la préface de la troisième édition (2010) de la Classification des sols de Suisse (légèrement adapté) :

Le groupe de travail « Classification et nomenclature » de la Société suisse de pédologie (SSP) a dès 2004 entrepris la révision de sa Classification des sols de Suisse. Dans une première étape, qui a débouché sur la troisième édition²⁹, de nombreuses précisions ont été apportées. Celles-ci sont le fruit des expériences pratiques récoltées durant les travaux de cartographie et de protection des sols. L'expérience pratique a montré que la précédente édition en langue allemande était peu utilisée en

²⁷ Première édition de 1992, élaborée par K. Peyer et E. Frei dans le cadre du GT KLABS de la SSP ; avec des contributions de L. F. Bonnard, P. Fitze, M. Gratier, S. Juchler, P. Lüscher, M. Müller, J. Presler (président du GT), M. Schneebeli et H. Sticher.

²⁸ Deuxième édition corrigée de 2002, élaborée par H. Brunner, J. Nievergelt, K. Peyer, P. Weisskopf et U. Zihlmann ; avec des remarques du GT KLABS de la SSP.

²⁹ Troisième édition corrigée de 2010, élaborée par le GT KLABS de la SSP ; avec des contributions de H. Brunner, H. Conradin, U. Gasser, A. Kayser, P. Lüscher, R. Meuli, M. Müller, J. Nievergelt, A. Pazeller, K. Peyer, J. Presler, P. Weisskopf, M. Zürcher. Traduction française de J.-A. Neyroud avec le soutien de M. Gratier. Traduction italienne de M. Rossi et G. Jelmini.

dehors du bassin linguistique germanophone. C'est pourquoi la troisième édition est également offerte en langues française et italienne.

La préface allemande mentionne par ailleurs que cette troisième édition trilingue sert de fondement à la révision de la Classification des sols de Suisse³⁰, une tâche d'envergure nationale qui doit être menée dans le cadre d'une collaboration faisant fi des frontières linguistiques.

³⁰ Le présent guide fait référence à cette troisième édition sous le terme « actuelle Classification des sols de Suisse » (aKLABS).

5.2 Compléments au chapitre 2.4

Explications complémentaires concernant l'applicabilité de l'aKLABS

Bien que la partie hiérarchique constitue le véritable outil de classification de l'aKLABS, elle n'est guère utilisée directement dans la pratique pédologique. L'exemple qui suit – qui concerne un sol de **type 6356** (Sol brun-Gley) – met en évidence les divergences entre la méthode de classification théorique et l'approche pratique sur le terrain. Les divers critères de classification figurent en bleu. Les questions auxquelles il faut répondre sur le terrain ainsi que la démarche nécessaire à cet effet montrent clairement que dans la pratique – malgré les quatre niveaux hiérarchiques du système KLABS – il est inévitable d'adopter une approche de bas en haut pour classer les sols selon leur type.

Niveau I = Classe (régime hydrique) : classe 6 (sols à nappe permanente de bas-fond ou de pente)³¹

Sols à nappe permanente de bas-fond ou de pente : des *écoulements périodiques ou permanents d'eau* créent une nappe de fond ou un flux latéral qui s'infiltré dans le sol en remontant. Il en résulte une ascension capillaire dans le profil et une *saturation par l'eau au niveau correspondant*. Dans les *sols très peu perméables*, les seules précipitations suffisent à conférer au sol un état de *saturation permanente* lorsqu'elles dépassent nettement l'*évapotranspiration* et qu'aucun écoulement latéral n'est possible.

Question : Quelle doit être l'humidité d'un sol pour qu'il puisse être classé parmi les sols à nappe permanente de bas-fond ou de pente ?

Réponse : La définition ci-dessus ne répond pas à cette question. Le pédologue doit tout d'abord enregistrer les différents horizons et y décrire l'engorgement (fréquence, durée, horizons affectés, ...). Ce n'est qu'à l'aide de ces informations qu'il peut déterminer le type et le sous-type de sol. Dans notre exemple, il doit s'agir au moins du sous-type G4 pour que le critère du niveau 1 pour la classe 6 soit rempli (G4 : *engorgement massif*³² dès 40 cm de profondeur, typique de l'intergrade Sol brun-Gley).

Niveau II = Ordre (constituants principaux du sol) : ordre 3 (minéraux secondaires, reliques rocheuses et matière organique)⁵

Minéraux secondaires, reliques rocheuses et matière organique dominants : sols pierreux, humifères et à minéraux secondaires. *Fraction argileuse > 5 % de la terre fine*, présence occasionnelle d'oxydes de Fe, Al et Mn et de carbonate de calcium secondaire.

Question : À quelles zones ou quels horizons pédologiques les critères se rapportent-ils ?

Réponse : La définition ci-dessus ne fournit aucune réponse claire en la matière aux pédologues travaillant sur le terrain.

Remarque : Si les critères ne se rapportent pas à une zone de sol déterminée, on ne doit procéder au niveau 2 à aucun relevé par horizon.

Niveau III = Famille (paramètres chimiques et minéralogiques déterminants du sol [processus]) : famille 5 (argile et oxydes de fer)⁵

Formation de *complexes* d'argile et d'oxydes de fer : minéraux argileux *liés* aux oxydes de Fe, coloration brune typique. Dans certains cas, coloration rouge-brun marquée par enrichissement accru en oxydes de Fe (rubéfaction).

Question : À quel horizon cette description se rapporte-t-elle et de quelles couleurs est-il question exactement ?

Réponse : L'horizon visé n'est pas défini clairement et aucun critère quantitatif n'est proposé.

³¹ Les descriptions des niveaux et des sous-type sont reprises mot pour mot de l'aKLABS, excepté pour les *italiques*, qui sont des auteurs du présent guide.

³² Le terme « engorgement massif » n'est toutefois pas défini de manière explicite dans la classification.

Remarque : La méthode de classification part de l'idée que le *Sol brun-Gley* est un « sol à nappe permanente de bas-fond ». Dans la pratique, cependant, seules les caractéristiques d'engorgement sont prises en compte, et non le degré d'altération du sol brun.

Niveau IV = Type (paramètres chimiques du percolat) : type 6 (formes réduites de fer et de manganèse)⁵

Formes réduites de fer et de manganèse : courts déplacements latéraux (Gley) ou verticaux (Pseudogley) de composés solubles de fer et de manganèse qui s'accumulent localement (Gley réduit) ou *précipitent sous forme oxydée (Gley oxydé)*.

Notons qu'aucun critère quantitatif ni horizon de référence n'est précisé.

Notons que les indications concernant les directions de déplacement des composés réduits peuvent induire en erreur. En outre, pour la classe 6, seuls sont mentionnés le Gley réduit et le Gley oxydé, mais pas le Sol brun-Gley décrit ici.

L'exemple présenté ci-dessus montre que la classification au niveau 1 nécessite déjà des données issues de relevés détaillés pour les divers horizons pédologiques, mais elle met aussi en évidence le fait que les critères définis aux niveaux 2, 3 et 4 suivent certes l'approche logique retenue, mais ne sont pas vraiment opérationnalisables. La pratique actuelle ne respecte donc pas toujours les exigences conceptuelles de l'aKLABS. Ainsi, alors que cette dernière classe le Sol brun-Gley parmi les sols bruns à nappe permanente de bas-fond, on considère ce sol dans la pratique comme le Gley le moins engorgé.

L'approche de classification de l'aKLABS peut être illustrée à l'aide des codes des types de sols :

Sol brun :	1352
Sol brun-Gley :	6356
Gley oxydé :	6376
Gley réduit :	6386

Au niveau 2 de la classification, il n'y a pas de différence entre ces types de sols. Au niveau 3, le Sol brun et le Sol brun-Gley sont identiques. Quant aux Gleys, ils ne se distinguent l'un de l'autre qu'au niveau 3 de la classification.

5.3 Compléments au chapitre 3.2

Explications complémentaires concernant les principes du concept de classification rKLABS

Changements conceptuels induits dans la rKLABS par rapport à l'aKLABS :

Niveaux I à IV (classe, ordre, famille, type) : ils sont remplacés par les types de sols, en se fondant sur les horizons caractéristiques. La structure hiérarchique de l'aKLABS n'apparaîtra plus explicitement dans la rKLABS. Cependant, afin de garantir la plus grande rétrocompatibilité possible avec l'ancienne classification, les facteurs et processus pédogénétiques qu'elle utilise seront conservés dans la rKLABS (le cas échéant, sous une forme étendue). Les nombreux critères utilisés dans l'aKLABS pour l'attribution des sols aux quatre niveaux de classification serviront de base – lorsque cela s'avère judicieux après un examen attentif – à la définition de critères de classification pour les types, sous-types et horizons pédologiques. À lui seul, ce changement conceptuel, qui peut paraître important à première vue, n'influence guère la rétrocompatibilité entre les deux classifications. Comme aujourd'hui toutes les données sont en format numérique, les sols peuvent toujours être assez facilement regroupés selon leur régime hydrique (niveau I, classe) ou leurs constituants principaux (niveau II, ordre). Lorsque cela est judicieux, les critères de regroupement au niveau III (famille, paramètres chimiques et minéralogiques déterminants du sol) et au niveau IV (type, paramètres chimiques du percolat) seront directement intégrés dans la révision de la définition des horizons pédologiques.

Niveau V (Sous-type) : les sous-types seront maintenus.

Niveau VI (Forme) : les interprétations préliminaires portant par exemple sur la profondeur utile sont reprises en tant que sous-types dans la rKLABS. Les propriétés pédologiques (pierrosité, texture) sont couvertes avec le « jeu de données de classification ». Le niveau VI (forme) n'est plus nécessaire et disparaît donc dans la rKLABS.

Niveau VII (Forme locale) : comme la forme (niveau VI), la forme locale va disparaître avec la nouvelle classification. Les facteurs stationnels sont couverts grâce au « jeu de données de classification » et au « jeu de données de la station et du profil », qui peuvent ensuite être combinés à volonté.

Remarque concernant la compatibilité entre l'aKLABS et la rKLABS

Dans l'analyse du besoin de réviser Zürrer und Bader 2018, les auteurs ont proposé comme première étape de mettre au net les définitions des niveaux hiérarchiques et d'élaborer un glossaire de base (dans lequel serait défini non seulement le sol en tant qu'objet de la classification, mais aussi d'autres termes, comme « brunifié », par exemple). Comme l'accent de la révision a maintenant été placé sur la définition des critères de classification des horizons, des types et sous-types de sols, la mise au net des quatre niveaux du système hiérarchique (avec ses innombrables problèmes à résoudre, voir (ibid.)) n'est plus à l'ordre du jour. Toutefois, comme ces quatre niveaux seront utilisés lors de la révision comme référence indicative pour la définition des horizons (les critères seront examinés et évalués), ils seront dans les faits révisés lorsque cela s'avèrera nécessaire et judicieux. Et l'analyse des données montrera si les sols et horizons sont aujourd'hui effectivement groupés conformément aux critères des divers niveaux.

5.4 Cahiers des charges succincts pour les lots de tâches du Module A



Cahiers des charges succincts pour les lots de tâches du Module A

Révision KLABS/KA, guide pour la rKLABS

Anina Schmidhauser, Jiri Presler

Version 3.1 du 14 mai 2020

Haute école spécialisée bernoise

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

Division Agronomie, Révision KLABS/KA

Table des matières

1. Introduction	4
2. Vue d'ensemble des lots de tâches	4
3. Gestion de projet	6
4. Instructions pour la documentation des modifications apportées dans le cadre de la révision (rKLABS-Doc)	6
5. Lot de tâches LT1 : Guide	8
6. Lot de tâches LT2 : Analyse de données pour les horizons et les types (voire sous-types) de sols	8
6.1 Lot de tâches LT2.1 : Acquisition et préparation des données (NABODATv4+)	8
6.2 Lot de tâches LT2.2 : Notices sur les types de sols (notices TYPSoL)	8
7. Lot de tâches LT3 : Régime hydrique	11
7.1 Lot de tâches LT3.1 : Bases sur le régime hydrique	14
7.2 Lot de tâches LT3.2 : Méthodes de terrain pour étudier le régime hydrique (test méthodologique)	16
7.3 Lot de tâches LT3.3 : Synthèse sur le régime hydrique	17
8. Lot de tâches LT4 : Matériau parental	18
8.1 Lot de tâches LT4.1 : Matériaux parentaux naturels : caractérisation, systématique, définition	18
8.2 Lot de tâches LT4.2 : Cercle d'experts « matériau parental »	19
9. Lot de tâches LT5 : Masse volumique apparente	21
9.1 Lot de tâches LT5.2 : Méthodes de terrain pour mesurer la masse volumique du sol (développement et test méthodologique)	22
9.2 Lot de travail LT5.3 : Synthèse concernant la masse volumique	24
10. LT6 : Hétérogénéité du sol	25
11. Lot de tâches LT7 : Révision des horizons, types de sols et sous-types de sols ; relevé des données	27
11.1 Lot de tâches LT7.1 : Anthrosols et technosols : horizons, types de sols et sous-types de sols, matériaux parentaux	27
11.1.1 Lot de tâches LT7.1.a : Bases de l'anthropocité et de la technogénéité, incorporation dans la rKLABS	29
11.1.2 Lot de tâches LT7.1.b : Rédaction de définitions des anthrosols et des technosols pour la rKLABS, et finalisation de la liste des matériaux parentaux	30
11.1.3 Lot de tâches LT7.2 : Sols naturels : horizons, types et sous-types de sols (suite du travail sur les notices TYPSoL)	31
11.2 Lot de tâches LT7.3 : Formes d'humus	34
11.3 Lot de tâches LT7.4 : Profondeur utile pour les plantes	37
11.3.1 Lot de travail LT7.4a : Atelier avec des institutions spécialisées	37
11.3.2 Lot de tâches LT7.4b : Recherche bibliographique sur l'aptitude des plantes à s'enraciner	37
11.3.3 Lot de tâches LT7.4c : Cercle d'experts / atelier profondeur utile	37

11.3.4 Lot de tâches 7.4d : Élaborer un sous-type pour la profondeur utile	38
11.4 Lot de tâches LT7.5 : Jeu de données de classification, relevé et classement des données	39
11.4.1 Lot de tâches LT7.5a : Volume des jeux de données de base et de classification	40
11.4.2 Lot de tâches LT7.5b : Relevé de données (classement des données et méthodes de terrain), jeu de données de classification	40
11.4.3 Lot de tâches LT7.5c : Structure	42
11.5 Lot de tâches LT7.6 : Jeu de données de base, relevé et classement des données	43
11.6 Lot de tâches LT7.7 : Sols de référence rKLABS	44
12. Lot de tâches LT8 : Méthodes de laboratoire	47
13. Lot de tâches LT9 : Synthèse et rédaction	48
14. Liste des illustrations	49
15. Liste des tableaux	49
16. Liste des abréviations	49
Bibliographie	50

1. Introduction

Dans les chapitres qui suivent, les lots de tâches du Module A de la révision KLABS sont décrits sous la forme de cahiers des charges succincts. Pour chaque lot, on tiendra compte non seulement de la description faite dans le cahier des charges concerné, mais également des chapitres et annexes correspondants de l'analyse établie en 2018 (Zürcher et Bader 2018).

2. Vue d'ensemble des lots de tâches

Tableau 1 : Vue d'ensemble des lots de tâches du Module A.

Lot de tâches
LT1 Guide
LT2 Analyse de données pour les horizons et types (voire sous-types) de sols <ul style="list-style-type: none">• <i>LT2.1 Acquisition et préparation des données</i>• <i>LT2.2 Analyse de données pour les notices sur les types de sols</i>
LT3 Régime hydrique <ul style="list-style-type: none">• <i>LT3.1 Bases sur le régime hydrique</i>• <i>LT3.2 Méthodes de terrain pour étudier le régime hydrique</i>• <i>LT3.3 Synthèse sur le régime hydrique</i>
LT4 Matériau parental <ul style="list-style-type: none">• <i>LT4.1 Matériaux parentaux naturels : caractérisation, systématique, définition</i>• <i>LT4.2 Cercle d'experts Matériau parental</i>
LT5 Masse volumique apparente <ul style="list-style-type: none">• <i>LT5.1 Bases et méthodes de terrain</i>• <i>LT5.2 Synthèse</i>
LT6 Hétérogénéité du sol
LT7 Révision des horizons, types et sous-types de sols ; relevé des données <ul style="list-style-type: none">• <i>LT7.1 Anthrosols et technosols : horizons, types et sous-types de sols, matériaux parentaux</i><ul style="list-style-type: none">○ <i>LT7.1.a Bases de l'anthropocité et de la technogénéité, incorporation dans la rKLABS</i>○ <i>LT7.1.b Rédaction de définitions des anthrosols et des technosols pour la rKLABS et finalisation de la liste des matériaux parentaux</i>• <i>LT7.2 Sols naturels : horizons, types et sous-types de sols</i>• <i>LT7.3 Formes d'humus</i>• <i>LT7.4 Profondeur utile pour les plantes</i><ul style="list-style-type: none">○ <i>LT7.4a Atelier avec des institutions spécialisées</i>○ <i>LT7.4b Recherche bibliographique sur l'aptitude des plantes à s'enraciner</i>○ <i>LT7.4c Cercle d'experts / atelier profondeur utile</i>○ <i>LT7.4d Élaboration d'un sous-type pour la profondeur utile</i>• <i>LT7.5 Jeu de données de classification, relevé et classement des données</i><ul style="list-style-type: none">○ <i>LT7.5a : Volume des jeux de données de base et de classification</i>○ <i>LT7.5b : Relevé de données (classement des données et méthodes de terrain) pour le jeu de données de classification</i>○ <i>LT7.5c : Structure</i>• <i>LT7.6 Jeu de données de base, relevé et classement des données</i>• <i>LT7.7 Sols de référence rKLABS</i>
LT8 Méthodes de laboratoire
LT9 Synthèse et rédaction

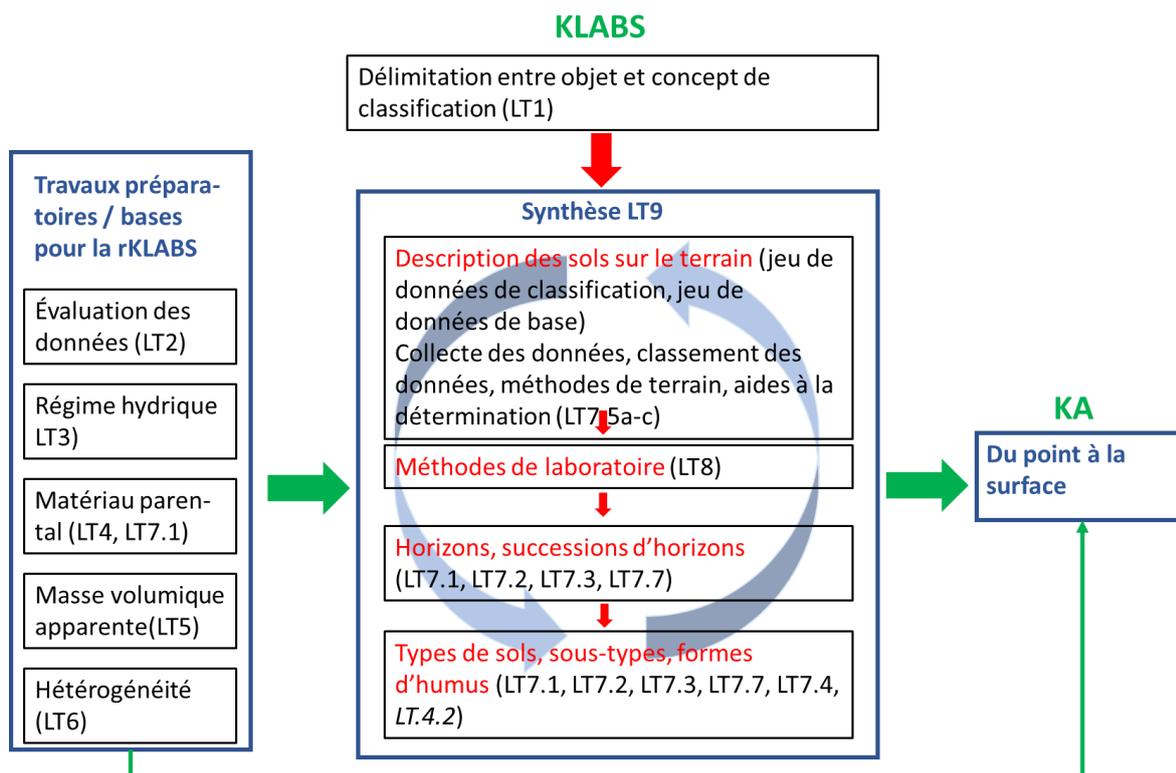
Coordination par la direction de projet

La direction de projet (DP) assume la coordination, le pilotage et l'harmonisation des lots de tâches. Avec le soutien de l'équipe de projet restreinte et, au besoin, d'autres spécialistes, elle décide comment intégrer les résultats obtenus pour les divers lots dans la révision¹ ainsi que dans les étapes ultérieures du processus. Dans les descriptions ci-après, la DP n'est pas mentionnée nommément dans chaque lot de tâches, mais il est évident qu'elle est à chaque fois fortement impliquée.

Interactions entre les lots de tâches

Les interactions entre les différents lots de tâches sont représentées dans la figure ci-après. La formulation de la rKLABS suppose d'autres travaux préparatoires, en sus du présent guide. Ces travaux (bloc de gauche dans la figure) consistent à mettre à jour les bases de connaissances de certaines thématiques pour la rKLABS, p. ex. le thème « genre et degré d'hydromorphie² » (régime hydrique), les matériaux parentaux, ou l'analyse de données sur la pratique de classification et sur la caractérisation des types de sols en Suisse. Certains travaux préparatoires ont également un lien direct avec la révision du Manuel de cartographie (Brunner et al. 1997).

