

Étapes de travail des projets pilotes CCSols destinés à développer la cartographie des sols

Brochure d'aide pour les cantons

Août 2025

Mentions légales

Auteurs : Armin Keller, Urs Grob, Emilie Carrera, Barbra Karlen, Fabrice Wullschleger

Année de parution : 2025

Éditeur : Centre de compétences sur les sols (CCSols).

Le CCSols travaille sur mandat de trois offices fédéraux : l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et l'Office fédéral du développement territorial (ARE) et est rattaché à la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (HAFL) de la Haute école spécialisée bernoise (HESB-BFH) de Zollikofen.

Traduction : Emilie Carrera

Photo de couverture : Fiche descriptive d'un profil réalisée dans le cadre d'un projet pilote CCSols à Lommis.

Mise en page : Fabrice Wullschleger sur la base du travail de Magma Branding, Sandrainstrasse 3, 3007 Berne, <https://magma-branding.ch>

Citation recommandée : Keller A., U. Grob, E. Carrera, B. Karlen et F. Wullschleger (2025) : Etapes de travail des projets pilotes CCSols destinés à développer la cartographie des sols Brochure d'aide pour les cantons. BFH-HAFL, CH-3052 Zollikofen-Berne, disponible sur <https://ccsols.ch/fr/downloadcenter/>

Remarque concernant les figures : toutes les figures de ce guide ont été réalisées par le Centre de compétences sur les sols.

Copyright : Conformément au symbole de licence ci-dessous, la reproduction non commerciale du rapport est souhaitée, mais avec indication de la source et envoi d'un exemplaire justificatif à l'éditeur. Le partage est soumis aux mêmes conditions de licence.



Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Termes clés de cette brochure d'aide | 4 |
| 1. Le Centre de compétences sur les sols | 7 |
| 2. Objectifs des projets pilotes du CCSols | 8 |
| 3. Pourquoi cartographier les sols ? | 8 |
| 3.1 Projets pilotes CCSols | 9 |
| 3.2 Projets pilotes cantonaux visant à tester des méthodes | 9 |
| 4. Produits de la cartographie des sols | 10 |
| 5. Déroulement d'un projet pilote CCSols | 13 |
| 5.1 Phases du projet | 13 |
| 5.2 Responsabilités | 15 |
| 6. Tests méthodologiques dans les projets cantonaux | 17 |
| 7. Étapes de travail des projets pilotes CCSols | 19 |

Termes clés de cette brochure d'aide

| Termes | Définitions |
|--|---|
| Caractéristiques pédologiques | Ils désignent généralement des paramètres permettant de décrire des propriétés des sols (par exemple, la profondeur utile pour les plantes, le groupe de régime hydrique) |
| Cartes thématiques | Une fois que les cartes sur les propriétés des sols et leurs caractéristiques sont disponibles, des cartes thématiques spécifiques à certaines utilisations peuvent être créées. Ces cartes sont basées sur des évaluations et des interprétations en rapport avec des questions spécifiques et sont adaptées aux besoins des parties prenantes. Par exemple, les cartes relatives à la capacité de rétention en eau peuvent aider les agriculteurs à optimiser l'irrigation. Les cartes d'érosion, par exemple, aident à prendre des mesures de protection ciblées. |
| Cartographie des sols | La cartographie des sols peut être considérée comme un inventaire qui recense les propriétés, les types et la qualité des sols, tant en surface qu'en profondeur. |
| Cartographie des sols à l'échelle de la Suisse (en abrégé : CARTO-CH) | En 2023, le Conseil fédéral a approuvé le concept de cartographie des sols en Suisse. Ce concept a été développé conjointement par les offices fédéraux de l'environnement (OFEV), du développement territorial (ARE) et de l'agriculture (OFAG). La deuxième cartographie des sols en Suisse doit permettre de réaliser pour la première fois une cartographie standardisée avec de nouvelles méthodes. |
| Concept d'échantillonnage hiérarchisé | <p>Concept d'échantillonnage utilisé par le Centre de compétences sur les sols lors de cartographie des sols. Il existe trois niveaux hiérarchiques : « H1 », « H2 » et « H3 ». La lettre « H » signifie « hiérarchique », les chiffres « 1 », « 2 » ou « 3 » indiquent le niveau par ordre décroissant:</p> <ul style="list-style-type: none">– «H1» représente les profils.– «H2» désigne les sondages manuels/automatisés destinés à la description pédologique. <p>«H3» sont les échantillonnages automatisés destinés aux analyses spectroscopiques (infrarouges) en laboratoire.</p> |

Couche supérieure et sous-jacente du sol

La première couche d'un sol est appelée « couche supérieure du sol ». Elle est généralement riche en matières organiques et en organismes. La « couche sous-jacente du sol » est la couche qui se trouve en dessous et qui s'étend jusqu'au sous-sol. La délimitation de ces couches se fait sur la base de critères pédologiques et la classification.