Le bloc du milieu englobe la révision de la KLABS proprement dite. Il règle le relevé des données sur le terrain (méthodes de terrain estimatives et quantitatives³) et leur classement (y compris les guides de détermination), les méthodes de laboratoire, la description des horizons et successions d'horizons, et la classification des types et sous-types de sols. Les sols de référence rKLABS (LT7.7) sont aussi directement intégrés dans la classification révisée.



¹ Certains lots de tâches parviendront probablement à des résultats et des conclusions en partie contradictoires.

² NdT : « Vernässungsart und Vernässungsgrad » est traduit par « genre et degré d'hydromorphie » dans le Manuel de cartographie (KA), tandis que dans l'aKLABS, « engorgement » est plus souvent utilisé pour la notion de « Wassersättigung » ou de « Vernässung ». Comme les intitulés des lots de tâches se réfèrent au Manuel de cartographie, nous y avons provisoirement conservé sa terminologie.

³ NdT : ces termes sont définis au chapitre Lot de tâches LT7.5 : Jeu de données de classification, relevé et classement des données 11.4

Figure 1. Interdépendances et interactions entre lots de tâches du Module A

3. Gestion de projet

La planification doit être aussi flexible que possible, de manière à pouvoir intégrer en permanence les conclusions obtenues et les possibilités d'amélioration mises en évidence dans le cadre des lots de tâches. Le calendrier dépendra fortement des capacités des mandataires.

Pour l'instant, on ne peut esquisser que le cadre général pour les divers lots. Les détails de la mise en œuvre ne seront affinés et fixés qu'après l'attribution de ceux-ci. La DP les intégrera au fur et à mesure dans sa planification.

4. Instructions pour la documentation des modifications apportées dans le cadre de la révision (rKLABS-Doc)

Afin d'assurer la traçabilité, tant des règles existantes examinées que des nouvelles règles adoptées au cours de la révision de la KLABS, les propositions et décisions à ce sujet doivent faire l'objet d'une **documentation** uniforme. Dans chaque lot de tâches, la documentation des problématiques spécifiques suit le schéma de documentation ci-dessous : situation qui prévaut actuellement dans l'aKLABS, solution proposée pour la rKLABS et évaluation de la compatibilité de cette solution avec l'aKLABS et la WRB. Un tableau synthétique de la documentation renverra à tous les documents importants ainsi qu'aux « sols de référence ».

Tableau 2. Schéma de documentation à respecter pour les modifications apportées pendant la révision de la KLABS.

N°	Sujet de documentation	Contenu
1	Situation aKLABS	Mise en évidence de la situation actuelle (joindre les définitions ou les tableaux tirés de l'aKLABS), renvois aux chapitres ou pages de l'aKLABS ou aux documents qui s'y rapportent.
2	Interventions nécessaires	Présenter les problématiques qui se rapportent au thème concerné, en partant par exemple des travaux préalables à la révision de la KLABS (ibid.; Burgos et Kellermann 2019). Procéder de la manière la plus complète et globale possible.
3	Solution proposée	Décrire la solution proposée de la manière la plus exhaustive possible (ne pas traiter seulement certaines parties d'un thème) et la motiver (par souci de traçabilité, il faut également la motiver si elle n'implique aucun changement). Les tableaux, définitions et autres doivent être fournis sous une forme « prête à l'impression ».
4	Évaluation de la rétrocompatibilité	On présentera ici d'éventuels conflits avec l'aKLABS et discutera si ceux-ci peuvent être résolus ou non. Il y a quatre catégories de compatibilité, décrites ci-dessous. Il faut également indiquer quels autres paramètres ou définitions sont affectés par un changement. La solution doit être classée dans l'une des catégories suivantes : 1) <u>Non rétrocompatible</u> : ne sont pas compatibles les adaptations qui : a) modifient des critères de classification ou de définition <i>ou</i> b) déplacent des limites de classes ou des limites de définitions. 2) <u>En partie rétrocompatible</u> : seules des parties de la proposition sont compatibles OU, si la modification de la limite de classe porte sur des valeurs

N°	Sujet de documentation	Contenu
		<p>discrètes (p. ex. l'estimation de la texture en %), il faut comme la considérer comme « En partie rétrocompatible »).</p> <p>3) <u>Rétrocompatible</u> : les adaptations sont rétrocompatibles si :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) elles ne modifient pas les critères de classification ou de définition <i>ou</i> b) elles ne déplacent pas de limites de classe ou de définition, mais ne font que créer de nouvelles sous-catégories, <i>ou</i> c) une définition est uniquement précisée, mais les critères ne sont pas modifiés. <p>4) <u>Non comparable</u> : certains critères n'existaient pas auparavant ou n'étaient définis que de manière imprécise, si bien qu'aucune comparaison n'est possible.</p>
5	Évaluation de la compatibilité au plan international (WRB)	<p>Ce sujet porte sur la compatibilité avec la WRB : brève présentation de la solution retenue dans la WRB, évaluation de la compatibilité de la solution rKLABS avec la WRB, selon les catégories 1 à 4 ci-dessous :</p> <p>1) <u>Non compatible</u> : ne sont pas compatibles les adaptations qui :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) définissent autrement des critères de classification ou de définition <i>ou</i> b) déplacent ou déterminent autrement des limites de classe ou des valeurs de classification. <p>2) <u>En partie compatible</u> : seules des parties de la proposition sont compatibles OU, si on est en présence de valeurs discrètes (par exemple une estimation de la texture en pour-cent), chaque modification d'une « limite de classe » est en principe « compatible » (mentionner sous « En partie compatible »).</p> <p>3) <u>Compatible</u> : les adaptations sont compatibles si :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) les critères de classification et de définition sont identiques <i>et</i> b) les limites de classe ou de définition sont identiques ou correspondent à un sous-ensemble de celles-ci. <p>4) <u>Non comparable</u> : les systèmes ne sont pas comparables, si bien que la compatibilité ne peut être évaluée.</p>
6	Renvoi aux documents pertinents pour la révision (rKLABS-Doc)	<p>Cette partie énumère les documents importants du projet de révision qui sont en lien avec la solution proposée (indication des sources, par exemple procès-verbaux, décisions, entretiens, analyses de données, etc.).</p>
7	Renvoi aux sols de référence	<p>S'ils existent, on renverra à des sols de référence (avec description du profil et photographie en annexe). S'il n'y a pas encore de sol de référence pour cette problématique, on expliquera quelles exigences le sol de référence doit remplir pour documenter la problématique ou la solution proposée.</p>

5. Lot de tâches LT1 : Guide

Ne fait plus ici l'objet d'explications supplémentaires.

6. Lot de tâches LT2 : Analyse de données pour les horizons et les types (voire sous-types) de sols

6.1 Lot de tâches LT2.1 : Acquisition et préparation des données (NABODATv4+)

L'acquisition et la préparation des données seront entièrement assumées par l'équipe NABODAT / le CCSols.

Différents jeux de données de profils pédologiques doivent être obtenus et, le cas échéant, préparés pour les analyses de données décrites dans les lots de tâches présentés plus bas :

- NABODAT Version 4 : on utilisera en premier lieu les données du Fichier de données pédologiques national. On en est actuellement à la troisième version du Fichier. Une quatrième version sensiblement élargie sera publiée d'ici à l'été 2020. L'acquisition des données s'effectue entièrement par l'intermédiaire de l'équipe NABODAT.
- Données de profils pédologiques cantonales ou nationales qui ne sont pas incluses dans la version 4 de NABODAT : les données qui ne seront pas disponibles dans la quatrième version du Fichier de données pédologiques national doivent être obtenues et préparées séparément. Ce travail est également assumé par l'équipe NABODAT.
- Données de profils pédologiques de hautes écoles et d'établissements de recherche : on recourt à d'autres jeux de données de profils pédologiques pour certaines analyses afin que les données soient pertinentes et représentent au mieux l'ensemble de la Suisse.

Produit attendu : jeu de données pertinent pour l'analyse des données.

6.2 Lot de tâches LT2.2 : Notices sur les types de sols (notices TYPSoL)

Analyse et interprétation des données pour les horizons et les types de sols (et dans certains cas pour les sous-types)

Introduction

Pour ce lot de tâches, on regroupe dans un premier temps les définitions et critères de classification qui existent pour les horizons et les types de sols dans l'aKLABS (BGS 2010), dans la clé de détermination de la SSP (BGS 1996), ainsi que dans le manuel de cartographie de la FAL (Brunner et al. 1997b), afin de formuler pour chaque type de sol des buts d'évaluation spécifiques aux divers horizons et types de sols pour chaque type de sol (Notice sur les types de sols). Les analyses de données de profils pédologiques et leur interprétation ont d'une part pour but d'étudier la pratique de classification (celle-ci ne peut toutefois être examinée qu'avec des critères clairement définis). D'autre part, il s'agit d'identifier, de mieux décrire et de distinguer les propriétés et critères de classification pour les divers horizons et types de sols (ainsi que pour des sous-types se rapportant à des types de sols spécifiques).

Les sous-types sont révisés en se essentiellement fondant sur les définitions disponibles dans le LT7.2. Il n'est pas prévu de procéder à des analyses de données étendues pour les sous-types. Si nécessaire, cet aspect peut encore être traité plus tard au cas par cas.

Procédure

1. Séance de démarrage avec l'équipe de projet

A déjà eu lieu avec certains membres de l'équipe ; des séances avec d'autres membres suivront.

2. Compilation des notices sur les types de sols, définition des objectifs de l'analyse

Travail réalisé par l'équipe de projet restreinte.

Pour tous les types de sols définis dans l'aKLABS et leurs horizons caractéristiques, on réunit les critères de classification existants et on formule des objectifs d'analyse.

L'examen porte sur les critères de classification des types de sols et des horizons (et dans certains cas aussi les sous-types) qui figurent dans la partie hiérarchique (chapitre 4) et au chapitre 7 de l'aKLABS (BGS 2010), ainsi que dans la clé de détermination de la SSP (BGS 1996) et le Manuel de cartographie (Brunner 1997a).

Définition des objectifs de l'analyse :

L'analyse poursuit principalement deux objectifs : il s'agit d'une part de caractériser de manière globale chaque horizon / type de sol / sous-type (ensemble des propriétés) et d'autre part d'examiner la pratique de classification au niveau de l'horizon et du type de sol (et du sous-type dans certains cas).

Pour cela, on définit des objectifs d'analyse spécifiques (au sol et à l'horizon) en se fondant sur les critères de classification réunis et sur les questions formulées dans l'analyse de Zürrer et Bader (Zürrer et Bader 2018).

Produits attendus : **notices sur les types de sols (notices TYPsol).**

Pour chaque type de sol, une notice contenant :

- des critères de classification pour le type de sol ;
- des critères de classification pour les horizons caractéristiques ;
- en fonction des cas, également des critères de classification pour les sous-types associés ;
- la définition des buts d'évaluation.

3. Entretien intermédiaire avec la DP

Produit attendu : procès-verbal.

4. Analyse de données pour les notices TYPsol

Ce travail est effectué par le CCSols.

Données utilisées

En principe, seules sont utilisées pour l'analyse les données de profils pédologiques qui ont été enregistrées après 1995. Celles-ci sont toutefois complétées par les données des cartographies pédologiques cantonales plus anciennes (BS, BL, ZG et ZH). Il est important d'intégrer dans le jeu de données d'analyse non seulement les données issues des projets de cartographie, mais aussi celles de l'Observatoire national des sols (NABO), de la Surveillance cantonale des sols (KABO) et celles issues de travaux scientifiques, parce que toutes ces données ont généralement été examinées plus en détail que les profils pédologiques des cartographies.

Remarque : l'acquisition et la préparation des données font partie du lot de tâches LT2.1.

Restrictions portant sur le jeu de données d'analyse

Seules sont analysées les données de profils pédologiques qui présentent explicitement le type de sol concerné (jeu de données spécifique pour chaque type de sol). La comparaison avec d'autres types de sols, dans les cas où elle est judicieuse, n'est effectuée que lorsque tous les types de sols ont été analysés.

Compléments apportés au jeu de données d'analyse

Les données des profils pédologiques sont croisées avec la carte des aptitudes des sols et la carte des aptitudes climatiques de la Suisse. À chaque profil pédologique sont attribuées une unité physiographique et une zone climatique.

Description du jeu de données d'analyse

Afin de pouvoir apprécier la représentativité des données, on établira un tableau montrant le nombre de données de profil par type de sol et strate (unité physiographique, zone climatique, etc.). On

identifiera aussi explicitement les strates sans données pour le type de sol spécifique. Il s'agit non seulement d'organiser les données selon une logique « stationnelle », mais aussi d'en démontrer l'exhaustivité.

Analyse des données conforme aux objectifs

On interprète et représente les objectifs d'analyse spécifiques aux sols et aux horizons tels qu'ils sont définis dans les notices TYPsol.

Produit attendu : une présentation de l'analyse de données prospective réalisée pour chaque notice TYPsol établie.

5. Interprétation des analyses, première esquisse des critères de classification

Travail effectué par l'équipe de projet restreinte.

Les résultats de l'analyse de données sont interprétés et intégrés aux notices.

Produits attendus : compléments apportés aux notices TYPsol avec interprétation des analyses – première esquisse des critères de classification rKLABS pour les horizons et les types de sols (dans certains cas également pour les sous-types), identification le cas échéant des horizons et types (sous-types) de sols superflus.

Indication des éléments suivants :

- Quelle est la pratique en matière de classification ?
- Quels sont les critères de classification existants ?
- Existe-t-il des indications quantitatives à ce sujet ?
- Quelles sont les lacunes ?

6. Discussion finale concernant l'analyse de données et l'interprétation avec la DP et l'équipe de projet, établissement de la suite de la procédure

Produit attendu : procès-verbal.

7. Lot de tâches LT3 : Régime hydrique

Situation initiale

Pour de nombreuses problématiques pratiques, l'appréciation du régime hydrique du sol constitue un élément central : c'est notamment le cas lorsqu'on calcule la profondeur utile pour les plantes, qu'on délimite des surfaces d'assolement, qu'on évalue des classes d'aptitude pour l'agriculture ou qu'on procède à un pointage du sol. Le régime hydrique joue aussi un rôle crucial dans le contexte du changement climatique et de l'adaptation de la sylviculture et de l'agriculture aux nouvelles conditions environnementales (sécheresse accrue, par exemple).

Lors du relevé et de l'appréciation des sols sur le terrain, on utilise normalement comme indicateurs des conditions aérobies et anaérobies dans le sol (traits rédoxiques) les réactions d'oxydoréduction du fer, du manganèse et du soufre, dont les produits colorent les parties du sol concernées. De nos jours, la détermination du régime hydrique du sol se fonde en grande partie sur la description et la classification des traits rédoxiques (attribution de petits symboles aux horizons [cn, g, gg, r], description de la couleur du sol). La relation entre les traits rédoxiques et le régime hydrique n'est toutefois pas univoque dans toutes les conditions. Lorsque le régime hydrique change de manière subite, suite par exemple au drainage du terrain ou à sa remise en culture (déplacement du matériel du sol), ces traits peuvent parfois ne plus être pertinents pour l'appréciation de ce régime. Dans ce contexte, outre l'actualité des traits rédoxiques, on clarifiera aussi le lien avec la saturation en eau (durée et moment de la saturation) : pour la végétation, une phase de saturation assez longue en dehors de la période de végétation a d'autres conséquences que des phases de saturation durant cette période. Or cette situation ne se reflète qu'en partie dans les traits rédoxiques.

Bases sur le régime hydrique

Le cadre conceptuel qui fonde la détermination du régime hydrique d'un sol est décrit dans le manuel de cartographie (Brunner et al. 1997) au chapitre 5.3, (notamment le point 5.3.1 « Genre et degré d'hydromorphie »), et dans le chapitre 4 aKLABS, « Niveau I = Classe : Régime hydrique du sol ».

Le régime hydrique y est caractérisé par le « genre d'hydromorphie » (classes de régime hydrique, en bleu dans le Tableau 3) et le « degré d'hydromorphie » (groupes de régime hydrique, en rouge dans le Tableau 3). Les sous-groupes de régime hydrique (en vert dans le Tableau 3) correspondent à des combinaisons simples mais judicieuses du régime hydrique et de la profondeur utile. Ces caractéristiques synthétiques pertinentes servaient jusqu'ici à faciliter la communication concernant les sols.

Bases conceptuelles (repris du manuel de cartographie (Brunner et al. 1997b), légèrement modifié) :

- Hydromorphie (« engorgement » dans l'aKLABS) : par « hydromorphie », on désigne, d'une part, l'invasion du sol, soit par l'eau de la nappe (all. Grundwasser) soit, en situation de pente, par de l'eau arrivant latéralement (all. Hangwasser), d'autre part, la rétention d'eau de pluie dans le profil. « Genre et degré d'hydromorphie » sont les critères cardinaux de la classification des sols. D'où l'importance de les déterminer avec précision lors de l'examen du profil. Pour déterminer et classer l'hydromorphie, on s'appuie principalement sur les signes hydromorphiques dans les horizons pédologiques, le relief, le niveau des eaux souterraines et (le cas échéant) les plantes indicatrices (ibid.).
- Classes de régime hydrique (en bleu, « genre d'hydromorphie » ; all. Vernässungsart) : Le manuel de cartographie (ibid.) mentionne trois classes de régime hydrique : 1) les sols percolés, avec peu ou pas d'hydromorphie ; 2) les sols hydromorphes à nappe permanente de basfond ou de pente, dont la saturation est due une nappe permanente de basfond ou de pente ou à une inondation ; 3) les sols hydromorphes à nappe perchée engorgés par de l'eau de rétention ; ici, le manuel distingue les sols « alternativement secs » des sols « alternativement mouillés ». Il précise aussi que des formes intermédiaires sont possibles, par exemple des gleys argileux compacts qui se

situent entre les Gleys et les Pseudogleys, ou des Pseudogleys avec une très longue phase mouillée comme forme tirant vers les Gleys.⁴

- **Groupes de régime hydrique (en rouge, « degré d'hydromorphie »)** : Les classes de régime hydrique sont à leur tour divisées en un total de neuf groupes de régime hydrique. Selon (ibid.), « cette subdivision repose principalement sur la présence, la profondeur et l'intensité de signes d'hydromorphie dans le profil » (voir tableau 5.3c dans (ibid.)) ; ces propriétés sont parfois désignées de manière erronée comme les « sous-types d'hydromorphie » I, G et R (point d'interrogation violet dans le Tableau 3).
- **Sous-groupes de régime hydrique (vert)** : Les sous-groupes de régime hydrique sont déterminés en fonction de la profondeur utile et du régime hydrique. Ils ne dépendent pas directement des sous-types.

Sous-types	Profondeur utile						Classe de régime hydrique	Groupe de régime hydrique
	tp	p	mp	as	s	ts		
-, I1, G1, G2	a	b	c	d	e		sols percolé	perméable
I2	f		g	h	i			influence de la nappe perchée temporaire ²²
G3, R1 ?	k		l	m	n			influence de la nappe de bas-fond ou de pente ²³
I3, I4	-	o		p		-	sols hydromorphes à nappe perchée	rarement engorgés jusqu'en surface
I4	-	-	-	q	r			souvent engorgés jusqu'en surface
R2, R1 G4, G5	-	s	t	u		-	sols hydromorphes à nappe permanente de bas-fond ou de pente	rarement engorgés jusqu'en surface
R3, R2 G5, G6, G4	-	-	v	w		-		souvent engorgés jusqu'en surface
G5, G6 R4, R2, R3	-	-	-	x	y			la plupart du temps engorgés jusqu'en surface
R5, R4	-	-	-	-	-	z	sols en permanence engorgés jusqu'en surface	

Tableau 3. Détermination du groupe de régime hydrique (tableau 5.3c, manuel de cartographie (ibid.)). Pour les explications, on se référera au texte.

Problématiques

Terminologie

- La terminologie suisse allemande du régime hydrique est ambiguë et sa traduction en français insatisfaisante. En allemand, plutôt que de parler de « Wasserhaushaltsklasse » et de « Wasserhaushaltsgruppe », il vaudrait peut-être mieux utiliser les termes « Vernässungsart » et « Vernässungsgrad ». En français, il faut trouver des termes appropriés pour désigner ces notions et clarifier la distinction entre « hydromorphie » et « engorgement », qui sont employés de manière incohérente dans le manuel de cartographie (ibid.) et l'aKLABS. Il faut donc réexaminer la terminologie, en allemand, comme en français.

« Genre d'hydromorphie » (Vernässungsart)

Une recherche bibliographique (littérature scientifique, autres approches de classification) doit permettre de rassembler les connaissances de base pour établir des « genres d'hydromorphie ».

⁴ Les classes de régime hydrique sont étroitement liées au « niveau hiérarchique 1 : Régime hydrique » de l'aKLABS. Contrairement au premier niveau de la partie hiérarchique de l'aKLABS (huit classes), le tableau 5.3c du manuel ne contient que trois classes (correspondant aux classes 1, 4 et 6). Les classes 2, 3, 5, 7 et 8 manquent, le manuel attribuant toutefois la classe 8 aux sols à nappe permanente de basfond.

Il s'agit de répondre aux questions suivantes :

- Qu'existe-t-il comme « genre d'hydromorphie » ? Outre l'« hydromorphie due à une nappe de fond, nappe de pente ou nappe perchée », on intégrera aussi l'« hydromorphie par imbibition » (Haftnässe), la décoloration hydromorphe (Stagnogley⁵), les inondations et autres. On clarifiera aussi la question des sols rarement ou jamais percolés.
- Comment décrire les « genres d'hydromorphie » et les processus en cours dans le sol ?
- Quelles sont les caractéristiques qui en résultent au niveau des horizons et du sol dans son ensemble ?
- Comment estimer ces caractéristiques sur le terrain ?
- Qu'existe-t-il comme méthodes de mesure et d'analyse ?
- Existe-t-il des valeurs de référence pour certaines caractéristiques (coefficients de perméabilité k, par exemple) ?
- Quels sont les sols de référence pour chaque « genre d'hydromorphie » ?

« Degré d'hydromorphie » (Vernässungsgrad ; groupes de régime hydrique)

Il s'agit de répondre aux questions suivantes :

- Qu'existe-t-il comme groupes de régime hydrique ? Les groupes actuels suffisent-ils ? Pour les sols contenant de l'eau de rétention, faut-il p. ex. distinguer les sols « alternativement secs » des sols « alternativement mouillés » (terminologie non définitive) ?
- Qu'en est-il des sols rarement percolés ou à « percolation inversée » ?
- Sur quelles bases les méthodes appliquées aux groupes de régime hydrique se fondent-elles ? (La détermination des groupes de régime hydrique au chap. 5.3 du manuel de cartographie, tableau 5.3c, peut être mal comprise : sous-types, fréquence des épisodes de saturation jusqu'en surface ou traits rédoxiques qui en résultent dans la partie supérieure du sol.) Quelles sont les caractéristiques du sol (horizons, sol entier), de la station ?
- Éléments temporels : comment faut-il comprendre les termes « rarement », « souvent » ou « la plupart du temps » engorgés jusqu'à la surface ? Et pour ce qui est du lien avec la période de végétation : que-ce que cela change que le sol soit saturé en eau durant la période de végétation ou en dehors de celle-ci ? Durée et moment de la saturation : que voulons-nous ou pouvons-nous prendre en compte lors du relevé des données, quelles affirmations pouvons-nous formuler au sujet du régime hydrique en partant des traits rédoxiques et que pouvons-nous dire en nous fondant sur la saturation en eau ?
- Quelles méthodes estimatives, quantitatives ou analytiques existe-t-il pour caractériser le degré d'hydromorphie ?
- Existe-t-il des valeurs de référence pour certaines caractéristiques ?
- Quels sont les sols de référence pour chaque « degré d'hydromorphie » ?
- Autres questions : comment tient-on compte des surfaces peu perméables ? Comment prend-on en compte et pondère-t-on les nappes perchées ? Quels « sous-types d'hydromorphie » (I2 voire I1) induisent de claires restrictions d'exploitation ? Comment traite-t-on les signes clairs d'hydromorphie dans la partie supérieure du sol (par exemple en cas de problème de compaction) ? Sont-elles assignées à la catégorie des « sols souvent engorgés jusqu'à la surface » ?

Sous-groupes de régime hydrique

- Il s'agit ici de clarifier une question de principe : faut-il garder un indicateur combinant le régime hydrique et la profondeur utile ? Si oui, on examinera si les classes / la classification des sous-groupes de régime hydrique peuvent être maintenues (par exemple regroupement de certaines classes de profondeur utile).

⁵ Par exemple, KA5 (p. 227ss) distingue dans la classe des sols à nappe perchée, les types « Pseudogley » (p. 227s.), « Haftpseudogley » (p. 229s.) et « Stagnogley » (p. 231s.).

- Peut-on indiquer quelles combinaisons des sous-types I, G et R peuvent être attribuées aux sols à nappe de fond ou de pente et aux sols à nappe perchée (le cas échéant en fonction du climat) ?

Traits rédoxiques : systématisation de la description

Actuellement, le relevé des données se limite à attribuer des symboles (cn, g, gg, r) à chaque horizon et à relever la couleur du sol de chaque horizon. Les définitions desdits symboles ne sont pas très précises.

Il s'agit de déterminer dans quelle mesure les points mentionnés ci-après doivent être pris en compte dans l'appréciation / la classification des traits rédoxiques. Il convient aussi d'examiner les différences qui existent en fonction du « genre d'hydromorphie ».

- Organisation et répartition des traits rédoxiques : intérieur de la structure, paroi des interstices, etc.
- Forme et limites : limites nettes, diffuses, etc.
- Proportions des surfaces : pourcentage de surfaces présentant traits rédoxiques
- Couleurs : attribution sans ambiguïté des couleurs à des traits rédoxiques.
- Variation de l'intensité des traits rédoxiques en fonction du substrat, de la matière organique, du pH, etc. ?

Méthodes de terrain quantitatives et estimatives

Les traits rédoxiques sont utilisés pour la classification des horizons, des types de sols et des « sous-types d'hydromorphie », ainsi que pour déduire le régime hydrique (« genre et degré d'hydromorphie »). À quelles méthodes quantitatives ou estimatives complémentaires pourrait-on avoir recours sur le terrain pour mieux déterminer le régime hydrique ? Peut-on ainsi mieux évaluer les points ci-dessous ?

- Actualité des traits rédoxiques : en particulier pour les sols drainés ou « créés par l'action humaine » (p.e. remblayés), on ne peut dire clairement si les traits rédoxiques sont dus à des phénomènes actuels ou « fossiles ».
- Relations entre les traits rédoxiques et la saturation en eau : que disent les traits rédoxiques sur la durée de la saturation ou le moment (période de l'année) de celle-ci ? Saturation en eau, durée de la saturation, moment de la saturation versus potentiel redox : que voulons-nous ou pouvons-nous prendre en compte lors du relevé des données, quelles affirmations pouvons-nous formuler au sujet du régime hydrique en partant des traits rédoxiques et que pouvons-nous dire en nous fondant sur la saturation en eau ?

Buts

Dans un premier temps, le lot de tâches LT3 doit permettre d'établir les bases requises pour traiter le thème du régime hydrique (quels « genres et degrés d'hydromorphie » existe-t-il et comment peut-on les distinguer ?). Il s'agit en outre de tester comment et avec quelles méthodes il est possible – dans une grande partie des sols (p. ex. aussi ceux drainés, remblayés ou organiques) – de déterminer le régime hydrique sur le terrain de la manière la plus objective possible (par exemple visuellement grâce à des traits rédoxiques, des liquides indicateurs, etc.) ou de la mesurer (par exemple niveau de la nappe, potentiel redox). Les résultats obtenus servir à rédiger une méthode de détermination du régime hydrique.

En parallèle, il s'agit aussi de réviser la terminologie liée au régime hydrique (voir explications plus bas).

7.1 Lot de tâches LT3.1 : Bases sur le régime hydrique

Ce lot de tâches sera traité par un mandataire externe. Ses résultats seront réutilisés dans divers autres lots.

Pour ce lot de tâches, il s'agit de préparer des bases sur le régime hydrique (réponses apportées aux questions posées par les aspects « genre d'hydromorphie », « degré d'hydromorphie » et « sous-

groupes de régime hydrique », voir ci-dessus). Il convient de définir à la fois la « structure brute » et les « tiroirs » qui seront « différenciés » et « remplis de données » lors du relevé sur le terrain.

Les étapes suivantes sont prévues :

1. Séance de démarrage

Lors de la séance de démarrage, on établira le calendrier du lot de tâches ainsi que ses différents jalons. La séance permettra aussi de concrétiser la répartition des tâches entre le mandataire et la DP.

Produit attendu : procès-verbal.

2. Concept de préparation des bases pour l'étude du régime hydrique

En partant d'une recherche bibliographique ainsi que de l'expérience pratique acquise sur le terrain, il s'agira de préparer les bases pour l'étude du « type et le degré d'hydromorphie » et de réviser la terminologie liée au régime hydrique. Durant cette étape, on établira le concept pour la recherche bibliographique. Les questions suivantes doivent être prises en compte :

- Quels documents faut-il considérer ?
- Quels « genres d'hydromorphie » doit-on prendre en compte ?
- Quels « degrés d'hydromorphie » doit-on prendre en compte ?
- Matrice pour la recherche bibliographique (description du « genre et du degré d'hydromorphie », processus, caractéristiques des horizons, caractéristiques du sol dans son ensemble, méthodes de terrain estimatives, méthodes de terrain quantitatives, méthodes de laboratoire, valeurs de référence pour certains caractères, sols de référence).

Produits attendus : concept pour la recherche bibliographique et terminologie

3. Entretien intermédiaire

Le concept est discuté avec la DP, tout comme la suite de la procédure.

Produit attendu : procès-verbal.

4. Recherche bibliographique

Consultation des bases et identification des « genres et degrés d'hydromorphie », des caractéristiques des horizons et du sol, des méthodes de terrain estimatives et quantitatives, ainsi que des critères et valeurs de référence qui s'y rapportent. Première version du rapport.

Produit attendu :

Première version du rapport incluant les éléments ci-après :

- terminologie sur le régime hydrique révisée ;
- recherche bibliographique avec rapport et tableau sur le « genre d'hydromorphie » ;
- recherche bibliographique avec rapport et le cas échéant un diagramme de décision sur le « degré d'hydromorphie » ;
- recherche sur les sous-groupes de régime hydrique ;
- synthèse : structure brute « régime hydrique » – quels « tiroirs » faut-il distinguer lors du relevé des données ?

5. Entretien intermédiaire sur cette première version

Produit : procès-verbal décrivant la suite de la procédure.

6. Finalisation du rapport

Produit : rapport finalisé.

7. rKLABS-Doc, glossaire

8. Entretien de clôture

7.2 Lot de tâches LT3.2 : Méthodes de terrain pour étudier le régime hydrique (test méthodologique)

Ce lot de tâches sera traité par la direction de projet et le Service de la protection des sols du canton de Zurich, avec le soutien du CCSols et de spécialistes externes. Les cas échéant, des tests méthodologiques seront menés dans le cadre de projets de cartographie en cours.

Procédure

Les étapes prévues pour ce lot de tâches se fondent en partie sur le concept de cartographie des sols drainés réalisé à la demande du canton de Zurich (J. Presler 2019). Comme cette thématique revêt une grande importance pour l'ensemble de la Suisse, elle sera intégrée au projet de révision, sous la forme de travaux préparatoires à une « cartographie test » dans le canton de Zurich. Les résultats et conclusions obtenus ainsi que l'accompagnement de cette cartographie test seront ensuite pris en compte dans la rKLABS.

1. Séance de démarrage et définition plus précise du projet

Définition plus précise des diverses étapes prévues, du calendrier et de la répartition des rôles entre le canton de Zurich, le projet de révision KLABS, le CCSols et des spécialistes externes.

2. Concept de rédaction d'une « aide visuelle pour la détermination des traits rédoxiques »

Afin de systématiser la description des traits rédoxiques et leur appréciation, on rédigera une aide visuelle. Outre notamment la couleur, la forme, et les démarcations de ces traits, il faut aussi considérer l'influence sur leur expression du matériau parental, de la matière organique, du pH et, le cas échéant, de la profondeur à laquelle ils se trouvent dans le profil pédologique. Cette étape consistera à établir le concept permettant de rédiger l'aide visuelle.

Foto	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Horizontbezeichnung	OS-Gehalt	Bodenart	pH-Wert	Kalziumkarbonat	Bodentyp	Ausgangsmaterial	Farben	Nutzung	Profilbezeichnung	Projekt	Jahr
	59	94	Cgg	0.7	3	7.5	5	V	SL	...	AK	P007	30KA-GM	2018

Figure 2 : Une possibilité de documenter et d'illustrer des traits rédoxiques (exemple incomplet d'un mode de documentation envisageable).

Produit attendu :

Clarification des problématiques suivantes dans un concept succinct :

- projet de modèle de documentation ;
- procédure de rédaction de l'aide visuelle (intégration des résultats du LT3 et de documentations de profil existantes).

3. Compléments apportés à la procédure de test, préparation des tests

La procédure de test est décrite dans (ibid.). L'accent est mis sur les méthodes de détermination visuelles (traits rédoxiques), l'utilisation de liquides indicateurs, les mesures du niveau de la nappe, les mesures du potentiel redox et le recours aux tubes IRIS. En se fondant sur les résultats du lot LT3.1, la procédure de test sera adaptée et précisée si nécessaire. Une méthode sera ensuite rédigée (description détaillée). Il s'agit d'élaborer les bases suivantes pour préparer l'exécution du test méthodologique :

- préparation de formulaires de relevé étendus pour la description du profil pédologique ;
- préparation de formulaires de relevé et d'interprétation pour les méthodes de terrain quantitatives et estimatives ;
- détermination des appareils à acquérir, puis acquisition ;
- exécution de tests sur une sélection de profils isolés ;
- rédaction de la méthode (description détaillée), formulaires de relevé et d'interprétation.

4. Essai pilote de cartographie des sols drainés, canton de Zurich : accompagnement méthodologique des relevés ponctuels (introduction destinée aux mandataires externes, accompagnement des relevés de profils et réalisation des interprétations)

Produits attendus : évaluation et documentation des méthodes de terrain appropriées pour déterminer le régime hydrique (potentiel redox, saturation en eau, etc.), règles de classement des données, mise à disposition de modèles d'interprétation.

5. Rédaction de l'aide visuelle à la détermination pour les traits rédoxiques

Produit attendu : aide à la décision pour la détermination visuelle des traits rédoxiques (illustration, description, documentation).

6. Rapport de synthèse

Les résultats des travaux effectués seront résumés dans un rapport de synthèse (applicabilité et limite de la méthode de terrain).

7.3 Lot de tâches LT3.3 : Synthèse sur le régime hydrique

En se fondant sur les résultats des lots LT3.1 et LT3.2, on mettra au net la méthode de détermination du régime hydrique (aussi bien pour les méthodes de terrain estimatives que pour les méthodes quantitatives). Il s'agit de montrer comment concrètement appliquer les méthodes qualitatives et quantitatives et interpréter leurs résultats, puis comment ces résultats influent sur l'appréciation du régime hydrique. On précisera encore quelles questions restent en suspens et quels travaux complémentaires sont requis pour les clarifier.

Produits attendus : méthode, travaux complémentaires.

8. Lot de tâches LT4 : Matériau parental

Il existe déjà un cahier des charges « approuvé » pour le lot de tâches LT4 (Pflichtenheft_Ausgangsmaterial_v4.2 du 28 octobre 2019). Selon de nombreux retours reçus, il s'avère que ses tâches ne sont pas formulées assez précisément. Nous l'avons donc restructuré et reformulé ci-après.

Le lot de tâches LT4 est réparti en divers sous-lots (→ les matériaux parentaux anthropiques et technogènes sont traités dans le lot LT7.1, dont les résultats sont pris en compte dans le lot LT4.2).

8.1 Lot de tâches LT4.1 : Matériaux parentaux naturels : caractérisation, systématique, définition

Ce lot de tâches est traité par une mandataire externe.

Le lot de tâches LT4.1 doit établir un pont vers le relevé de données dans les disciplines géologiques. Ce sont donc les unités de roches du modèle de données géologiques V3 de Swisstopo, annexe C2 « Lithologie », qui servent de base à la systématique des matériaux parentaux. Les roches qui y sont mentionnées sont tout d'abord réparties selon leur genèse. Une distinction plus fine est ensuite faite en fonction de divers critères (géochimie, structure, granulométrie, etc.). Pour le lot LT4.1, seules doivent être prises en compte les roches présentes en surface.

1. Concept de structuration et de saisie des matériaux parentaux naturels

Dans le cadre de ce concept, il s'agit de clarifier quels critères pertinents pour la pédogenèse et l'altération des sols) utiliser pour structurer ou classifier les matériaux parentaux. Ces critères doivent permettre de mieux « prédire » les processus de pédogenèse et d'altération, ainsi que les propriétés des sols qui en résultent. Ils sont également contenus de manière implicite dans les cartes géologiques. Le fait de préciser ces critères doit améliorer la prédiction conceptuelle des propriétés des sols basées sur les roches mères.

Produits attendus : choix de critères de classification des matériaux parentaux naturels pour la pédogenèse ; les tester sur 2 ou 3 exemples d'unités de roche.

2. Entretien intermédiaire

Définition plus précise de la problématique, établissement de la suite de la procédure.

On peut envisager une démarche par étape. Première étape : établissement de la systématique des roches pour un groupe de roches → entretien intermédiaire avec la DP ; deuxième étape : élaboration de la systématique pour tous les groupes de roches.

Produit attendu : procès-verbal succinct.

3. Établissement de la systématique des matériaux parentaux naturels

On élabore une systématique des matériaux parentaux naturels du point de vue de la pédogenèse.

Produits attendus : projet de liste des roches de Suisse avec description des critères de délimitation, de leurs caractéristiques distinctives, des processus d'altération, de leur pertinence pour la pédogenèse et de leur répartition en Suisse. Cette liste devra montrer comment le matériau parental doit être caractérisé s'agissant de sa composition chimique, sa dureté, sa capacité d'altération, etc. – si cela n'est pas réglé de manière implicite par l'intermédiaire du nom de la roche (cet aspect se révèle aussi important pour la description des matériaux parentaux anthropiques, pour lesquels le « nom de la roche » ne fournit pas forcément d'indications sur le caractère du matériau).

4. Entretien intermédiaire avec la DP, consultation d'experts, finalisation

Les résultats de la troisième étape sont discutés avec des experts puis retravaillés si nécessaire.

Produit attendu : liste des roches naturelles de Suisse avec description des critères de délimitation, de leurs caractéristiques distinctives, des processus d'altération, de leur pertinence pour la pédogenèse et de leur répartition en Suisse.

5. rKLABS-Doc, glossaire

Produits attendus : documentation des modifications conformément aux instructions, mise à jour continue du glossaire (d'entente avec la DP).

6. Entretien final

Produit attendu : procès-verbal.

8.2 Lot de tâches LT4.2 : Cercle d'experts « matériau parental »

Ce lot de tâches sera traité dans le cadre d'un cercle d'experts.

L'objectif du lot LT4.2 consiste à élaborer et déterminer comment les résultats des lots LT4.1 et LT7.1 doivent être intégrés à la rKLABS. Le contenu du lot LT4.2 ne peut donc être traité qu'une fois ces deux lots terminés.

Les thèmes suivants doivent être débattus :

- Quelles les propriétés sont importantes pour caractériser matériau parental du point de vue de la pédogenèse ?
- Symbolique des horizons : comment peut-on et doit-on introduire des informations concernant le matériau parental et le degré d'altération dans la désignation des horizons ?
- Sous-type Matériau parental : à quoi peut ressembler un tel sous-type ? (Peut-on reprendre les matériaux parentaux de la systématique issue des lots LT4.1 et LT7.1 ou faut-il une « agrégation » supplémentaire ?)
- Sous-type Degré d'altération : à quoi peut ressembler un tel sous-type ? (Le cas échéant, prendre en compte le travail préalable réalisé par Myx GmbH dans le projet sur les sols des régions de montagne, ainsi que les sous-types qui existent notamment dans des länder allemands [Rhénanie-du-Nord-Westphalie].)
- Relevé de terrain : quelles données faut-il relever en lien avec le matériau parental (caractérisation du substrat et du matériau parental) ? Quelles sont les méthodes d'investigation requises à cet effet ? Il convient d'étudier la faisabilité pratique.

Les tâches suivantes sont prévues (de préférence, les ateliers 1 et 2 devraient être organisés « simultanément ») :

1. Séance de démarrage

Les objectifs et le contenu de l'atelier 1 sont définis.

2. Préparation de l'atelier 1 « Symbolique des horizons et sous-types »

Les participants élaborent diverses variantes permettant d'intégrer les informations concernant le matériau parental dans la symbolique des horizons et de mettre au point des sous-types (matériau parental, degré d'altération, autres ?), en préparation aux discussions menées lors de l'atelier.

3. Réalisation de l'atelier 1 « Symbolique des horizons et sous-types », rédaction du procès-verbal

Durant l'atelier, on discutera des questions définies lors de l'étape 2 ; des décisions seront prises pour l'élaboration.

4. Mise en œuvre des décisions prises lors de l'atelier 1

Mise au point de la classification. Documentation pour la rKLABS.

5. Préparation de l'atelier 2 « Relevé de données de terrain »

On définit les thèmes et buts de l'atelier 2. L'équipe de projet élabore certaines variantes qui peuvent être présentées et discutées lors de l'atelier. Durant ce dernier, on se demandera par exemple si le matériau parental doit être relevé par horizon (toujours ou dans certains cas ?) et quelles grandeurs physiques doivent être relevées en lien avec le matériau parental et le substrat (par exemple lithologie, classification chronologique, classification lithostratigraphique, caractérisation de composants de la roche meuble, degré d'altération, etc.).

6. Réalisation de l'atelier 2 :« Relevé de données de terrain », rédaction du procès-verbal

Durant l'atelier, on discutera des questions définies lors de l'étape 5 ; des décisions seront prises pour l'élaboration.

7. Mise en œuvre des décisions prises lors de l'atelier 2

Le relevé des données et les méthodes requises sur le terrain et en laboratoire sont mis au point et documentés pour la rKLABS.

8. rKLABS-Doc, glossaire

9. Séance de clôture

9. Lot de tâches LT5 : Masse volumique apparente

Situation initiale

Lorsqu'on parle du sol, on distingue différentes masses volumiques (masse par volume) :

- a) masse volumique réelle : correspond à la masse sèche des constituants d'un sol sur son volume réel sans les pores;
- b) masse volumique apparente : correspond à la masse sèche des constituants d'un échantillon de sol divisée par son volume apparent (volume total avec ses pores) (elle est aussi appelée masse volumique apparente sèche ou « bulk density ») ;
- c) masse volumique apparente effective : masse volumique apparente sèche corrigée d'un facteur de teneur en argile (KA5, p. 125) ;
- d) masse volumique apparente effective de la terre fine : est calculée en soustrayant la masse volumique du squelette (fraction grossière)⁶.