La couche supérieure est également appelée « terres végétales » ou « couche arable », tandis que la couche sous-jacente est également appelée « terres minérales ».

Description pédologique

Caractérisation des sols à partir de relevés pédologiques (science des sols). La description pédologique permet notamment de déterminer le type de sol, les horizons et d'autres caractéristiques du sol afin d'en déduire les propriétés des sols.

Horizons pédologiques

Terminologie utilisée dans le domaine de la pédologie pour décrire les différentes couches caractéristiques créées au cours de la formation du sol. Ces couches se distinguent généralement par leur composition, leur couleur et leur structure.

Informations sur les sols

Ils désignent l'ensemble des données, caractéristiques, cartes et autres produits relatifs aux sols qui servent à décrire, évaluer et interpréter les propriétés spatio-temporelles des sols.

Jeu de données minimales selon la FAL24+

Liste des propriétés et des caractéristiques des sols à relever sur les profils, les sondages et les relevés surfaciques. Ce-ci peut être défini différemment par Canton. FAL24+ désigne la méthode de cartographie du Service spécialisé de la protection des sols du canton de Soleure.

Profondeur du sol

Elle décrit la profondeur du sol jusqu'à la roche mère, dans laquelle les racines des plantes peuvent pénétrer dans le matériau meuble.

Programme national de recherche 68 (PNR68)

Il s'agissait d'un programme de recherche qui a duré de 2012 à 2018. Le PNR 68 avait pour objectif d'améliorer les connaissances sur la qualité des sols, de développer des méthodes d'évaluation des sols et d'élaborer des stratégies visant à une utilisation durable des sols.

Projet d'opérationnalisation

Terme utilisé à la place de « projet pilote CCSols ». Il s'agit d'intégrer et d'améliorer des méthodes actuelles et concrètement applicables. Les méthodes sont testées et développées sur le terrain lors de projets de cartographie des sols.

QField

QField est une application open source permettant de consulter et de relever des données sur le terrain. Elle peut être utilisée en ligne et hors ligne.

Qualité du sol

Capacités du sol à remplir ses fonctions écosystémiques. Ces capacités résultent de l'interaction entre les propriétés des sols et les processus qui s'y déroulent.

Soildat

Dans le cadre d'études pédologiques, les informations sur les sols sont conservées avec les métadonnées et les éventuels résultats de laboratoire correspondants. Soildat est une application web qui permet la saisie sécurisée de ces données, même en hors-ligne. Soildat propose également des champs de saisie définis sur la base de la Classification des sols de Suisse (KLABS).

Types de sol

Attribution d'un nom à un sol selon sa description et la classification des sols utilisée : stade de développement caractéristique d'un sol pendant sa formation (pédogenèse). En Suisse, les principaux types de sols sont notamment les *sols bruns*, les *regosols* et les *sols gley*.

1. Le Centre de compétences sur les sols

La qualité pédologique d'un site ne peut être évaluée que si des informations sur les sols sont disponibles pour une surface donnée. De plus, l'évaluation des risques liés aux sols, l'évaluation des fonctions des sols et l'évaluation des mesures qui doivent être mises en œuvre dans le cadre de la protection des sols requièrent des informations fiables et fondées sur les sols. Dans la Stratégie Sol Suisse de la Confédération du 8 mai 2020, la « mise à disposition d'informations pédologiques uniformisées et couvrant l'ensemble du territoire en tant que base de décision pour l'utilisation du sol » a été définie comme l'un des trois champs d'action. Le 29 mars 2023, le Conseil fédéral a approuvé la préparation de la cartographie des sols à l'échelle nationale. Pour cela, il est important de disposer d'une démarche standardisée à laquelle les cantons et le secteur privé puissent se référer et qui répond à leurs exigences.

Le Centre de compétences sur les sols (CCSols) est l'organe national de services spécialisé sur les

sols de la Confédération. Le CCSols travaille sur mandat de trois offices, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et l'Office fédéral du développement territorial (ARE). Il est basé à la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (HAFL) de la Haute école spécialisée bernoise (BFH) à Zollikofen.

Il travaille en étroite collaboration avec les cantons. Les tâches centrales du CCSols sont la standardisation et le développement de méthodes de relevé et d'analyse servant à déterminer les propriétés des sols. La définition de normes techniques pour la cartographie des sols fait également partie de ces tâches. Le CCSols est également une plateforme nationale d'information et de services qui met à disposition des méthodes d'évaluation des informations pédologiques et des bases de décision. Ainsi, des bases uniformes sont créées à l'échelle nationale pour le relevé, la standardisation, l'évaluation et la mise à disposition d'informations sur les sols.