C'est avant tout la masse volumique apparente qui fait l'objet du lot de tâches LT5.

Comme déjà indiqué au point d), la masse volumique apparente peut se rapporter à l'ensemble du sol ou uniquement à une partie ou fraction de celui-ci, en fonction de la problématique. Il convient donc de distinguer la masse volumique apparente d'un horizon de celle d'une couche de sol ou d'un seul agrégat.

En matière de protection des sols, on utilise souvent le mot « compactage ». En règle générale, ce terme ne désigne pas seulement une augmentation de la masse volumique apparente, mais également divers types de dommages causés à la structure du sol (colmatage ou réduction du volume total des pores grossiers).

Dans l'aKLABS, la masse volumique apparente sert de critère à plusieurs endroits, de manière directe ou indirecte :

- 1) Sous-type « Assemblage des composants »(L)⁷ : pour les sols⁸ avec moins de 30 % de matière organique, les limites suivantes sont définies pour la masse volumique apparente et mises en relation directe avec la perméabilité à l'eau : très meuble < 0,8 g/cm³ ; meuble 0,8 à 1,19 g/cm³ ; modérément tassé 1,2 à 1,39 g/cm³ ; assez fortement tassé 1,4 à 1,6 g/cm³ et compacté > 1,6 g/cm³.
- 2) Symbole « x » pour l'horizon : « matériau compacté, tassé, mais non cimenté ».

Dans le manuel de cartographie de la FAL, la « densité apparente » est utilisée de manière indirecte en tant que « compaction » pour le calcul de la profondeur utile (chap. 5.3.2).

La détermination de la masse volumique apparente des horizons pédologiques et des couches de sol ne peut pas se faire directement sur le terrain. Elle est réalisée en laboratoire sur des échantillons obtenus à l'aide d'un cylindre de prélèvement. Ce type de cylindre ne permet toutefois de séparer un échantillon de manière optimale que pour les sols ne présentant pas une pierrosité trop importante. C'est la raison pour laquelle, dans la pratique, on renonce souvent à déterminer la masse volumique apparente : elle est alors évaluée de manière subjective, parce que l'aKLABS ne propose aucune aide méthodologique pour la déterminer.

Buts

⁶ Document technique sur la compaction persistante des sols : « Arbeitshilfe zur Erfassung und Beurteilung von Bodenschadverdichtungen », Kantonale Bodenschutzfachstellen 2009.

⁷ NdT : le sous-type « Lagerungsdichte » est traduit comme « Assemblage des composants » dans l'aKLABS. Dans le Manuel de cartographie, on retrouve ce terme pour les sous-types L, mais aussi les traductions « structure », « densité apparente » et « compaction » (pour Lagerung ou Lagerungsdichte)

⁸ La classification ne définit pas les parties du sol auxquelles s'appliquent les valeurs limites.

Le lot de tâches LT5 doit permettre de tester s'il est possible d'estimer la masse volumique apparente de manière indirecte, le plus objectivement possible, à l'aide d'une méthode de mesure utilisable sur le terrain pour la plus grande partie des sols. Simultanément, il s'agit de montrer comment on peut estimer la masse volumique apparente en se fondant uniquement sur des critères morphologiques et organoleptiques. Les résultats obtenus doivent être présentés dans une méthode.

Parallèlement, on uniformisera aussi la terminologie liée à la masse volumique du sol. Ainsi, le terme « compactage » sous-entend souvent une intervention humaine, alors même qu'il n'est pas rare que des couches et/ou horizons plus denses soient présents de manière naturelle (sans influence anthropique) dans un sol : ils présentent une masse volumique apparente plus élevée que les horizons voisins, ils sont plus denses, mais ils ne sont pas compactés.

Les publications et rapports ci-dessous peuvent faciliter l'accès à cette problématique (liste de suggestions non exhaustive) :

- Arbeitshilfe zur Erfassung und Beurteilung von Bodenschadverdichtungen, 2009. Arbeitshilfe der Bodenschutzfachstellen der Kantone AG, AI, AR, BE, BL, BS, FR, GE, GR, JU, LU, NE, NW, OW, SG, SH, SO, SZ, TG, TI, VD und ZG sowie des Fürstentums Liechtenstein (Buchter et Häusler 2009).
- Schwab P. et Gubler A., 2016. Methoden zur Bestimmung physikalischer Begleitparameter an Bodenproben. Agroscope (Schwab et Gubler 2016).
- Schwab P., non daté. Eindringwiderstandsmessung mit dem Penetrometer. Referenzierung von Zeitreihen für die Boden-Dauerbeobachtung. Agroscope (Schwab undatiert / non daté).
- Vergani C. et Graf F., 2015. Soil permeability, aggregate stability and root growth: a pot experiment from a soil bioengineering perspective. Ecohydrology, Published online in Wiley Online Library (Vergani et Graf 2016).
- Johannes A., Weisskopf P., Schulin R., Boivin P., 2019. Soil structure quality indicators and their limit values. Ecological Indicators 104 (2019) 686-694 (Johannes et al. 2019c).
- Johannes A., 2019. Méthodes physiques pour l'évaluation de la qualité de la structure du sol. Réunion ROSOL, 27 juin 2019 (Johannes 2019b).
- VESS2019. Visuelle Beurteilung der Bodenstrukturqualität (Johannes 2019a).
- Presler J., Carizzoni M. et Widmer D., 2013. Gemeinsame Bodenüberwachung der Zentralschweizer Kantone (KABO-ZCH). Projekt Ila-4.1 / 5.1. Erfassung von Bodenverdichtung. Zentralschweizer Umweltdirektorenkonferenz (ZUDK) (Carizzoni et al. 2013).

9.1 Lot de tâches LT5.2 : Méthodes de terrain pour mesurer la masse volumique du sol (développement et test méthodologique)

Ce lot de tâches sera attribué à un mandataire externe. Il fera l'objet d'un accompagnement étroit de la part de la DP sur le plan technique et organisationnel. Des experts seront sollicités pour répondre à des questions de détail. La détermination de la masse volumique apparente en laboratoire sera réalisée par le CCSols ou attribuée à un mandataire externe.

Dans le cadre de cartographies en cours, diverses méthodes de terrain qui permettraient de se rapprocher des résultats de l'analyse de la masse volumique en laboratoire doivent être testées et évaluées. Les résultats obtenus doivent être intégrés à la rKLABS. Quant aux conclusions de l'analyse de marché menée par le CCSols au sujet des méthodes de mesure physique (disponibles en automne 2020), elles seront prises en compte dans la suite de la planification du lot.

Les tâches suivantes sont prévues :

1. Entretien de démarrage avec l'équipe de projet

La séance de démarrage doit permettre d'actualiser le calendrier du lot et d'en définir les divers jalons. On précisera aussi la répartition des tâches entre le mandataire et la DP.

Produit attendu : procès-verbal.

2. Identification des méthodes de mesure de terrain

Après consultation des travaux pertinents, on identifiera des méthodes de terrain permettant de mesurer (indirectement) la masse volumique apparente. On s'intéressera tout particulièrement à la mesure de la résistance à la pénétration à l'aide d'un pénétromètre manuel.

Produits attendus : résumé de la consultation de la littérature disponible, inventaire de méthodes de terrain.

3. Élaboration de critères pour l'estimation de la masse volumique apparente sur le terrain

En se fondant sur la consultation de la littérature et surtout sur les expériences faites lors de la cartographie des sols en Suisse ainsi que sur les échanges avec des spécialistes, on réunira des critères d'estimation de la masse volumique apparente.

Produit attendu : compilation de critères pour l'estimation de la masse volumique apparente sur le terrain.

4. Rédaction d'une méthode estimative et d'une méthode quantitative pour déterminer la masse volumique apparente sur le terrain

Il s'agit de rédiger une méthode quantitative et une méthode la méthode estimative. Celles-ci expliqueront comment réaliser concrètement une mesure à l'aide d'un pénétromètre, par exemple (nombre de répétitions, humidité critique du sol, etc.).

Produit attendu : ébauches d'une méthode estimative et d'une quantitative pour déterminer la masse volumique apparente sur le terrain.

5. Conception de la procédure de test « Valeurs de laboratoire contre méthodes de terrain »

On testera les méthodes quantitatives et estimatives sur plusieurs profils pédologiques. Simultanément, on déterminera aussi la masse volumique apparente pour ces profils en laboratoire. Par couche pédologique étudiée, on prélèvera cinq cylindres d'échantillon (100 ml). La masse volumique apparente mesurée en laboratoire⁹ sera comparée avec les mesures indirectes et avec les résultats des estimations organoleptiques. On mettra notamment en évidence la relation qui unit la masse volumique apparente à la résistance à la pénétration, ou à quel point les estimations organoleptiques concordent avec les mesures faites en laboratoire.

Produit attendu : concept de procédure de test.

6. Entretien intermédiaire : résultats intermédiaires et suite de la procédure

Cet entretien intermédiaire permet de discuter du résultat des recherches. On déterminera les tâches suivantes ainsi que la répartition du travail.

Produit attendu : procès-verbal.

7. Acquisition des appareils nécessaires, évaluation des zones de test

Une fois achevées les étapes méthodologiques et conceptuelles, la DP acquiert les appareils requis (pénétromètre, par exemple) et décide sur quels profils pédologiques les travaux doivent porter.

Il est prévu de choisir des profils tests dans le cadre de projets de cartographie en cours. Cela permet de profiter de synergies entre la révision KLABS et les actuels projets pédologiques de terrain.

Produits attendus : liste des appareils requis, zones tests évaluées.

8. Phase de test et finalisation des méthodes

⁹ En laboratoire, la détermination de la masse volumique apparente se fait souvent sur des échantillons qui ont été conditionnés du point de vue de leur teneur en eau. Pour la problématique traitée ici, il est important que la détermination se fasse sur des échantillons non conditionnés issus directement du terrain. Cela permet de garantir que les résultats obtenus pourront être comparés aux mesures et estimations faites sur place.

Les travaux tests sont exécutés conformément aux exigences définies dans les méthodes, puis interprétés. On mettra en évidence la facilité d'utilisation de la méthode de terrain, ainsi que ses limites. Les méthodes seront ensuite optimisées en se fondant sur le résultat des tests.

Produit attendu : méthodes finalisées.

9. Rapport final et séance de clôture

Les travaux effectués et leurs résultats sont résumés et commentés dans un rapport final. On discutera ensuite des conclusions obtenues. Il s'agira de montrer quels travaux ultérieurs, le cas échéant, sont nécessaires pour améliorer les méthodes. Le rapport final sera encore discuté lors d'une séance de clôture.

Produits attendus : rapport final, procès-verbal de séance de clôture.

9.2 Lot de travail LT5.3 : Synthèse concernant la masse volumique

La thématique du lot LT5 est étroitement liée à celles des lots LT3, LT7.4, LT7.5 et LT8.1. La DP harmonise les divers lots de tâches et veille à réunir leurs résultats de manière coordonnée.

Comme les résultats du LT5 ont une importance pratique considérable, ils seront présentés aux pédologues de terrain (par exemple dans le cadre des groupes de travail KLABS et KA de la SSP).

10. LT6 : Hétérogénéité du sol

Ce lot de tâches sera confié à un mandataire externe.

Dans une première étape, le lot LT6 comprend l'élaboration d'un concept permettant d'aborder la thématique de l'*hétérogénéité*. Celui-ci doit montrer ce que l'on entend par ce terme, quelles problématiques nécessitent des réponses et quelles sont les étapes ultérieures à prévoir (en incluant, le cas échéant, des travaux de recherche).

Le concept doit se fonder sur les problématiques suivantes :

Terme « hétérogénéité » (ou « variabilité » ?)

Que signifie « hétérogénéité » dans le contexte du relevé de données ponctuelles et surfaciques ? Que signifie « hétérogénéité » lorsque l'on parle du sol ? (Un sol n'est-il pas toujours hétérogène dans une certaine mesure et n'est-ce pas ce que nous essayons de saisir avec le modèle « classification » ?)

Relevé de données ponctuelles

Peut-on et doit-on de nos jours tenir compte de l'hétérogénéité à l'intérieur d'un horizon ou d'une couche lors du relevé de données (les propriétés hétérogènes des horizons ont aussi des conséquences pour d'autres interprétations, par exemple la profondeur utile ou les facteurs de correction) ? Quelles sont les conditions qui doivent prévaloir pour cela ?

HORIZONS COMPLEXES

- a) Codage des horizons : comment peut-on coder les horizons hétérogènes ? → « horizons de juxtaposition ou horizons complexes » tels que A/B, t/C (ou T+C) ou [A]B voire [T]C (c'est-à-dire que plusieurs horizons sont ADJACENTS, plutôt que d'être mélangés ou de présenter une transition de l'un à l'autre). Les possibilités de codage sont-elles suffisantes ? Que manque-t-il ?
- b) Description du sol / relevé de données : dans un horizon ou une couche hétérogènes – donc un horizon complexe au sens du point a) – peut-on aussi relever / indiquer les propriétés des différents horizons ? Est-il possible de mentionner les proportions relatives en volume ?
- Exemple de l'horizon T/C : les propriétés de T et C sont entièrement différentes (tout comme le matériau parental) ; actuellement, ils ne peuvent pas être relevés / saisis de manière satisfaisante.

HORIZONS « SIMPLES » OU HORIZONS DE TRANSITION

- c) Qu'en est-il de l'hétérogénéité de certaines propriétés du sol dans les horizons simples ou dans les horizons de transition (où l'on n'est pas en présence de plusieurs horizons adjacents) ? Exemple du squelette (imaginable également pour la masse volumique apparente, le pH, etc.) : dans un horizon B, le squelette n'est pas réparti de manière homogène mais en « nids » (par exemple en raison de la présence de quelques grosses pierres dans le gravier). Dans 70 %Vol de l'horizon, la pierrosité se monte à 20 %, alors qu'elle atteint 50 % dans les 30 %Vol restants. Comment peut-on et doit-on prendre en compte cette hétérogénéité ? Et doit-on pouvoir indiquer l'hétérogénéité des diverses caractéristiques du sol ? Que relève-t-on actuellement ? (La moyenne ? Faut-il prendre en compte la partie dominante de l'horizon ou l'horizon dans son ensemble?)

Relevé de données surfaciques

Fondamentalement, l'hétérogénéité du sol est toujours présente, en particulier lorsque des relevés ponctuels doivent être extrapolés à des surfaces. L'hétérogénéité et la variabilité sont des « concepts d'évaluation qui dépendent de l'échelle d'observation ». Elles se situent donc « dans le regard de l'observateur ». En principe, on peut partir de l'idée que les surfaces deviennent « de plus en plus homogènes » lorsqu'on agrandit l'échelle. Autrement dit : plus une surface est considérée dans le détail, avec un nombre de données ponctuelles élevé, mieux elle peut être divisée en sous-parties apparemment homogènes. **Ce principe ne se vérifie pourtant pas toujours.** En particulier dans les surfaces marquées par les activités humaines, on ne peut le considérer comme allant de soi.

En outre, l'**évaluation** de l'hétérogénéité ou de l'homogénéité dépend aussi de la **représentativité** des données ponctuelles saisies.

Se posent ainsi les questions suivantes :

- À quoi ressemble une hétérogénéité dans des exemples cartographiés à une échelle de 1:5000 ? Et comment change-t-elle si l'on choisit une échelle plus grande (1:1000) ou plus petite (1:10 000) ?
- Faut-il prévoir des paramètres variant selon l'échelle choisie pour le jeu de données surfaciques (c.-à-d. qu'un paramètre relevé pourrait avoir des limites de classe différentes selon l'échelle) ?
- Comment l'hétérogénéité peut-elle être saisie (en tenant compte de l'échelle) ? Qu'en est-il lorsque les propriétés du sol sont très hétérogènes et varient effectivement sur de petits espaces (anthroposols, sols de montagne, etc.) ? Comment peut-on en faire le relevé ? Faut-il distinguer l'hétérogénéité des sols naturels (due à des facteurs pédogénétiques généralement prévisibles, mais pas forcément cartographiables) de celle des anthroposols (que les facteurs pédogénétiques ne permettent pas de prévoir et qui ne peuvent pas toujours être cartographiés) ? L'hétérogénéité des diverses propriétés ou grandeurs physiques n'est pas identique selon que l'on considère un point ou une surface. Faut-il établir des priorités ?
- Relevé de données / attribut « hétérogénéité » : dans le jeu de données surfacique, la variabilité n'est pas documentée, si bien qu'on ne parvient pas toujours à des résultats satisfaisants. Comment peut-on relever des données pédologiques (avec quelles « unités de légende » ?) pour qu'elles rendent compte de manière pertinente de la plus grande partie possible de la variabilité présente ?
- De quelles possibilités dispose-t-on, dans quelle mesure en a-t-on besoin et quelle est leur véritable applicabilité ?
- Formation de plages complexes (manuel de cartographie, chap. 7.3.1) : celle-ci dépend-elle de l'échelle considérée ? Doit-elle être définie différemment selon le paramètre concerné (« degré d'hétérogénéité » tolérable par paramètre) ?
- Évaluation de la variabilité pour chaque paramètre.
- Évaluation de la variabilité pour l'ensemble du jeu de données (avec indication de la cause ou du paramètre le plus hétérogène).

Les étapes suivantes sont prévues :

1. Séance de démarrage

2. Délimitation plus précise des problématiques et des dimensions du projet

On précisera les étapes nécessaires au traitement du lot de tâches (recherche bibliographique, atelier, consultation d'experts, etc.) et on en concrétisera le calendrier.

3. Entretien intermédiaire

4. Exécution des travaux, première version du rapport

5. Entretien intermédiaire sur la première version du rapport

6. Finalisation du rapport

7. Séance de clôture

11. Lot de tâches LT7 : Révision des horizons, types de sols et sous-types de sols ; relevé des données

(Classement des données, méthodes de terrain estimatives, aides à la détermination)

11.1 Lot de tâches LT7.1 : Anthrosols et technosols : horizons, types de sols et sous-types de sols, matériaux parentaux

Introduction

Les anthrosols et les technosols ne peuvent être classés que de manière sommaire avec l'aKLABS :

- au niveau du type : en tant que remblai ;
- au niveau du sous-type : en tant que sols « anthropiques », ou éventuellement « drainés », « à rigoles » ou « recouverts ».

L'aKLABS a été mise au point en pensant aux sols formés naturellement. Les quatre niveaux du système hiérarchique décrivent le « fonctionnement global » d'un sol. Les processus induits par l'homme¹⁰ (tels que la dégradation de sols marécageux drainés, l'accumulation de colluvions due à l'exploitation, etc.) ou les interventions anthropiques qui induisent une modification de la stratification du sol (mesures agricoles telles que bêchage profond, ou aménagements tels que remises en culture, notamment) ne peuvent pas être décrits de manière satisfaisante.

Définition et délimitation

On traitera aussi bien les anthrosols que les technosols. Les termes « anthroposol » et « technosol » (et par extension, « anthropique » et « technogène ») seront définis précisément dans le cadre de ce lot de tâches. Pour le présent cahier des charges, les « sols » sont définis de la manière suivante (hypothèse de travail) :

- dans le présent lot de tâches, « anthroposol » s'applique à des sols composés en grande partie de matériaux naturels (des apports de matériaux technogènes sont possibles) ; les anthrosols ont été modifiés dans leur stratification, dans la répartition de leurs horizons ou dans leurs épaisseurs par des interventions humaines, ou ils sont soumis à des processus pédogénétiques altérés en raison de processus induits par l'homme (tels que drainage, tassement de la tourbe, etc.).
- le terme « technosol » s'applique à des sols constitués en grande partie de matériaux artificiels (technogènes), comme des scories, des déchets industriels, des matériaux d'excavation, de la terra preta ou du compost.

Problématiques

Il convient d'apporter des réponses aux questions suivantes :

1. Définition de « l'anthropicité » et de la « technogénéité » pour la Suisse :

Anthropicité

- Définition du terme « anthroposol » : Quelles interventions, processus ou mesures engendrent des anthrosols ? Quelles intensités de ces interventions ou processus faut-il distinguer ?
- Quelles sont les caractéristiques pédologiques typiques des diverses interventions anthropiques ?
- Comment les horizons en sont-ils affectés et comment peuvent-ils être décrits (caractéristiques des horizons) ?
- Quelles sont les conséquences des interventions pour le sol de manière globale (caractéristiques du sol dans son ensemble) ?

¹⁰ NdT : décrits comme « anthropogènes » dans l'aKLABS.

- Quelles données pédologiques faut-il relever – en sus, le cas échéant – pour constater le caractère anthropique ?
- Comparaison des définitions existantes du terme « anthropique » dans le domaine pédologique en Suisse (Confédération, cantons) → Dans quelle mesure les définitions se recouvrent-elles ?

Technogénéité

- Définition du terme « technosol » : à quoi correspondent les technosols ? Où peut-on trouver des connaissances en Suisse (ou à l'étranger¹¹) pour intégrer maintenant les technosols dans la rKLABS ?
- Au niveau juridique (OSites, ORRChim, OSol, LPE, etc.), faut-il distinguer les technosols des « sols en tant qu'objets de classification de la rKLABS » ? Pour cette question, on tiendra compte du fait qu'une classification des sols n'a en principe rien à voir avec le droit des déchets ou des sites contaminés : elle devrait se fonder sur les sciences naturelles plutôt que sur le droit (qui ne cesse d'évoluer).
- Quelles sont les caractéristiques des technosols / des divers types de technosols ?
- Comment les horizons en sont-ils affectés et comment peut-on les décrire (caractéristiques des horizons) ?
- Quelles sont les conséquences des interventions pour le sol de manière globale (caractéristiques du sol dans son ensemble) ?
- Quelles données pédologiques faut-il relever – en sus, le cas échéant – pour constater le caractère technogène ?

2. Roches mères / matériaux parentaux anthropiques et technogènes

En guise de fondement pour la suite de la discussion, on caractérisera plus précisément les matériaux parentaux anthropiques et technogènes. Les éléments suivants doivent en résulter :

- Liste des matériaux parentaux anthropiques et technogènes. Attention ! On prendra en compte deux types de matériaux :
 - 1) genèse / provenance du matériau : matériau naturel qui a été déplacé artificiellement / par des moyens techniques (correspond au « remblai » actuel) ;
 - 2) matériaux artificiels / technogènes (« formations anthropiques ») : par exemple boues, scories, gravats, déchets, substrats agricoles tels que compost, terreau pour plantes, etc.).
- En plus de la liste des matériaux parentaux, on établira une liste de composants spécifiques qui peuvent constituer une fraction mineure de sols « naturels » (débris de tuiles ou de verre, plâtre, ciment, béton, par exemple). Le cas échéant, cette liste de composants et celle des matériaux parentaux peuvent se recouper.

Ici également, on examinera si des critères liés au droit des déchets (ou importants en matière de pollution) doivent être pris en compte lors de l'élaboration de ces listes (faut-il par exemple, lors d'un relevé, être capable d'évaluer les possibilités de réutilisation du matériel provenant du sol ?).

3. Clarifier la question de l'intégration des anthroposols et des technosols dans la rKLABS

Il existe diverses possibilités d'intégrer les anthroposols et les technosols dans la rKLABS, notamment :

- les anthroposols / technosols sont distingués au niveau du sous-type (ainsi qu'au niveau du matériau parental / substrat) ; ils seront alors essentiellement classés comme des types de sols naturels ;
- les anthroposols / technosols sont distingués au niveau du type de sol, par l'intermédiaire d'horizons ou de matériaux caractéristiques. Il s'agit alors de clarifier :
 - si une classification existante (WRB, KA5 ou KA6, RP, etc.) peut être soit reprise, soit utilisée comme référence ;

¹¹ Voir par exemple le RP ou le groupe de travail « Urbane Böden » de la DBG (personne de référence : Lutz Makowsky).

- comment distinguer les anthroposols / technosols des sols naturels : faut-il un diagramme de décision pour la détermination ?
- jusqu'où il convient de désigner des sols comme des anthroposols / technosols : tant que les processus pédogénétiques naturels ne dépassent pas les caractéristiques anthropiques / technogènes ? (une question cruciale pour la classification des anthroposols et des technosols dans la rKLABS).

Buts

Le lot LT7.1 poursuit les buts suivants :

- clarifier comment les anthroposols et les technosols peuvent être intégrés dans la rKLABS ;
- définir les notions « d'anthropocité » et de « technogénéité » pour la rKLABS ;
- définir les propriétés caractéristiques aux niveaux « horizon » et « sol dans son ensemble » ;
- définir des données pédologiques à relever (descripteurs) pour la saisie de l'anthropocité / de la technogénéité ;
- établissement d'une liste des matériaux parentaux et composants spécifiques anthropiques et technogènes.

11.1.1 Lot de tâches LT7.1.a : Bases de l'anthropocité et de la technogénéité, incorporation dans la rKLABS

Ce lot de tâches sera traité par un mandataire externe. L'atelier (étapes 4 à 6) sera organisé et dirigé en coopération avec la DP.

Procédure

La procédure se divise en sept étapes :

1. Séance de démarrage

2. Définition de l'anthropocité et de la technogénéité

- Définition de l'anthropocité / technogénéité pour la Suisse (clarifier les questions ci-dessus).

Produit attendu : rapport succinct.

3. Projet de liste des matériaux parentaux

Établissement d'un concept puis, première version de la liste des matériaux parentaux et composants spécifiques. Au préalable, le concept sommaire devra être discuté avec la DP.

Produits attendus : projet de liste des matériaux parentaux et composants spécifiques (voir explications ci-dessus).

4. Entretien intermédiaire concernant les versions provisoires

Produit attendu : procès-verbal

5. Préparation de l'atelier concernant l'incorporation des anthroposols et des technosols dans la rKLABS

- Préparation de l'atelier : définition plus précise des problématiques ; choix des participants, détermination des tâches des participants, préparation des tâches par les participants.

Produit attendu : « devoirs » préparés par les participants en préalable à l'atelier.

6. Réalisation de l'atelier, procès-verbaux et documentation

- Première étape : présentation et discussion des résultats de la partie 1 (anthropocité, technogénéité, matériaux parentaux).
- Deuxième étape : présentation de diverses possibilités d'incorporer les anthroposols et des technosols dans la rKLABS. Chaque participant présente une possibilité de classification (par exemple intégration à l'aide de sous-types, recours au Référentiel pédologique, à la WRB, à la KA5/6, éventuellement à la « Soil Taxonomy », etc.) en se fondant sur quelques exemples concrets (par exemple profil de sol remis en culture, profil de sol ayant subi un bêchage profond).

- Troisième étape : les participants comparent les différents concepts de classification avec la définition de l'anthroposol / de la technosol pour la Suisse : où les « définitions » et concepts coïncident-ils ? Que manque-t-il ? Est-il possible de reprendre une classification existante ?
- Quatrième étape : prise de décision ; comment faut-il intégrer les anthroposols et les technosols ? Les concepts d'anthroposol et de technosol en Suisse sont-ils satisfaisants ou que manque-t-il ?

Produit attendu : procès-verbal et documentation de l'atelier dans un rapport succinct.

7. Entretien intermédiaire concernant la suite de la procédure et la répartition du travail

Au cours de cet entretien intermédiaire qui sert aussi de débriefing de l'atelier, on établira la suite de la procédure et la répartition du travail (le lot LT 7.1b doit-il être traité par un mandataire externe ou par l'équipe de projet restreinte ?).

Produit attendu : procès-verbal.

11.1.2 Lot de tâches LT7.1b : Rédaction de définitions des anthroposols et des technosols pour la rKLABS, et finalisation de la liste des matériaux parentaux

Le traitement de ce lot de tâches dépend des décisions prises lors de l'atelier (mandataire externe ou équipe de projet restreinte).

1. Élaboration de la classification des sols pour les anthroposols et des technosols

En se fondant sur les décisions prises lors de l'atelier, on mettra au point une classification des anthroposols et des technosols.

Produit attendu : projet de classification rKLABS pour les anthroposols et les technosols (horizons caractéristiques, types et sous-types de sols et, le cas échéant, données pédologiques à relever en sus).

2. Révision de la liste des matériaux parentaux anthropiques / technogènes

Les ébauches de listes de matériaux parentaux et composants spécifiques anthropiques / technogènes élaborées dans le cadre du lot LT7.1a sont finalisées en se fondant sur les décisions prises.

Produit attendu : liste révisée des matériaux parentaux et composants spécifiques anthropiques / technogènes.

3. Consultation d'experts, révision, finalisation

Les résultats sont présentés pour avis à une sélection d'experts, si nécessaire, puis révisés et mis en consultation (comité d'experts, comité du projet, mandant du projet).

Produits attendus : classification rKLABS pour les anthroposols et les technosols, listes finalisées des matériaux parentaux / composants spécifiques.

4. rKLABS-Doc, glossaire

Produit attendu : documentation des modifications conformément aux instructions, compléments apportés au glossaire (d'entente avec la DP).

5. Séance de clôture

Produit attendu : procès-verbal.

11.1.3 Lot de tâches LT7.2 : Sols naturels : horizons, types et sous-types de sols (suite du travail sur les notices TYPsol)

Introduction

En se fondant sur les analyses et interprétations de données du lot LT2, ainsi que sur les résultats issus d'autres lots (LT3, LT4, LT5, LT6), il s'agit ici d'élaborer les critères de classification rKLABS pour les horizons et les types de sols. Les sous-types seront révisés à partir des définitions disponibles et des besoins formulés.

Procédure

1. Séance de démarrage

Lors de la séance de démarrage, on déterminera les types de sols à prendre en compte pour la recherche effectuée dans la littérature spécialisée disponible, puis on procédera à la répartition du travail. On effectuera au préalable une comparaison entre les types de sols définis dans l'aKLABS (avec les processus pédogénétiques correspondants) et les types de sols et processus pédogénétiques reconnus sur le plan international.

Produits attendus : procès-verbal, comparaison entre l'aKLABS et les processus pédogénétiques reconnus sur le plan international.

2. Recherche bibliographique sur les processus pédogénétiques

Cette tâche sera réalisée par l'équipe de projet restreinte avec l'appui d'experts.

Il s'agit de caractériser plus précisément les processus pédogénétiques sur lesquels se fondent les types de sols, les caractéristiques qui en résultent pour les horizons (critères de classification, descripteurs) et les caractéristiques du sol dans son ensemble, ainsi que leur quantification et les possibilités de les estimer, mesurer et analyser. Ainsi pour la brunification :

- description du processus,
- des caractéristiques qui en résultent pour l'horizon concerné et le sol dans son ensemble [p. ex. succession des horizons],
- possibilités de l'estimer, de la mesurer et de l'analyser,
- « valeurs de référence » qui doivent être prises en compte pour les décisions).

Pour cela, on procédera à une recherche dans la littérature spécifique et à des comparaisons avec d'autres approches de classification (approche du WSL¹² (Walthert et al. 2004; Blaser et al. 2005 ; Zimmermann et al. 2006), approche de Gobat dans « Sols et paysages »¹³ (Gobat et Guenat 2019), Référentiel pédologique (Baize et Girard 2009), KA5 (KA5 2005) ou bientôt KA6 (pas encore publié), WRB (WRB 2015), littérature scientifique, etc.). Lors de cette étape, on tiendra également compte si nécessaire des types de sols et des processus pédogénétiques qui ne sont pas inclus dans l'aKLABS.

Les travaux de cette étape doivent être menés par des experts des divers types de sols concernés et/ou des membres de l'équipe de projet restreinte.

Remarque : on intégrera également ici les résultats d'autres lots de tâches réalisés en amont.

Les résultats de la recherche bibliographique seront insérés dans des notices TYPsol.

Produits attendus : notices TYPsol complétées sur les points suivants :

- description des processus pédogénétiques ;

¹² Le volume 1 de « Waldböden der Schweiz », au chapitre 8 (p. 212ss.) et à l'annexe 2, présente la systématique pédologique et les méthodes d'investigation utilisées pour décrire et caractériser les sols dans cet ouvrage.

¹³ Dans son livre « Sols et paysages », Jean-Michel Gobat décrit et caractérise les sols de Suisse romande. Il a choisi le Référentiel pédologique pour les classer, mais a toutefois « traduit » certains profils de sols dans le système de l'aKLABS et fourni une clé de détermination des horizons, des types de sols et des formes d'humus des sols de Suisse romande.

- description des caractéristiques qui en découlent pour les horizons, la succession des horizons et le sol dans son ensemble (quels sont les critères de classification, les descripteurs) ;
- désignation des méthodes envisageables ou nécessaires pour l'estimation, la mesure et l'analyse sur le terrain, et définition de « valeurs de référence » pour la prise de décisions.

3. Entretien intermédiaire avec la DP et l'équipe de projet en ce qui concerne l'analyse des données et l'interprétation, ainsi que les résultats de la recherche bibliographique, puis définition de la suite de la procédure

L'entretien intermédiaire réunira l'équipe de projet restreinte ainsi que des experts spécifiques. On y discutera de la suite de la procédure (travaux requis) et on y répartira les tâches. En guise de préparation à la séance, on montrera pour chaque type de sol quelles sont les tâches et étapes ultérieures requises.

Lors de cet entretien intermédiaire, on comparera les résultats de l'analyse de données et de l'interprétation (représentation de la pratique de classification actuelle et des propriétés pour les horizons et types de sols, critères de classification disponibles) avec les résultats de la recherche bibliographique et les conclusions provenant d'autres lots de tâches (tels que LT3, LT4 et LT5). Lors de la séance, les décisions suivantes devront être prises :

- types de sols repris définitivement dans la rKLABS ;
- par type de sol : besoins identifiés pour la suite de la procédure (des critères de classification / descripteurs ont-ils été identifiés, d'autres interprétations et recherches bibliographiques sont-elles nécessaires ?) ;
- répartition des travaux à venir : qui assume quelles tâches (→ il est souhaité que le traitement se fasse en fonction du type de sol).

Produit attendu : procès-verbal.

4. Première version des sous-types révisés

En partant des définitions disponibles et des besoins identifiés (Zürcher et Bader 2018), ainsi que des résultats des travaux préparatoires (LT2 à LT6), on établira une première version de document pour la révision des sous-types. Pour chacun de ceux-ci, il s'agira de montrer quelles autres étapes sont encore nécessaires (analyse de données, par exemple).

Produits attendus :

- première version des sous-types révisés ;
- prochaines étapes de travail nécessaires pour finaliser les documents.

5. Deuxième version des critères de classification rKLABS pour les horizons et les types de sols

Cette étape sera assumée par l'équipe de projet avec l'aide, le cas échéant, d'une sélection d'experts.

En se fondant sur l'entretien intermédiaire, on révisera les critères de classification pour les horizons, les successions d'horizons et les types de sols.

Produits attendus :

- deuxième version des critères de classification rKLABS pour les horizons (descripteurs, valeurs de référence nécessaires pour la prise de décisions) ;
- deuxième version des critères de classification rKLABS pour les types de sols (succession des horizons, valeurs de référence nécessaire pour la prise de décisions, etc.).

6. Discussion des versions provisoires des critères de classification rKLABS pour les horizons, les types et les sous-types de sols, au sein de l'équipe de projet ainsi qu'avec des experts

Cette étape sera réalisée par l'équipe de projet et une sélection d'experts. Il est prévu d'organiser environ sept séances portant à chaque fois sur deux à quatre types de sols : durant chaque séance, la DP discutera des versions provisoires avec des experts spécifiques et établira comment ces versions doivent être finalisées.

Les secondes versions des définitions rKLABS des critères de classification pour les horizons, les types et les sous-types de sols seront discutées dans le cadre de séances / ateliers. On établira alors les

étapes de traitement ultérieures. La révision et la finalisation seront effectuées par l'équipe de projet restreinte, avec l'aide des experts sollicités. Les tâches seront réparties lors de la séance / de l'atelier.

Produits attendus :

- procès-verbal de la séance ;
- versions provisoires des critères de classification rKLABS pour les horizons, avec des remarques sur la finalisation (qui en est chargé et quels sont les besoins) ;
- versions provisoires des critères de classification rKLABS pour les types et les sous-types de sols, avec des remarques sur la finalisation (qui en est chargé et quels sont les besoins) ;
- versions provisoires de la quantification des critères de classification, avec des remarques sur la finalisation (qui en est chargé et quels sont les besoins).

7. Finalisation des versions provisoires des critères de classification rKLABS

Cette étape sera menée à bien par l'équipe de projet, si nécessaire avec l'aide d'experts spécifiques.

Finalisation des versions provisoires en se fondant sur l'entretien de l'étape 6. Les définitions rKLABS finalisées sont mises en consultation.

Produits attendus :

- version finalisée des critères de classification rKLABS pour les horizons, les types et les sous-types de sols;
- quantification finalisée des critères de classification.

8. rKLABS-Doc, glossaire

Ce travail sera effectué par l'équipe de projet.

Produits attendus : documentation des modifications conformément aux instructions, mise à jour continue du glossaire (d'entente avec la DP).

9. Entretien de clôture

Produit attendu : procès-verbal.

11.2 Lot de tâches LT7.3 : Formes d'humus

Ce lot de tâches sera confié à un mandataire externe.

Le lot LT7.3 doit permettre de réviser l'approche et la classification appliquées aux formes d'humus en Suisse. Le but est de développer, dans la mesure du possible, une approche et un système de classification des formes d'humus qui soient applicables à toute la Suisse.

Les besoins en la matière et les problématiques concernées sont définis dans (Zürcher und Bader 2018). En outre, le projet de chapitre 3.2.7 « Humusformen » du manuel allemand KA6 (pas encore publié) a servi de référence, tout comme la publication « European Humus Forms Reference Base » (Zanella et al. 2011; Zanella et al. 2018). Ces documents doivent continuer à être utilisés comme bases pour la révision de la classification des formes d'humus. Le principe suivant s'applique : les formes d'humus et les types de sols sont considérés séparément et classés selon des principes distincts.

Problématiques et besoins identifiés pour décrire les formes d'humus dans le profil / en un point :

- terminologie : élaboration des définitions nécessaires, avec mention de la variabilité spatiale et temporelle (termes allemands: organische Substanz des Bodens / des Oberbodens, Humus, Humusform, Humusprofil, Auflagehumus [Humushorizonte des Auflagehumus], Mineralbodenhumus (Humushorizonte im mineralischen / organischen? Oberboden), Feinhumus (organische Feinsubstanz des Humus), Humustextur, Humusgefüge, etc.)¹⁴
- explication des processus pédogénétiques déterminants : humification, minéralisation, etc.
- principes de détermination ponctuelle de la forme d'humus : où et comment détermine-t-on la forme d'humus ? méthode de terrain, procédure ? caractéristiques, etc. ;
- de quelles méthodes de laboratoire dispose-t-on à cet effet ? (par exemple pour quantifier le degré d'humification¹⁵) ;
- systématique des formes d'humus → démarche axée sur les fondements mentionnés ci-dessus :
 - définir quelles formes d'humus doivent être intégrées à la rKLABS : formes d'humus dans les prairies et en forêt ; formes d'humus spéciales telles que mull calcaire, tangel ou rhizoformes ; formes initiales de la matière organique (par exemple sur sols rocheux) ;
 - clarifier s'il faut définir des particularités régionales (avec par exemple des références au Plateau, à l'Arc alpin, au versant méridional des Alpes) ;
 - structurer selon le régime hydrique (formes sèches, humides, très humides, etc.) : définir des critères de classification / délimitation sur le terrain et en laboratoire, et clarifier la nomenclature ;
 - définir les horizons caractéristiques / diagnostiques.

Cartographie des formes d'humus / extrapolation à la surface en forêt :

- approche ponctuelle – extrapolation à la surface en forêt ;
- critères pour la sélection du lieu examiné.

Difficultés qu'il convient de prendre en compte et, le cas échéant, d'intégrer à la révision :

- variabilité spatiale et temporelle (doit être décrite – si nécessaire, une comparaison de séries temporelles peut être faite pour documenter le changement possible des formes d'humus) ;

¹⁴ NdT : comme la notion d'« humus » est comprise différemment en français et en allemand, une multitude de termes appartenant à ce champ sémantique doivent être définis et mis en correspondance dans les deux langues. Un atelier (voir étape 2) sera organisé dans ce but.

¹⁵ Prendre en compte les sols organiques à nappe permanente et le degré de décomposition de la tourbe.

- en complément à la forme d’humus : classe d’état biologique (de la décomposition et de la transformation de la litière) en fonction du type de station forestière, de l’âge du peuplement, du traitement sylvicole ;
- indications concernant l’interprétation possible des classes de formes d’humus pour la transformation des éléments nutritifs, conditions pour une situation de renouvellement naturel (lit de germination et phase d’enracinement), inventaire CO₂.

Les étapes suivantes sont prévues :

1. Séance de démarrage

Définition plus précise de la procédure.

Produit attendu : procès-verbal.

2. Évaluation des critères de classification et des formes d’humus / concept pour la suite de la procédure

- Élaboration de la définition des termes
Élaboration de principes pour la détermination ponctuelle des formes d’humus et l’extrapolation à une surface : où et comment détermine-t-on la forme d’humus ?
- La classification des formes d’humus de l’aKLABS doit être comparée à la classification correspondante du KA6 (pas encore publié), ainsi qu’avec la publication « European Humus Forms Reference Base » (Zanella et al. 2011; Zanella et Ascher-Jenull 2018a, 2018b)¹⁶ et avec l’approche du WSL (Walthert et al. 2004) : quelles sont les formes d’humus utilisées dans l’aKLABS et dans la pratique cartographique actuelle (par exemple cartographies en cours à SO, ZH) et comment sont-elles définies ou déduites (principes de classification, limites entre les diverses formes d’humus) ? Quelles sont les formes d’humus mentionnées dans le KA6 ou chez Zanella, et comment y sont-elles définies, déduites et délimitées ? Quelles sont les différences ? Quelles formes d’humus ne trouve-t-on pas dans l’aKLABS ?
- On expliquera dans un bref rapport à quoi doit ressembler la suite de la procédure. Une analyse de données est-elle nécessaire ? Peut-on ou doit-on reprendre une classification des formes d’humus existante ou faut-il étendre la classification de l’aKLABS ? Qu’en est-il de la rétrocompatibilité ?

Produits attendus :

- définition des termes ;
- rapport concernant les principes de détermination ponctuelle des formes d’humus et d’extrapolation à une surface ;
- liste et rapport concernant la comparaison des classifications des formes d’humus ;
- concept pour la suite de la procédure : quelles formes d’humus faut-il inclure dans la rKLABS ? quels principes de classification doit-on appliquer ? comment peut-on délimiter les formes d’humus les unes par rapport aux autres ? peut-on et doit-on reprendre une classification existante ? ou faut-il étendre la classification de l’aKLABS ? qu’en est-il de la rétrocompatibilité ? de la régionalisation ?