À qui s'adresse cette aide ?

La présente aide s'adresse aux services cantonaux qui souhaitent réaliser un projet pilote CCSols. Il décrit et explique les principales étapes de travail des services cantonaux et des bureaux d'ingénieurs au sein du projet et suggère des possibilités de répartition des tâches entre les acteurs. Il est possible que certaines étapes de travail contenues dans les tableaux de cette aide ne soient pas pertinentes (en raison des conditions-cadres des cantons) ou de nouvelles étapes peuvent y être ajoutées

2. Objectifs des projets pilotes du CCSols

Depuis 2021, le CCSols organise des projets pilotes de cartographie des sols. Dans le cadre de chaque projet pilote, de nouvelles méthodes sont testées et optimisées en collaboration avec les cantons et les bureaux d'études sur des surfaces d'environ 300 ha. En fonction de l'avancée des développements techniques, d'autres projets pilotes CCSols seront menés à l'avenir dans des zones plus étendues. De cette façon, la méthode de cartographie actuelle sera ainsi progressivement développée pour différentes régions de Suisse, tant pour les sols agricoles que

pour les sols forestiers. De plus, lors de ces projets de précieuses expériences pratiques seront acquises (voir <https://ccsols.ch/fr/projets-de-cartographie-avec-les-cantons-et-les-bureaux-dingenieurs/>).

Un objectif important de ces travaux est de rendre la cartographie de zones étendues plus rapide et plus économique. Il est important de s'appuyer également sur le savoir-faire technique et l'expérience pratique des bureaux d'études et des cantons.

3. Pourquoi cartographier les sols ?

Cartographier les sols, c'est connaître leurs propriétés et leur constitution. La cartographie des sols peut être considérée comme un inventaire qui recense les propriétés des sols, les types de sols et la qualité des sols sur une surface et à une profondeur d'environ 1 à 1,5 m. Elle permet de relever les informations essentielles sur les sols. Il s'agit notamment des propriétés et des caractéristiques relevées sur le terrain, telles que :

- _ la teneur en matières organiques et en argile,
- _ la constitution du sol, ses horizons pédologiques et le type de sol,
- _ la profondeur physique des sols jusqu'au matériau parental (profondeur du sol),
- _ la quantité de pierres et de gravier dans le sol (squelette),
- _ le régime hydrique des sols.

Les projets pilotes réalisés dans différentes régions de Suisse constituent la base du développement technique de la cartographie des sols. Les conclusions des projets pilotes sont intégrées dans la conception de la future méthode de cartographie à l'échelle nationale (CARTO-CH). Afin de garantir le succès opérationnel des projets de cartographie, une répartition claire des tâches entre le canton, les bureaux d'études, le laboratoire et le CCSols est nécessaire. Selon le canton, l'organisation du projet et les conditions-cadres, il existe différentes options pour la répartition des tâches et leur ordre chronologique. Les projets pilotes de cartographie des sols peuvent être répartis dans les deux groupes suivants :

3.1 Projets pilotes CCSols

- Ils sont également appelés « projets d'opérationnalisation ou « OP », car il s'agit principalement d'intégrer et d'améliorer des méthodes applicables dans la pratique.
- Des variantes techniques et des processus entiers sont appliqués et optimisés.
- Les processus, la standardisation et les méthodes sont développés sur l'ensemble du territoire et des projets.
- La collaboration se fait avec les offices fédéraux, les cantons et les bureaux d'ingénieurs. Des compétences spécialisées sont ainsi développées. Le CCSols prend en charge la direction et la planification du projet.
- La priorité est axée sur l'optimisation et la mise en œuvre économique en termes de temps et de coûts de la cartographie de zones étendues afin d'obtenir des effets d'échelle (c'est-à-dire une adaptation à différentes échelles) à l'avenir.
- Si les coûts ne sont pas couverts par le CCSols (p. ex. pour les bureaux d'ingénieurs et les laboratoires), la répartition des coûts s'applique conformément aux projets pilotes cantonaux.