3. Entretien intermédiaire avec la DP et des experts

Durant cette rencontre, on discutera des résultats de la deuxième étape et décidera de la suite de la procédure.

Produit attendu : procès-verbal et décisions.

4. Élaboration de la classification des formes d’humus rKLABS

En se fondant sur les résultats de l’entretien intermédiaire, on élabore la classification des formes d’humus et la méthode de détermination des formes d’humus (ponctuelle / surfacique). À cet effet, il pourrait être nécessaire d’effectuer une analyse et une interprétation ciblées de données.

¹⁶ À ce sujet, voir aussi la clé de détermination des formes d’humus dans Gobat et Guenat (2019).

Produits attendus :

- première version de la classification des formes d’humus avec : schéma de structuration, formes d’humus, horizons caractéristiques, éventuellement manifestations et particularités régionales ;
- première version des règles pour la détermination ponctuelle des formes d’humus et leur extrapolation à une surface.

5. Consultation d’experts, finalisation

Les résultats de la quatrième étape sont discutés avec une sélection d’experts, puis finalisés.

Produits attendus :

- classification finalisée des formes d’humus avec : schéma de structuration, formes d’humus, horizons caractéristiques, éventuellement manifestations et particularités régionales ;
- règles finalisées pour la détermination ponctuelle des formes d’humus et leur extrapolation à une surface.

6. Définition de sous-types pour les formes d’humus

En se fondant sur la classification des formes d’humus qui a été élaborée, on définira les sous-types pour les formes d’humus.

Produit attendu : définition des sous-types pour les formes d’humus.

7. rKLABS-Doc, glossaire

Produit attendu : documentation des modifications conformément aux instructions, mise à jour continue du glossaire (d’entente avec la DP).

8. Séance de clôture

Produit attendu : procès-verbal.

11.3 Lot de tâches LT7.4 : Profondeur utile pour les plantes

Les problématiques et buts visés dans le cadre du lot LT7.4 sont présentés dans le cahier des charges « profondeur utile » (cahier des charges « Vorbereitungsarbeiten Expertenrunde pflanzennutzbare Gründigkeit », version du 1^{er} juillet 2019). On ne les répétera pas ici.

Les étapes suivantes sont prévues :

11.3.1 Lot de travail LT7.4a : Atelier avec des institutions spécialisées

Ce lot de tâches sera confié à un mandataire externe.

- 1. Séance de démarrage**
- 2. Acquisition de bases**
- 3. Analyse des définitions et règles existantes, analyse de la pertinence et de leur utilisation, c.-à-d. de la pratique**
- 4. Présentation des résultats**
- 5. Discussion des résultats avec des experts**
- 6. Entretien intermédiaire, définition des buts de l'atelier**
- 7. Préparation de l'atelier avec des institutions spécialisées**
- 8. Réalisation de l'atelier avec des institutions spécialisées, établissement du procès-verbal**
- 9. Compte rendu, glossaire**
- 10. Entretien de clôture**

11.3.2 Lot de tâches LT7.4b : Recherche bibliographique sur l'aptitude des plantes à s'enraciner

Ce lot de tâches sera confié à un mandataire externe.

- 1. Séance de démarrage**
- 2. Concrétisation des problématiques (groupes de plantes de référence, propriétés du sol / de la station à prendre en compte), répartition du travail**
- 3. Entretien intermédiaire ou information de la DP par écrit**
- 4. Recherche bibliographique et première version de la compilation / des résultats**
- 5. Entretien intermédiaire**
- 6. Compte rendu, glossaire**
- 7. Entretien final**

11.3.3 Lot de tâches LT7.4c : Cercle d'experts / atelier profondeur utile

Ce lot de tâches sera traité dans le cadre d'un cercle d'experts.

Le contenu exact abordé par ce cercle d'experts ne pourra être défini qu'une fois disponibles les résultats issus des sous-mandats 1 et 2.

- 1. Synthèse et définition plus précise des problématiques**
- 2. Préparation du cercle d'experts / des ateliers**
- 3. Mise en œuvre du ou des atelier(s)**
- 4. Synthèse de l'atelier et compte rendu**
- 5. rKLABS-Doc, glossaire**

6. Entretien final

11.3.4 Lot de tâches 7.4d : Élaborer un sous-type pour la profondeur utile

Ce lot de tâches sera pris en charge par la DP.

En se fondant sur les résultats des lots de tâches précédents, il s'agira de formuler le sous-type pour la profondeur utile et de l'intégrer à la rKLABS.

11.4 Lot de tâches LT7.5 : Jeu de données de classification, relevé et classement des données

En se fondant sur les lots de tâches précédents, on peut déduire quelles données pédologiques doivent impérativement être relevées pour la classification (= jeu de données de classification). Dans le cadre de ce lot, on élaborera ou révisera le classement des données, les méthodes de terrain et les aides à la détermination liées à ce jeu de données.

Réexamen du classement des données

Dans le cadre de la révision, les points suivants sont élaborés ou révisés pour toutes les propriétés pédologiques à relever :

- relevé complet ou exhaustif d'une caractéristique pédologique : toutes les propriétés du sol sont prises en compte¹⁷ (par exemple squelette : dimensions, forme ; autres paramètres tels que degré d'altération, type de roche, etc.) ; le relevé permet-il d'atteindre le but visé ?
- classement des données : les classes sont-elles pertinentes et aisées à différencier sur le terrain ; sont-elles compatibles avec l'aKLABS ; sont-elles comparables à d'autres classifications sur le plan international ?
- méthodes de terrain (méthodes de laboratoire → voir le lot LT8).

Les règles de classement des données sont étroitement coordonnées avec les lots LT7.1 à LT7.3 (ces lots indiquent quelles données doivent être relevées : pour certaines données pédologiques, le classement des données sera probablement déjà réglé lors du traitement de ces lots → limite fluctuante). Ce travail sera donc mené par une équipe de projet restreinte et de composition constante.

Méthodes de terrain

Par « **méthode de terrain** », on entend une méthode d'investigation qui permet de mesurer ou d'estimer une propriété du sol sans quitter le terrain. Exemples : tests à l'acide chlorhydrique pour estimer la teneur en carbonates de calcium ou test tactile pour estimer la texture.

Méthode de terrain estimative :

Par « méthode de terrain estimative », on entend une méthode pour estimer sur le terrain une propriété du sol (qui pourrait aussi être *mesurée* sur le terrain ou en laboratoire). Les pédologues expérimentés peuvent estimer avec une précision relativement élevée des variables qui pourraient également être mesurées.

Méthode de terrain quantitative :

Par « méthode de terrain quantitative », on entend une méthode de détermination quantitative d'une propriété spécifique du sol, qui comprend toutes les étapes requises, du prélèvement de l'échantillon à la mesure sur le terrain en passant par la préparation de l'échantillon. Contrairement à une méthode de laboratoire quantitative, une méthode de terrain quantitative est effectuée « in situ ». Elle se distingue toutefois la plupart du temps de la méthode de laboratoire correspondante par une précision réduite et une reproductibilité moindre (les conditions ne sont pas contrôlées comme en laboratoire, les instruments de mesure moins précis et moins sensibles).

Les **critères pour l'évaluation** des méthodes de terrain estimatives et quantitatives sont les suivants : choix du « morceau » à prendre en considération / échantillon, prélèvement, nombre d'échantillons,

¹⁷ Le relevé des données pédologiques peut, par exemple, suivre la séquence suivante :

1. Apparence (phénomène visible).
2. Forme (répartition et organisation dans l'espace).
3. Degré (intensité, force).
4. Classe de proportion de surface ou de proportion de volume (quantification, pourcentage).
5. Classe de grandeur (quantification, diamètre, épaisseur).

préparation des échantillons, méthode de terrain, instruments et moyens auxiliaires requis, aides / guides pour l'appréciation de la précision, taux d'erreur / moyen d'éviter autant que possible les erreurs, volume de travail, pertinence, coûts.

Des méthodes de terrain seront définies pour toutes les données pédologiques incluses dans le jeu de données de classification.

La documentation des méthodes de terrain doit rester la plus concise possible, tout en gardant la précision indispensable. Des vidéos ou des photographies sont également envisageables pour illustrer la méthode. Les éléments suivants font partie de la documentation d'une méthode de terrain :

- procédure de sélection du « morceau » à prendre en considération, détermination du nombre d'échantillons, conditions préalables à l'application de la méthode (par exemple dépendance de la méthode envers le pH, la teneur en carbonates, la teneur en matière organique, la pierrosité, la teneur en eau du sol) ;
- description actuelle de la méthode : méthode pédologique de terrain, estimative ou quantitative, et, le cas échéant, aide à la détermination (comparaison entre diverses méthodes, sélection de la méthode ou des méthodes les plus appropriées pour la rKLABS, documentation) ;
- possibilité d'éviter le risque d'artéfact ;
- règles pour le traitement de l'hétérogénéité extrême : comment peut-on gérer l'hétérogénéité d'un horizon ou d'un pédon, comment peut-on la saisir ?
- contrôle de plausibilité des estimations, incertitudes liées aux estimations.

Des tests méthodologiques seront menés pour certaines méthodes de terrain qui n'ont pas encore été éprouvées dans la pratique pédologique. Quant aux méthodes éprouvées, elles seront mieux documentées (par rapport à l'aKLABS) et complétées d'aides à l'estimation, à la décision ou à la détermination.

11.4.1 Lot de tâches LT7.5a : Volume des jeux de données de base et de classification

Ce lot de tâches sera traité par l'équipe de projet restreinte.

Dans le cadre de ce lot, on détermine l'étendue du jeu de données de base et du jeu de données de classification. Ces travaux sont étroitement coordonnés avec le Module B du projet de révision.

Produit attendu : définition des données pédologiques à relever pour le jeu de données de base et le jeu de données de classification.

11.4.2 Lot de tâches LT7.5b : Relevé de données (classement des données et méthodes de terrain), jeu de données de classification

Ce lot de tâches sera traité par l'équipe de projet restreinte.

Dans le cadre de ce lot, on examine et documente le classement des données et les méthodes de terrain pour les données pédologiques contenues dans le jeu de données de classification (à l'exception de la structure, de l'hydromorphie / des traits rédoxiques, de la masse volumique → autres LT). Certaines propriétés pédologiques à relever ont déjà été fixées et leur élaboration peut débuter immédiatement (par exemple squelette, pH, matière organique, teneur en carbonates [limite des carbonates], texture, intensité de l'enracinement, degré de décomposition des sols tourbeux, niveaux de la nappe / épaisseur de la zone non saturée). D'autres propriétés pédologiques à documenter ne seront mises en évidence qu'au cours de la révision ou une fois connu le jeu de données de classification définitif (par exemple indicateurs biologiques, propriétés spécifiques à un type de sol, etc.).

En automne 2020, le CCSols pourra présenter les premiers résultats de l'analyse de marché concernant les méthodes de mesure de terrain chimiques / physiques et biologiques. Les résultats de cette étude seront directement pris en compte lors du traitement de ce lot de tâches. Les différentes étapes pour l'évaluation des méthodes de mesure seront adaptées une fois connus les résultats du mandat du CCSols (par exemple, l'évaluation et la description des méthodes de mesure de terrain pourraient être supprimées pour certaines ou pour toutes les données pédologiques à relever). Le

CCSoils peut prendre à son compte certains travaux complémentaires (par exemple le test de certaines procédures de mesure sur le terrain).

1. Détermination des données pédologiques à relever

Travail assumé par la DP.

2. Séance de démarrage

Discussion portant sur la procédure, sur le calendrier et sur la répartition du travail au sein de l'équipe de projet.

Produit attendu : procès-verbal.

3. Examen de du classement des données

Pour chaque propriété pédologique à relever, on examinera quels paramètres il est judicieux de connaître pour obtenir le point de vue / le relevé le plus complet possible. Les classes seront réexaminées et si nécessaire adaptées ou nouvellement créées pour les grandeurs qui doivent être relevées.

Produits attendus : proposition de classement des données révisée, définition précise du classement des données.

4. Évaluation des méthodes de terrain

Pour chaque propriété pédologique, on recherchera des méthodes de terrain envisageables. Les méthodes de terrain actuellement usuelles en Suisse seront comparées aux autres méthodes et expertisées de manière critique (pour les critères, voir ci-dessus ; des tests de terrain seront éventuellement requis et doivent être inclus ; voir également à ce sujet le lot LT5 concernant la masse volumique apparente). On mettra en évidence quelles aides à l'estimation ou à la décision sont disponibles pour quelles méthodes de terrain, ou lesquelles doivent être élaborées. Une proposition devra montrer comment les méthodes de terrain dans la rKLABS peuvent être documentées de manière standardisée (pour les critères, voir ci-dessus).

Produits attendus : évaluation des méthodes de terrain estimatives et quantitatives, mise en évidence des besoins et propositions d'aides à la décision, proposition pour la documentation des méthodes de terrain dans la rKLABS.

5. Entretien intermédiaire

Les résultats seront discutés avec la DP. On établira quels aspects et quelles méthodes de terrain doivent être documentés pour la rKLABS et où les classes devraient éventuellement être adaptées.

Produit attendu : procès-verbal.

6. Documentation du relevé des données : classes et méthodes de terrain

Le classement des données et les méthodes de terrains sont documentés pour la rKLABS.

Produit attendu : première version de la documentation rKLABS.

7. Consultation d'experts et finalisation

Les versions provisoires sont soumises à une sélection d'experts, finalisées et mises en consultation.

Produit attendu : documentations rKLABS finalisées.

8. rKLABS-Doc, glossaire

Produits attendus : documentation des modifications conformément aux instructions, mise à jour continue du glossaire (d'entente avec la DP).

9. Entretien de clôture

Produit attendu : procès-verbal.

11.4.3 Lot de tâches LT7.5c : Structure

Ce lot de tâches sera confié à un mandataire externe.

En se fondant sur le classeur FAL41 concernant la structure du sol (Nievergelt et al. 2002), on rédigera une brève méthode avec une documentation sur la structure du sol. Les étapes suivantes sont prévues :

1. Séance de démarrage

Produits attendus : procès-verbal.

2. Évaluation des formes structurales manquantes, évaluation des formes structurales à documenter

À l'aide d'une comparaison avec la littérature spécialisée disponible et avec d'autres classifications, on évaluera les formes structurales PÉDOGÈNES manquantes dans le classeur FAL41 (ibid.) – par exemple les structures « fluffy » décrites dans le livre « Sols et paysages », les structures dans les horizons agglomérés, les formes structurales dans les sols organiques, dans les sols marécageux bien aérés, les accumulations organiques, etc. Il s'agit de montrer quelles formes structurales sont présentes dans quels horizons ou sous quelles conditions et comment on peut les distinguer sur le plan morphologique (extension du classeur FAL41 sur les structures).

Produit attendu : liste avec évaluation et description des formes structurales manquantes.

3. Concept pour l'élaboration de l'aide à la détermination permettant de déduire les formes structurales

En se fondant sur des critères morphologiques, il convient d'élaborer une aide à la décision pour la détermination des structures en fonction de la texture, de la teneur en matière organique et de la genèse (?). La troisième étape consiste à préparer le concept pour la rédaction de cette aide à la détermination.

Produits attendus : rapport / concept succinct.

4. Concept / évaluation du relevé des données

Grâce à une recherche bibliographique, on établira quels aspects doivent être relevés pour une prise en compte / appréciation globale de la structure, en plus de la forme et de la taille, et quelle est leur pertinence notamment en ce qui concerne la profondeur utile pour les plantes (par exemple solidité des agrégats isolés, cohérence, rugosité de surface, porosité, changement de couleur entre l'intérieur et l'extérieur, etc.). Quelles méthodes de terrain et aides à l'estimation pourrait-on envisager ?

Produits attendus : compilation issue de la recherche bibliographique, rapport succinct.

5. Entretien intermédiaire

Les étapes 1 à 5 sont discutées avec la DP, puis on détermine la suite de la procédure.

Produit attendu : procès-verbal.

6. Élaboration d'une aide à la détermination des formes structurales / documentation des formes structurales

En se fondant sur les choix faits lors de l'entretien intermédiaire, on élaborera l'aide à la détermination. On documentera (brève description, photographies) les formes structurales qui manquent dans le classeur FAL41 (et également les formes structurales à textures extrêmes, par exemple les polyèdres sableux ou les formes présentes dans des sols extrêmement riches en argile, ainsi que les formes des sols organiques [tourbe et accumulations organiques]).

Produits attendus : aide à la détermination de la structure, documentation des formes structurales.

7. Classification et documentation des méthodes de terrain

Formation des classes, élaboration et documentation des méthodes de terrain pour les données pédologiques à relever en lien avec la structure (par exemple approche visuelle de la structure, test de chute, test tactile, etc.).

Produit attendu : première version du classement des données (exception : taille et forme → contenu dans l'étape 6) et le relevé des données (méthodes de terrain) pour les grandeurs liées à la structure.

8. Consultation des experts et finalisation

Les versions provisoires sont soumises à une sélection d'experts, puis finalisées et mises en consultation.

Produit attendu : documentation rKLABS finalisée pour :

- l'aide à la détermination et la documentation révisées des formes structurales ;
- la documentation révisée du classement des données pour les grandeurs physiques liées à la structure ;
- la documentation révisée des méthodes de terrain pour les grandeurs physiques liées à la structure.

9. rKLABS-Doc, glossaire

Produits attendus : documentation des modifications conformément aux instructions, mise à jour continue du glossaire (d'entente avec la DP).

10. Entretien de clôture

Produit attendu : procès-verbal.

11.5 Lot de tâches LT7.6 : Jeu de données de base, relevé et classement des données

Ce lot de tâches sera traité par l'équipe de projet restreinte.

Dans le cadre du lot LT7.6, on examinera et documentera les surfaces de référence, les classes et les méthodes de détermination pour les caractéristiques de la station. Les problématiques concernées sont mentionnées notamment dans l'analyse des besoins (Zürcher et Bader 2018). Les tableaux de sélection doivent être examinés et révisés, les classes ne doivent par exemple pas se recouper.

Les questions suivantes doivent être clarifiées :

- Climat : réviser les tableaux de sélection (→ le tableau de sélection est adapté dans le cadre de la révision des classes d'aptitude (CA) [une tâche du CCSols]).
- Végétation / association végétale forestière / autres indications concernant la forêt et l'agriculture : examiner et réviser le tableau de sélection.
- Altitude : comment l'établir, indications concernant la précision ?
- Coordonnées nationales : comment les établir, indications concernant la précision ?
- Exposition : comment déterminer l'exposition pour un relevé ponctuel ? Surface de référence ?
- Déclivité : comment déterminer la déclivité d'une pente pour un relevé ponctuel ? Surface de référence ?
- Forme du terrain : comment déterminer la forme du terrain pour un relevé ponctuel ? Surface de référence ?
- Élément paysager : examiner le tableau de sélection.
- Microrelief : comment déterminer le microrelief pour un relevé ponctuel ? Surface de référence ?

Les étapes suivantes sont prévues :

1. Détermination des propriétés de la station à documenter

Prise en charge par la DP avec l'équipe de projet.

2. Séance de démarrage

Discussion de la procédure, du calendrier et de la répartition du travail.

Produit attendu : procès-verbal.

3. Examen des tableaux de sélection, des classes et des surfaces de référence pour les propriétés de la station

Produits attendus : préciser les besoins et proposer des solutions pour les propriétés de la station.

4. Entretien intermédiaire

Produit attendu : procès-verbal.

5. Élaboration de la documentation concernant les propriétés de la station

Produit attendu : versions provisoires :

- des tableaux de sélection ;
- de la définition des surfaces de référence ;
- de la description succincte/ documentation de la méthode de détermination des propriétés de la station.

6. Consultation des experts et finalisation

Produits attendus : définitions rKLABS finalisées de :

- des tableaux de sélection ;
- de la définition des surfaces de référence ;
- de la description succincte/ documentation de la méthode de détermination des propriétés de la station.

7. rKLABS-Doc, glossaire

Produit attendu : documentation des modifications conformément aux instructions, mise à jour continue du glossaire (d'entente avec la DP).

8. Entretien de clôture

Produit attendu : procès-verbal.

11.6 Lot de tâches LT7.7 : Sols de référence rKLABS

Ce lot de tâches sera traité par la DP et l'équipe de projet restreinte, avec le soutien d'experts et des mandataires des divers lots.

Avant-projet

Dans le cadre de la révision KLABS/KA, les exemples de sols figurant aux chapitres 6 et 7 de la troisième édition de l'aKLABS doivent être remplacés par un « réseau de sols de référence ».

Dans l'attente de la révision, les représentations de ce que pourrait être la « mise au point » d'un « réseau de sols de référence » divergent passablement : du catalogue de sols au « sentier pédologique » ouvert traversant toute la Suisse, tout est possible.

Selon l'avant-projet (Weisskopf et Zihlmann 2017), deux sous-projets doivent permettre de mettre au point le réseau de sols de référence :

« TP_A3.1 – Referenzböden (Grundstock) » : base de quelque 50 profils de sol, dont environ 10 nouveaux, par exemple des sols de montagne, des sols insubriens, ainsi que des formes de sous-types importantes qui se rencontrent fréquemment. Le « catalogue de base » de sols de référence devrait être mis en place le plus rapidement possible.

« TP_A3.2 – Referenzböden (Erweiterung des Grundstockes) » : autres descriptions détaillées de sols, nombre encore mal défini. L'extension de la liste de sols de référence ne constitue qu'une seconde priorité dans le cadre de la révision.

Le produit qui doit en résulter est un registre de descriptions de sols détaillées avec des analyses et des photos, qui sera accessible au public (sur Internet). Selon l'avant-projet, il est aussi envisageable qu'un tel registre de sols de référence contienne des profils de sols ouverts en permanence.

Situation initiale et financement

Avec la création du CCSols, la situation a fortement changé en ce qui concerne la mise en place d'un réseau de sols de référence.

Au CCSols, on élabore actuellement un concept pour la mise en place d'un réseau de profils de sols de référence propre au Centre de compétences. Comme il n'existe pas encore de concept concret à ce jour, les interactions entre les sols de référence rKLABS et le réseau de profils de référence CCSols ne sont pas encore connues. Il est toutefois prévu que les sols de référence rKLABS soient aussi repris dans le réseau de profils de référence CCSols et que les coûts de relevé des données et de documentation soient assumés conjointement par le CCSols et par la classification rKLABS.

Sols de référence rKLABS (délimitation par rapport au « réseau de profils de sols de référence ») :

Le futur réseau de référence rKLABS sert à illustrer les problématiques de classification et doit constituer une partie intégrante de la classification révisée. Fondamentalement, les sols de référence rKLABS doivent aussi bien a) mettre en évidence des manifestations « typiques » de certaines problématiques de classification (par exemple sol brun calcaire, anthroposol typique X, etc.) que b) illustrer des cas limites (par exemple entre un régosol brunifié et un sol brun peu développé).

Pour des raisons financières, et comme la répartition des coûts n'est pas encore réglée, la priorité durant la révision sera accordée en particulier à la documentation des cas limites (des profils typiques de « centres de classes » ne seront ainsi retenus que pour les types de sols qui ne figurent pas dans l'aKLABS, par exemple). Une fois la révision achevée, d'autres sols de référence viendront s'y ajouter pour compléter la documentation de la rKLABS. Ceux-ci devraient également bien illustrer les « centres de classes ». On part de l'idée qu'environ 40 sols de référence seront intégrés à la rKLABS.

Pour la documentation de sols de référence rKLABS, le projet de révision est dans une certaine mesure dépendant d'un « financement croisé » par le CCSols, en particulier lorsque des sols de référence doivent aussi pouvoir profiter à la formation et servir de lien vers d'autres classifications (WRB, RP, etc.).

Procédure de sélection des sols de référence rKLABS

Fournir des suggestions de sols de référence doit être considéré comme une tâche transversale s'étendant sur l'ensemble de la révision : pendant le traitement des lots de tâches et pour toutes les problématiques correspondantes, on restera attentif aux relevés de profils qui pourraient servir de sols de référence rKLABS (pour répondre à certaines problématiques précises) ; ou alors, on formulera des exigences ou des besoins clairs pour la recherche de sols de référence idoines.

En collaboration avec le CCSols, la DP met à disposition une « évaluation » de profils qui pourraient être envisagés comme sols de référence rKLABS. Elle définit aussi une « liste d'exigences » pour les sols de référence (exigences minimales : propriétés et analyses / mesures qui sont requises dans tous les cas pour les sols de référence KLABS), en fonction desquelles les données correspondantes déjà existantes (base de données : LT2) peuvent être classées en catégories (les sols de référence provenant des lots de tâches seront aussi catégorisés de cette manière). Par conséquent, la DP de la révision a besoin d'être invitée aux journées d'alignement et de calibrage des cartographies en cours afin de pouvoir y décider si certains sols pourraient s'avérer utiles comme sols de référence rKLABS.

Les profils pédologiques choisis comme sols de référence seront dans tous les cas décrits et documentés une nouvelle fois conformément à la rKLABS. En fonction des profils, certaines mesures et analyses devront aussi encore être menées.

Le traitement et la documentation des sols de référence se font de manière continue, dès que certains aspects de la rKLABS sont clarifiés.

Les étapes suivantes sont prévues :

1. Concrétisation du concept de sols de référence rKLABS, délimitation du contenu de la documentation et définition des exigences minimales pour les sols de référence rKLABS

Entretien avec le CCSols et sur mise en place de son réseau de profils de sols de référence. Délimitation du contenu de la documentation qui doit accompagner les sols de référence lors de leur intégration dans la rKLABS. Pour l'ensemble de la documentation, identification des données pédologiques qui a) doivent déjà être disponibles, b) peuvent encore être obtenues (si elles n'existent pas) et c) doivent dans tous les cas être encore obtenues.

Produits attendus : grille de description et de documentation sous forme de « fiche signalétique », vérification du nombre de sols de référence.

2. Analyse des données et catégorisation du jeu de données des profils pédologiques (issu de LT2)

Mise en concordance du jeu de données des profils pédologiques issu du lot LT2 avec les exigences définies à l'étape 2 et classement des données des profils dans les catégories suivantes :

- a) les exigences minimales sont remplies (seuls doivent être complétés les relevés indispensables pour l'inclusion d'un profil pédologique dans les sols de référence rKLABS, par exemple la classification spécifique) ;
- b) les exigences minimales sont remplies en partie (certains relevés, mesures ou analyses doivent être complétés) ;
- c) exigences non remplies, inapproprié.

3. Mise en concordance permanente lors du traitement des lots de tâches (sols de référence rKLABS qui en résultent) avec les exigences minimales définies

Comme pour l'étape 2 : évaluation des sols de référence rKLABS, mise en concordance avec les exigences minimales, catégorisation.

4. Relevé des données de profils pédologiques manquantes pour les sols de référence rKLABS

- obtention des permis, organisation de l'ouverture et de la refermeture du profil ;
- relevé du profil pédologique, relevé des données, classification selon la rKLABS.

5. Documentation et intégration dans la rKLABS

12. Lot de tâches LT8 : Méthodes de laboratoire

Ce lot de tâches sera traité par le CCSols. Les méthodes de terrain estimatives et quantitatives sont élaborées pour le lot LT7 dans le cadre des travaux de relevé des données (classement des données, méthodes de terrain).

Conformément à ce qui est prévu pour le lot LT7.5, il convient aussi de définir des méthodes de laboratoire de référence pour le jeu de données de classification. L'évaluation de ces méthodes sera menée par le CCSols indépendamment du projet de révision (ni le comité d'experts ni le comité de projet ne seront impliqués dans la validation de ces méthodes). Les résultats obtenus seront mis à la disposition de la révision KLABS/KA.

Comme le CCSols doit encore mener des tests de grande ampleur dans ce domaine, les méthodes proxy ont été exclues du projet de révision.

Terminologie :

Ci-après, on entend par « méthode de laboratoire » une méthode de détermination quantitative d'une propriété spécifique du sol. Cette méthode comprend toutes les étapes requises, du prélèvement de l'échantillon à sa mesure en laboratoire en passant par la préparation et le prétraitement. Contrairement aux méthodes de terrain, les méthodes de laboratoire ne sont pas appliquées sur place, « in situ » ; la précision des mesures qu'elles fournissent et leur reproductibilité sont cependant supérieures à celles des méthodes de terrain. Cela s'explique principalement par deux facteurs : d'une part, la création de conditions contrôlées dans le laboratoire (par exemple contrôle de la température ou standardisation de la teneur en eau de l'échantillon, qui est séché jusqu'à ce que son poids reste constant) ; d'autre part, le recours à des instruments de mesure plus précis, mais souvent aussi plus délicats que sur le terrain.

Les critères pour l'évaluation des méthodes sont les suivants :

- Prélèvement de l'échantillon (type de prélèvement requis sur le terrain, détermination adéquate de l'endroit du prélèvement, représentativité de l'échantillon, échantillons composites requis oui/non, réfrigération nécessaire oui/non, etc.).
- Préparation de l'échantillon (séchage, concassage, tamisage, broyage, stockage et autres étapes requises dans le laboratoire).
- Prétraitement de l'échantillon (un prétraitement est-il requis ? avantages et inconvénients de divers extraits et éluats, influence sur le résultat de la mesure, etc.).
- Méthode de mesure (mesure proprement dite de la propriété du sol, principe de mesure).
- Instruments de mesure requis (coûts, interface de données, fabricant, références du fabricant, distribution, entretien et maintenance, etc.).
- Estimation de la précision (divergences entre les répétitions d'une même procédure de mesure, ainsi que reproductibilité).
- Temps de travail total requis par la méthode de détermination (où y a-t-il des « goulets d'étranglement », quel est le volume de travail par rapport à d'autres méthodes ?).
- Coûts totaux de la méthode de détermination (il est souvent très difficile d'établir un cout par échantillon, mais on peut indiquer le niveau de cout par rapport à celui d'autres méthodes).
- Pertinence de la méthode de détermination et des paramètres associés pour une interprétation correcte (le résultat reste-t-il pertinent malgré des variations spatiales et saisonnières qui peuvent être considérables ? Quels sont les facteurs environnementaux qui doivent être connus pour pouvoir interpréter les résultats de manière judicieuse ? Données climatiques, exploitation, histoire de la station d'où viennent les échantillons, autres propriétés pédologiques telles que texture et pH, ...).
- Avantage par rapport aux méthodes de référence existantes et comparabilité des résultats.

Pour les pédologues, la manipulation de l'échantillon avant l'envoi au laboratoire constitue le principal enjeu lorsqu'on aborde les différentes méthodes (prélèvement et préparation de l'échantillon, conditions du prélèvement [par exemple capacité au champ, température], prévention des erreurs,

nécessité de disposer d'une chaîne du froid). À côté de la description ou du renvoi à la méthode de référence rKLABS, on mentionnera les aspects suivants :

- procédure de sélection de l'échantillon que l'on va analyser;
- détermination du nombre d'échantillons ;
- bases ou prérequis de la méthode (par exemple lien de dépendance entre la méthode et le pH, la teneur en carbonates, la teneur en matière organique, la pierrosité, la teneur en eau du sol) ;
- description actuelle de la méthode de référence ;
- possibilité d'éviter les artéfacts.

13. Lot de tâches LT9 : Synthèse et rédaction

Ce lot de tâches sera traité principalement par la DP, le cas échéant avec un soutien externe.

Les tâches du lot LT9 consistent à réunir les résultats des chapitres précédents, à les coordonner et à les introduire dans la classification révisée. On rédigera les chapitres généraux sur le relevé ponctuel/le relevé des données (réalisation d'un profil pédologique, relevé du profil pédologique, etc.). En se fondant sur les résultats des lots de tâches précédents, on préparera des formulaires de relevé, ainsi qu'une clé de détermination ou une aide à la détermination des types de sols. On regroupera ensuite la documentation de la révision (rKLABS-Doc).

Produits attendus :

- classification révisée, y compris chapitre général ;
- formulaire de relevé selon la rKLABS ;
- aide à la détermination des types de sols selon la rKLABS ;
- glossaire ;
- compilation de la documentation de la révision (rKLABS-Doc) ;
- liste des travaux requis pour faire évoluer la rKLABS.

14. Liste des illustrations

Figure 1. Interdépendances et interactions entre lots de tâches du Module A	5
Figure 2 : Une possibilité de documenter et d'illustrer des traits rédoxiques (exemple incomplet d'un mode de documentation envisageable).	16

15. Liste des tableaux

Tableau 1 : Vue d'ensemble des lots de tâches du Module A.	4
Tableau 2. Schéma de documentation à respecter pour les modifications apportées pendant la révision de la KLABS.	6
Tableau 3. Détermination du groupe de régime hydrique (tableau 5.3c, manuel de cartographie (ibid.)). Pour les explications, on se référera au texte.	12

16. Liste des abréviations

aKLABS	Actuelle Classification des sols de Suisse, 3 ^e édition, 2010
CA	Classes d'aptitude
CCSols	Centre de compétences sur les sols
CE	Comité d'experts
DP	Direction du projet de révision
EPFZ	École polytechnique fédérale de Zurich
FAP / FAL	Anciennes stations fédérale 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 KLABS	Groupe de travail « Classification et nomenclature » de la SSP
KA	Manuel de cartographie : Cartographie et estimation des sols agricoles, Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Zürich-Reckenholz (FAL), Zürich Reckenholz
KA5	Deutsche Bodenkundliche Kartieranleitung der Ad-Hoc-AG-Boden, 5 ^e édition (manuel allemand de cartographie)

KA6	Deutsche Bodenkundliche Kartieranleitung der Ad-Hoc-AG-Boden, 6 ^e édition, en préparation (manuel allemand de cartographie, en préparation)
KLABS	Classification des sols de Suisse
LT	Lot de tâches
NABODAT	Système national d'information pédologique (géré par le Centre de services NABODAT)
NABODATv4	Fichier national de données pédologiques, Version 4
NABODATv4+	Fichier national de données pédologiques, Version 4, élargi avec certaines données d'autres sources pour l'analyse des données dans le projet de révision.
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
rKLABS	Révision de la Classification des sols de Suisse (résultat de la révision)
rKLABS-Doc	Documentation des modifications pour la révision de la Classification des sols de Suisse
RP	Référentiel pédologique
SDA	Surfaces d'assolement
SSP	Société suisse de pédologie
TYPsol	Type de sol
WRB	World Reference Base

Bibliographie

- Baize D, Girard M-C, 2009. Référentiel pédologique 2008. Éditions Quæ, Versailles, 405 p.
- BGS, 1996. Schlüssel zur Klassifikation der Bodentypen der Schweiz, Zürich.
- BGS, 2010. Klassifikation der Böden der Schweiz Bodenprofiluntersuchung, Klassifikationssystem, Definitionen der Begriffe, Anwendungsbeispiele, inédit. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, Luzern.
- Blaser P, Zimmermann S, Luster J, Walthert L, Lüscher P, 2005. Waldböden der Schweiz. Band 2. Regionen Alpen und Alpensüdseite. Eidg. Forschungsanstalt WSL and Hep Verlag, Birmensdorf and Bern.
- Brunner J, 1997a. Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Kartieranleitung. Cartographie et estimation des sols agricoles : manuel de cartographie. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich, 176 p.
- Brunner J, Jäggli F, Nievergelt J, Peyer K, 1997b. Kartieranleitung. Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (FAL), Zürich Reckenholz, 175 p.
- Buchter B, Häusler S, 2009. Arbeitshilfe zur Erfassung und Beurteilung von Bodenschadverdichtungen. Arbeitshilfe der Bodenschutzfachstellen der Kantone AG, AI, AR, BE,, BL, BS, FR, GE, GR, JU, LU, NE, NW, OW, SG, SH, SO, SZ, TG, TI, VD, ZG und Fürstentum Liechtenstein, inédit, 12 p.
- Burgos S, Kellermann LA, 2019. Detailanalyse für die Umsetzung der Revision der Bodenklassifikation der Schweiz, inédit. BFH-HAFL, 25 p.

- Carizzoni M, Presler J, Widmer D, 2013. Gemeinsame Bodenüberwachung der Zentralschweizer Kantone (KABO-ZCH). Projekt Ila-4.1 / 5.1. Erfassung von Bodenverdichtung, inédit, 115 p.
- Gobat J-M, Guenat C, 2019. Sols et paysages. Types de sols, fonctions et usages en europe moyenne (première edition). Presses polytechniques et universitaires romandes.
- J. Presler (boden-einfach), 2019. Konzept Kartierung drainierter Böden im Raum Otelfingen / Boppelsen. Stand 14. September 2019, inédit, 47 p.
- Johannes A, 2019a. VESS 2019 - Visuelle Beurteilung der Bodenstrukturqualität. Weiterentwicklung Methode Ball et al. 2007. Provisorische Version, inédit, 2 p.
- Johannes A, 2019b. Méthodes physiques pour l'évaluation de la qualité de la structure du sol, VD, 21 p.
- Johannes A, Weisskopf P, Schulin R, Boivin P, 2019c. Soil structure quality indicators and their limit values. *Ecological Indicators*, 104, 686–694. Page consultée le 29.04.2020.
- KA5, 2005. Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Staatliche Geologische Dienste der Bundesrepublik Deutschland, Hannover, 438 p.
- Nievergelt J, Petrasek M, Weisskopf P, 2002. Bodengefüge Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln, inédit. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL, Zürich.
- Schwab P, undatiert / non daté. Eindringwiderstandsmessung mit dem Penetrometer. Referenzierung von Zeitreihen für die Boden-Dauerbeobachtung, inédit, 4 p.
- Schwab P, Gubler A, 2016. Methoden zur Bestimmung physikalischer Begleitparameter an Bodenproben. *Agroscope Science*, 40, 1–34.
- Vergani C, Graf F, 2016. Soil permeability, aggregate stability and root growth: a pot experiment from a soil bioengineering perspective. *Ecohydrology*, 9 (5), 830–842. Page consultée le 29.04.2020.
- Walthert L, Zimmermann S, Blaser P, Luster J, Lüscher P, 2004. Waldböden der Schweiz. Band 1. Grundlagen und Region Jura. Eidg. Forschungsanstalt WSL and Hep Verlag, Birmensdorf and Bern.
- 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.
- WRB IWG, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, inédit. Food and Agriculture Organization, Rome, 203 p.
- Zanella A, Ascher-Jenull J (éd.), 2018a. HUMUSICA 1 - Terrestrial Natural Humipedons.
- Zanella A, Ascher-Jenull J (éd.), 2018b. HUMUSICA 2 - Histic, Para, Techno, Agro Humipedons, 111 p.
- Zanella A, Jabiol B, Ponge JF, Sartori G, Waal RD, van Delft B, Graefe U, Cools N, Katzensteiner K, Hager H, Englisch M, Brethes A, Broll G, Gobat JM, Brun JJ, Milbert G, Kolb E, Wolf U, Frizzera L, Galvan P, Kolli R, Baritz R, Kemmers R, Vaccat A, Serra G, Banas D, Garlato A, Chersich S, Klimo E, Langohr R, 2011. European Humus Forms Reference Base. hal-00541496. version 2 - 1 Feb 2011, inédit.
- Zanella A, Ponge J-F, Briones MJI, 2018. HUMUSICA 1, article 8: Terrestrial humus systems and forms – Biological activity and soil aggregates, space-time dynamics. *Applied Soil Ecology*, Volume 122, 103–137. Page consultée le 13.12.2019.
- Zimmermann S, Luster J, Blaser P, Walthert L, 2006. Waldböden der Schweiz. Band 3. Mittelland und Voralpen. Eidg. Forschungsanstalt WSL and Hep Verlag.
- Zürrer M, Bader C, 2018. Analyse Handlungsbedarf für die Revision der KLABS. Revision der Klassifikation der Böden der Schweiz (KLABS) und der Kartieranleitung, inédit. creato - Genossenschaft für kreative Umweltplanung, 117 p.

5.5 Compléments au chapitre 4

Analyses de types de sols : exemple d'objectifs d'analyse pour le Sol brun



Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Abteilung Agronomie

Jiri Presler, Esther Bräm
Anina Schmidhauser

Länggasse 85
3052 Zollikofen

www.hafl.bfh.ch

Revision KLABS/KA Faktenblatt Braunerde

Bearbeitungen

Version	BearbeiterIn	Datum	Inhalt
1.0	Jiri Presler	27.01.2020	Eröffnung Faktenblatt mit Zusammenstellung Klassifikationskriterien, Definition der Auswertungsziele
1.1	Anina Schmidhauser, Esther Bräm	24.03.2020	Stellungnahme
1.2	Jiri Presler	23.03.2020	Ergänzung Schlüssel, Einarbeitung Kommentare as
1.3	Anina Schmidhauser	30.03.2020	Formale Anpassungen, kleinere Korrekturen
1.4	Jiri Presler	31.03.2020	Kleinere Ergänzungen Auswertungsziele
1.5-DEF	Anina Schmidhauser	31.03.2020	Kleinere sprachliche Anpassungen Auswertungsziele

1 Bodentyp «Braunerde» als Klassifikationsobjekt

Braunerden sind die häufigsten Böden in den aktuell detailliert kartierten Flächen der Schweiz. Obwohl die kartierten Flächen vor allem das Schweizerische Mittelland erfassen, kann man annehmen, dass die Braunerden auch in den bis jetzt nicht kartierten Flächen sehr stark verbreitet sind.

1.1 Klassifikationskriterien im hierarchischen Teil der aKLABS

Im **hierarchischen Teil der aKLABS** (BGS, 2010) wird der Bodentyp **Braunerde** mit dem **Code 1352** klassiert. Dies bedeutet, dass ein Boden der als Braunerde klassiert wird, die folgenden Kriterien erfüllen muss:

- I. **Wasserhaushalt**
regelmässig senkrecht durchwaschen, Regenmenge > Evapotranspiration, Bildung von Sickerwasser, kein Wasserstau, normal durchlüftet, oxidiert
- II. **Hauptbestandteile des Bodengerüsts**
Humus-Gesteins-Sekundärmineralböden, Tonfraktion > 5Gew.-% in der Feinerde¹, Eisen-, Aluminium- und Manganoxide sowie sekundäres Kalziumkarbonat können vorhanden sein
- III. **Kennzeichnende chemische und mineralogische Komponente des Bodengerüsts**
der massgebende Prozess ist die Tonmineral-Eisenoxid-Komplexbildung, Tonminerale sind mit Eisenoxiden verklebt oder komplex gebunden, charakteristische Farbe, Eisenoxide können sich anreichern und unter gew. Bedingungen rotbraune Überzüge bilden (Rubifizierung)
- IV. **Kennzeichnende Perkolate**
Kalziumionen dominieren in der Tauschkapazität, der pH-Wert (CaCl₂) ist ≥ 5.1 und ≤ 6.7 (neutral bis schwach sauer)

1.2 Klassifikationskriterien im Kapitel 7 der aKLABS

Im **Kapitel 7 der aKLABS** (BGS, 2010) werden Braunerden den entwickelte Böden mit B-Horizont (A/B/C-Böden) zugeordnet. Die neutrale (gewöhnliche) Braunerde wird hier wie folgt weiter spezifiziert:

- a) die Adsorptionsflächen sind grösstenteils mit Ca-Ionen belegt
- b) die Ca-Ionen dominieren auch im Sickerwasser
- c) der pH-Wert (CaCl₂) ist ≥ 5.1 und ≤ 6.7 (neutral bis schwach sauer)
- d) der unter dem Ah-Horizont anschliessende Bw-Horizont ist homogen braun
- e) die Horizontgrenzen des Bw-Horizontes sind diffus

1.3 Klassifikationskriterien im BGS-Schlüssel

Im **Schlüssel zur Klassifikation der Bodentypen der Schweiz** (BGS, 1996) der auf der aKLABS basiert, werden Böden nach den folgenden Kriterien den Braunerden zugeordnet (siehe Abb. 1):

- a) normal perkolierte (N>ET) Böden mit B-Horizont (normal drainiert, normal durchlüftet)
- b) keine Rostflecken, Marmorierungen, Streifungen bzw. kein Fremdwasser oberhalb von 90 cm Tiefe feststellbar

¹ Anmerkung: FAL-interne Klassifikation (Blaue Blätter), undatiert: «Verwitterungsböden» aus Gesteinstellen und Primärmineralien, organischer Substanz und Sekundärmineralien bestehend. Tongehalt der Feinerde > 5% (Kap. 4.1.3.: Die vorhandenen Tone können auch mit dem Muttermaterial abgelagert worden sein)

- c) Sekundärminerale (Ton, Oxide) deutlich feststellbar
- d) Beispiel-Horizontfolge: Ah-AB-Bw-BC-C
- e) Böden mit schwach ausgeprägten Staunässemerkmalen
- f) Böden mit schwach ausgeprägten Fremdwassermerkmalen
- g) Böden ohne Auswaschungs- und Anreicherungshorizont
- h) Böden ohne Anzeichen von Verlagerungen von Ton, Humus oder Oxiden
- i) Böden mit durchgehendem, kalkfreiem B- oder Bw-Horizont
- j) Böden mit einem pH-Wert (CaCl₂) von ≥ 5.1 und ≤ 6.7 im B oder Bw-Horizont
- k) Böden mit einer Basensättigung $> 50\%$ im Oberboden
- l) Böden mit einem pH-Wert > 5 im Oberboden
- m) Farbe meist nicht sehr intensiv
- n) Ausgangsmaterial im Regelfall Mischgestein

Für die schwach pseudogleyige oder pseudogleyige Braunerden gilt:

- o) pseudogleyig: Mässige Rostflecken (g-Horizont) bis zur Oberfläche erkennbar, jedenfalls in einem mehr als 20 cm mächtigen Horizont. Stärkere Rostfleckung (gg-Horizont) kann unterhalb 60 cm u.T. auftreten. z.B. pseudogleyige Braunerde mit Abfolge Ah - Bwg - BCgg - C
- p) schwach pseudogleyig: Mässige Rostflecken (g-Horizont) erst unterhalb 60 cm u.T.; wenn vorhanden, befindet sich die Obergrenze des gg-Horizontes unterhalb 90 cm u.T.

Für die schwach gleyige oder gleyige Braunerde gilt:

- q) gleyig: schwache Rostfleckigkeit kann bis zur Oberfläche reichen, evtl. nach unten zunehmend vernässt; deutliche Vernässungsmerkmale (stärkere Fleckung) zwischen 60 und 90 cm u.T.
- r) schwach gleyig: schwache Rostfleckigkeit erst unterhalb von 60 cm u.T.; nach unten evtl. zunehmend vernässt; stärkere Fleckung kann unterhalb von 90 cm u.T. auftreten.

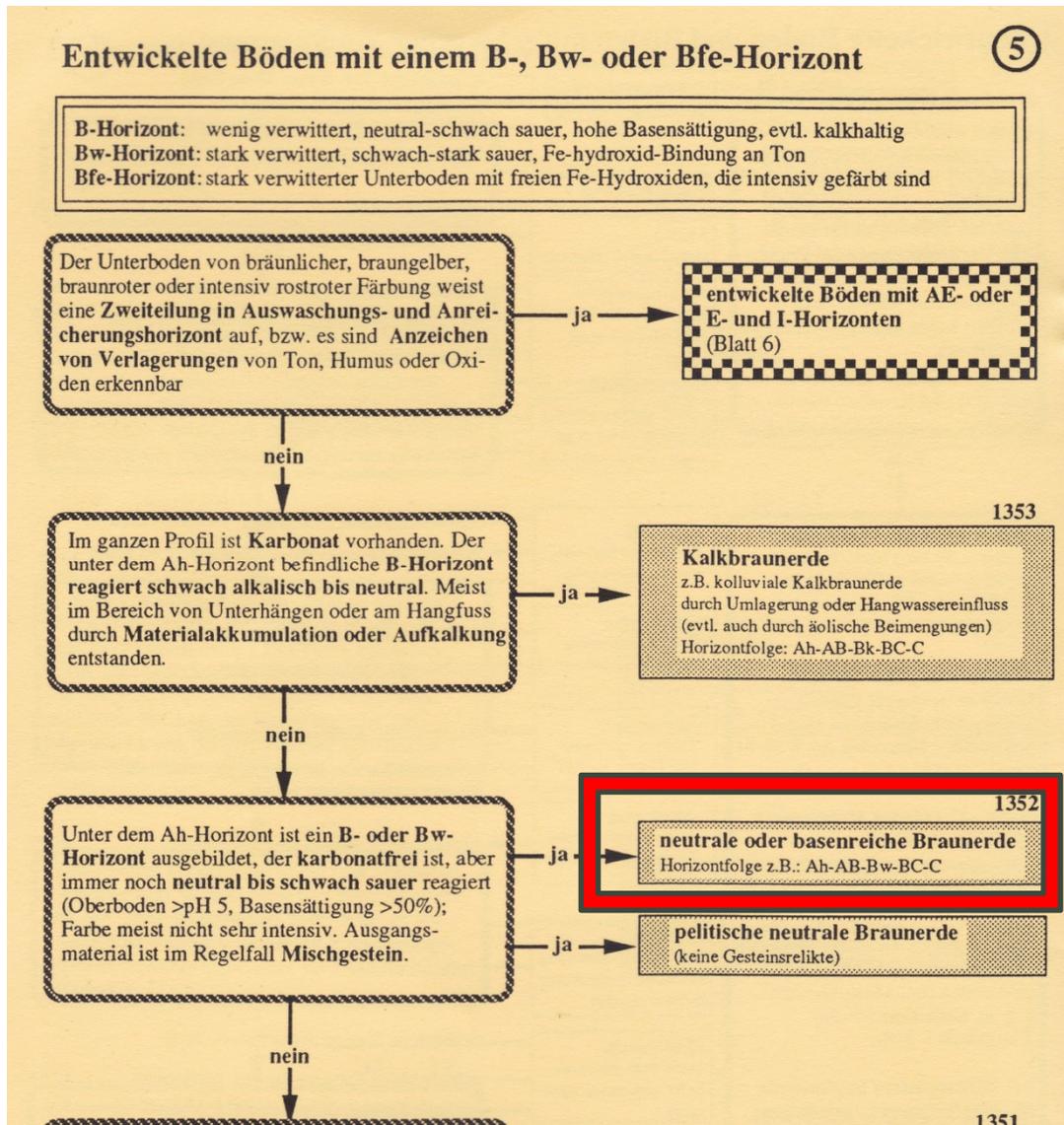


Abbildung 1: Auszug aus "Schlüssel zur Klassifikation der Bodentypen der Schweiz, BGS 1996"

1.4 Klassifikationskriterien in der FAL24

Im Kapitel 5.1 der FAL24 (FAL, 1997) werden Braunerden (Code 1352, Symbol B) wie folgt charakterisiert:

- Humus- und Verwitterungshorizont teilweise oder ganz karbonatfrei
- pH-Wert (CaCl₂) von ≥ 5.1 und ≤ 6.7 (neutral bis schwach sauer)
- hohe Basensättigung
- Name von der braunen Farbe herrührend

2 Klassifikationskriterien für die massgebenden Horizonte

rot markiert: unscharf definierte Kriterien

2.1 Massgebende Klassifikationskriterien

Nach dem etwas allgemeinen Exkurs werden nun die aktuellen Klassifikationskriterien der Braunerden diskutiert.

Wie bereits gezeigt, sind die meisten Klassierungskriterien nur qualitativ. Solche Kriterien sind statistisch nur beschränkt auswertbar. Es sind zwar in der aKLABS auch quantitative Kriterien vorhanden, aber sie wurden bei den meisten Bodenprofilen nicht erfasst (z.B. die Basensättigung).

Entscheidende Kriterien, wie das Vorhandensein des B- oder Bw-Horizontes, sind komplex. Darum müssen zuerst die eigentlichen Definitionen dieser Kriterien betrachtet werden.

2.2 Klassifikationskriterien für den B-Horizont

Die Kriterien für den B-Horizont sind:

2.2.1 Klassifikationskriterien gemäss aKLABS

- a) **Unterboden** vorhanden, unter A-Horizont gelegen
- b) enthält Sekundärminerale
- c) das Bodengefüge ist **entwickelt**
- d) **biologisch aktiv**
- e) enthält Pflanzenwurzel
- f) Humusgehalt ist **gering** verglichen mit dem A-Horizont

2.2.2 Klassifikationskriterien gemäss Schlüssel

- g) **wenig** verwittert (im Vergleich zum Bw)
- h) pH-Wert (CaCl₂) von ≥ 5.1 und ≤ 6.7
- i) **hohe** Basensättigung
- j) evtl. kalkhaltig

2.2.3 Klassifikationskriterien gemäss FAL 24

- k) wie aKLABS, ausser
- l) i.d.R. mit Pflanzenwurzeln

2.3 Klassifikationskriterien für den Bw-Horizont

Die Kriterien für Bw-Horizont sind:

Da der Bw-Horizont zu den B-Horizonten gehört, muss er alle Klassifikationskriterien, die für den B-Horizont gelten, ebenfalls erfüllen. Darüber hinaus wird er mit weiteren Kriterien enger definiert. In der aKLABS werden nicht die Symbolkombinationen, sondern die einzelnen Haupt- und Kleinsymbole definiert². Demzufolge muss ein Bw-Horizont zusätzlich zu den Kriterien für das Hauptsymbol "B" auch die Kriterien für das Kleinsymbol "w" vollumfänglich erfüllen:

² Anmerkung: Obwohl in der aKLABS alle Symbole grundsätzlich frei kombinierbar sind, werden in der aktuellen feldbodenkundlichen Praxis diverse Kombinationen nicht verwendet (z.B. Br oder Cw).

2.3.1 Klassifikationskriterien gemäss aKLABS

- a) das Muttergestein muss verwittert sein
- b) **wesentliche** Mengen an Produkten der Verwitterung und Neubildung liegen vor
- c) oxidierte Eisenoxide sind an Tone gebunden
- d) **gleichmässig braune Farbe**
- e) Kalziumkarbonat ist in der Feinerde nicht vorhanden³

2.3.2 Klassifikationskriterien gemäss Schlüssel

- f) **stark** verwittert
- g) pH-Wert (CaCl₂) von ≥ 5.1 und ≤ 6.7 ⁴
- h) Fe-hydroxid-Bindung an Ton

2.3.3 Klassifikationskriterien gemäss FAL 24

keine zusätzlichen Kriterien

3 Fragen aus der Handlungsbedarfsanalyse creato

Im direkten Zusammenhang mit der Klassierung der Braunerden wurden auch in der Analyse des Handlungsbedarfs (Zürner und Bader (creato), 2018) mehrere Fragen aufgestellt, die im Rahmen der KLABS-Revision beantwortet werden sollen (nicht abschliessend):

- a) Wie kann die Braunerde von Kalkbraunerde und Regosol eindeutig abgrenzt werden?
- b) Darf der B-Horizont kalkhaltig sein? Wenn ja, in welchen Fällen?
- c) In der aKLABS ist die Bodenfarbe als Kriterium zwar erwähnt aber nicht eindeutig definiert.
- d) Falls die Farbe als Kriterium verwendet wird, wie werden die Farbkriterien auf "farbigen" Ausgangsgesteinen (z.B. Verrucano, Huppererde, etc.) aufgenommen?
- e) Aktuell vermischt die Definition des B-Horizontes bodengenetische und bodenfunktionale Kriterien, dies ist unhaltbar.
- f) Wie wird aufgrund des Gehaltes an organischer Substanz zwischen A- und B-Horizont unterschieden?
- g) Sind karbonatfreie Unterböden im Mittelland immer als B- oder z.T. auch als C-Horizont zu klassieren?

Für die Beantwortung dieser Fragen ist die Auswertung der Bodendaten eine wichtige Grundlage. Sie ermöglicht die aktuelle Praxis objektiv und reproduzierbar, quantitativ und qualitativ zu charakterisieren.

Der Fragenkatalog ist nicht abschliessend, es ist zu erwarten, dass aufgrund der Auswertungsergebnisse Fragen auftauchen die mit einer Zusatzauswertung beantwortet werden müssen.

4 Auswertungen des Datensatzes «Braunerde»

Die Auswertungen sollen helfen die folgenden Fragen zu beantworten:

³ Anmerkung: FAL-interne Kartieranleitung (gelbe Blätter), undatiert: Bw = Braunerdehorizont, homogene Eisenhydroxidverteilung und -bindung an Ton, Verwitterung intensiv oder abgeschlossen

⁴ Anmerkung: Die allgemeinen Kriterien (S. 5) für den Bw-Horizont beschreiben den pH als pH-Wert (CaCl₂) von ≥ 4.3 und ≤ 6.1 (schwach bis stark sauer). Das steht im Widerspruch zu den Bw-Kriterien für die Braunerde!

4.1 Charakterisierung des gesamten Datensatzes «Braunerde»

1. Wie viele Bodenprofile stehen insgesamt für die Auswertung zur Verfügung?
2. Aus welchen Jahren stammen sie? (Anzahl pro Jahr)
3. Für welche Projektkategorie wurden sie aufgenommen? (Kartierung, NABO, KABO, übrige)
4. Anzahl Bodenprofile gesplittet nach Kanton und Region (Gliederung: Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen, Alpensüdseite)

4.2 Charakterisierung der Bodenprofil-Standorte

5. Relative Häufigkeit der Profiltiefe (Klassenbreite 10 cm) und Median?
6. Relative Häufigkeit der Standorte nach der Höhe ü. Meer (Klassenbreite 100 m)?
7. Anzahl Bodenprofile gesplittet nach Wald / Landwirtschaft?
8. Anzahl Bodenprofile gesplittet nach physiographischen Einheiten?
9. Für welche physiographische Einheiten stehen keine Daten zur Verfügung?
10. Anzahl Bodenprofile gesplittet nach Ausgangsmaterial?
11. Korrelieren die geologischen Angaben der physiographischen Einheiten mit dem effektiven (im Profilblatt angegebenen) Ausgangsmaterial?
12. Anzahl Bodenprofile gesplittet nach Klimaeignungszonen?
13. Für welche Klimaeignungszonen stehen keine Daten zur Verfügung?
14. Anzahl Bodenprofile gesplittet nach Vegetations-Höhestufen sowie Wald und Landwirtschaft?
15. Für welche Vegetations-Höhestufen stehen keine Daten zur Verfügung?
16. Anzahl Bodenprofile gesplittet nach Landschaftselementen (im Profilblatt angegebenes Landschaftselement)?

4.3 Analyse der Klassifikation auf der Stufe Bodentyp

17. Welche Horizont-Symbolkombinationen (z.B. Ah, Bst, Bgg,x) kommen wie häufig vor?
18. Kommt bei allen Braunerden ein B-Horizont vor (als Einzelhorizont oder Übergangshorizont)? Auswertung in die folgenden Kategorien aufteilen: kein B-Horizont, B-Einzelhorizont, B-Übergangshorizont dominant, B-Übergangshorizont subdominant
19. Kommt bei allen Braunerden ein Bw-Horizont vor (als Einzelhorizont oder Übergangshorizont)? Auswertung in die folgenden Kategorien aufteilen: kein Bw-Horizont, Bw-Einzelhorizont, Bw-Übergangshorizont dominant, Bw-Übergangshorizont subdominant
20. Anzahl Bodenprofile mit nur einem (einzelnen) B-Horizont, gesplittet nach B-Einzelhorizont, B-Übergangshorizont dominant und B-Übergangshorizont subdominant (ohne Übergänge zu I); falls möglich bei Übergangshorizonten zusätzlich Angabe der Anzahl Bodenprofil pro Horizontsymbolkombination (Grossbuchstaben) (z.B. AB, BA, BC, CB, etc.)
21. Anzahl Bodenprofile mit I-Horizont, gesplittet nach I-Einzelhorizont, I-Übergangshorizont dominant und I-Übergangshorizont subdominant (vermutlicher Übergang zu Parabraunerden)

4.4 Analyse der Klassifikation auf der Stufe Untertyp

22. Welche Untertypen kommen bei den Braunerden vor?
23. Relative Häufigkeitsverteilung der einzelnen Untertypen?

4.5 Analyse der Klassifikation auf der Stufe Bodenhorizonte

24. Gefüge (Form und Grösse) der B-Einzelhorizonte und B-Übergangshorizonte. Relative Häufigkeit insgesamt und gesplittet nach Bodenart.
25. O.S. Gehalt (Analysen) der A-Einzelhorizonte gesplittet nach Wald / Landwirtschaft (ohne Aa)? Statistische Lageparameter, relative Häufigkeiten.
26. O.S. Gehalt (Schätzungen) der A-Einzelhorizonte gesplittet nach Wald / Landwirtschaft (ohne Aa)? Statistische Lageparameter, relative Häufigkeiten.
27. O.S. Gehalt (Analysen) der B-Einzelhorizonte und B-Übergangshorizonte (ohne Übergänge zu A). Zu berücksichtigen sind nur oberste B-Horizonte unter A-, BA- oder AB-Horizonten; Auswertung gesplittet nach Wald / Landwirtschaft, statistische Lageparameter, relative Häufigkeiten.
28. O.S. Gehalt (Schätzungen) der B-Einzelhorizonte und B-Übergangshorizonte (ohne Übergänge zu A). Zu berücksichtigen sind nur oberste B-Horizonte unter A-, BA- oder AB-Horizonten; Auswertung gesplittet nach Wald / Landwirtschaft, statistische Lageparameter, relative Häufigkeiten.
29. Statistische Auswertung der O.S.-Gradienten von obersten A-Einzelhorizont (ohne Ahh und Aa) zum "obersten" B-Einzel- oder B-Übergangshorizont (ohne Übergänge zu A). Bsp.: O.S.-Gehalt A-Horizont = 5 %, O.S.-Gehalt oberster B-Horizont = 2 %, Gradient von A zu B = 0.4. Die Gradienten müssen zuerst für jedes Bodenprofil berechnet werden und erst danach statistisch ausgewertet werden.
30. Tongehalt der B-Einzelhorizonte. Nur bei Bodenprofilen ohne lithologischen Wechsel. Häufigkeit, statistische Lageparameter.
31. Tongehalt der C-Einzelhorizonte, nur bei Bodenprofilen ohne lithologischen Wechsel. Häufigkeit, statistische Lageparameter.
32. pH-Wert der Bw-Einzelhorizonte und Bw-Übergangshorizonte (ohne Übergänge zu A und C), getrennt nach Hellige und Laboranalysen, statistische Lageparameter.
33. pH-Wert der B-Einzelhorizonte (ohne Bw-Horizonte) und B-Übergangshorizonte (ohne Bw-Übergangshorizonte und ohne Übergänge zu A und C), getrennt nach Hellige und Laboranalysen, statistische Lageparameter.
34. Kalkklasse der B-Einzelhorizonte (ohne Bw) und B-Übergangshorizonte (ohne Bw-Übergangshorizonte und ohne Übergänge zu A und C). Relative Häufigkeit.
35. Kalkklasse der Bw-Einzelhorizonte und Bw-Übergangshorizonte (ohne Übergänge zu A und C). Relative Häufigkeit.
36. Basensättigung der Bw-Einzel- und Bw-Übergangshorizonte (ohne Übergänge zu A und C). Statistische Lageparameter.
37. Basensättigung der B-Einzelhorizonte (ohne Bw-Horizonte) und B-Übergangshorizonte (ohne Bw-Übergangshorizonte und ohne Übergänge zu A und C). Statistische Lageparameter.
38. Farbe der Bw-Einzel- und Bw-Übergangshorizonte (ohne Übergänge zu A und C), nur Bodenprofile ohne lithologischen Wechsel; gesamter Code (z.B. 10YR6/6) und Chroma (z.B. 6). Relative Häufigkeit.
39. Farbe der B-Einzelhorizonte (ohne Bw-Horizonte) und B-Übergangshorizonte (ohne Bw-Übergangshorizonte und ohne Übergänge zu A und C); Nur Bodenprofile ohne lithologischen Wechsel; Gesamter Code (z.B. 10YR6/6) und Chroma (z.B. 6). Relative Häufigkeit.
40. Farbe der C-Einzelhorizonte, gesamter Code (z.B. 2.5Y6/3) und Chroma (z.B. 3). Nur Bodenprofile ohne lithologischem Wechsel. Relative Häufigkeit.
41. Korrelation Chroma der Bw-Einzel- und Bw-Übergangshorizonte (ohne Übergänge zu A und C) und der C-Einzelhorizonte. Nur Bodenprofile ohne lithologischen Wechsel.
42. Korrelation Chroma der B-Einzelhorizonte (ohne Bw-Horizonte) und B-Übergangshorizonte (ohne Bw-Übergangshorizonte und Übergänge zu A und C) und der C-Einzelhorizonte. Nur Bodenprofile ohne lithologischen Wechsel.