3.2 Projets pilotes cantonaux visant à tester des méthodes

- La Confédération, en tant que chef de projet de la cartographie des sols à l'échelle nationale (CARTO-CH), est responsable du financement, de la répartition régionale et du pilotage ainsi que de la définition des priorités pour le développement des méthodes.
- Il est possible de sélectionner des méthodes spécifiques pour les projets pilotes cantonaux (pour plus d'informations, voir le chapitre 6).
- La classification des sols et la description pédologique des différents types de sols en Suisse doivent être utilisées et réalisées de façon standardisée.
- Des compétences spécialisées sont développées au sein des cantons et des bureaux d'ingénieurs. La direction du projet est assurée par le canton. Selon les besoins, le CCSols apporte son soutien.
- La Confédération prend en charge les coûts pour clarifier les questions méthodologiques relatives à la CARTO-CH. Les autres coûts de la cartographie des sols sont à la charge du canton.

Nous attirons votre attention sur le fait que cette aide ne constitue pas un manuel de projet pour la cartographie des sols. Pour des questions relatives aux travaux pédologiques de terrain, merci de vous référer au manuel de cartographie KA23 (www.boden-methoden.ch). Le manuel relatif à la CARTO-CH est en cours de développement et devrait être établi d'ici 202

4. Produits de la cartographie des sols

Dans les projets pilotes CCSols, la démarche suivie est celle d'une cartographie des sols la plus complète possible. Dans les projets pilotes CCSols, la démarche suivie est celle d'une cartographie des sols la plus complète possible. Par « complète », il est sous-entendu que les besoins variés des différents utilisateurs et utilisatrices doivent être satisfaits par les informations sur les sols relevées. Dans la synthèse thématique « Plateforme d'information des sols suisse », plus de dix groupes d'utilisateurs et d'utilisatrices ont été élaborés selon les besoins spécifiques en informations sur les sols à l'échelle de la surface (Keller et al. 2018).

A partir des informations pédologiques relevées, de nombreuses autres évaluations sont possibles en plus des produits classiques issus de la cartographie des sols, tels que la capacité de rétention en eau, le stockage de carbone ou l'irrigation des sols. Cela permet de répondre à des problématiques pour des groupes d'utilisateurs et d'utilisatrices spécifiques. Voici quelques exemples de groupes d'utilisateurs et d'utilisatrices (la liste n'est pas exhaustive) :

- _ Agriculture et sylviculture,
- _ Aménagement du territoire et inventaire des SDA,
- _ Protection du climat et de l'environnement,
- _ Biodiversité (par ex. milieux secs, milieux humides),
- _ Dangers naturels et protection contre les crues,
- _ Protection des eaux,
- _ Protection des sols et mise en œuvre de la législation lors de projets de construction.

La cartographie des sols fournit des cartes de base importantes pour la mise en œuvre de la législation et le travail sur le terrain. Elle est également un instrument de prévention dans le domaine de l'utilisation durable des sols. Comme

cela a pu être démontré dans le cadre du « Programme national de recherche Ressource sol (PNR68) », les informations sur les sols couvrant l'ensemble du territoire et issues de la cartographie des sols génèrent une plus-value pour la société qui est plusieurs fois supérieure aux coûts de la cartographie.

Les cartes vectorielles (polygones) classiques avec leurs attributs respectifs pour les couches supérieures et sous-jacentes des sols sont utiles pour certaines problématiques, mais ne sont pas entièrement adaptées aux besoins des groupes d'utilisateurs et d'utilisatrices mentionnés. Afin de mieux répondre aux besoins variés des utilisateurs et des utilisatrices, des cartes régionalisées des sols et des cartes thématiques (jeu de données surfaciques) sont créées en plus des données pédologiques relevées sur les profils et les sondages (jeu de données ponctuelles). Ces produits peuvent être mis à disposition sous forme de jeu de données matricielles ou sous forme de cartes vectorielles (Figure 1). Afin de créer des cartes thématiques pour les différents groupes d'utilisateurs et d'utilisatrices, le jeu de données minimal à relever lors de cartographies des sols selon FAL24+ doit également être complété par quelques paramètres. De plus, la profondeur maximale à laquelle les informations pédologiques sont relevées doit être améliorée et des cartes de propriétés des sols doivent être mises à disposition pour 3 ou 4 profondeurs fixes (par exemple 0-20 cm, 20-40 cm, 40-70 cm, 70-100 cm). Les cartes matricielles représentent les propriétés des sols de différentes manières:

- _ en surface et
- _ pour différentes profondeurs.



Figure 1 : Produits issus d'une cartographie des sols : données ponctuelles (profils et sondages) et données surfaciques (format vectoriel et matriciel).

Au terme d'un projet, les données suivantes seront mises à la disposition du canton participant sous forme numérique dans différents formats :

- données pédologiques relevées sur les profils et les sondages,
- cartes des sols et
- cartes thématiques.

Les cartes thématiques représentent les fonctions des sols (par exemple, la capacité de rétention en eau et en nutriments) et les menaces pesant sur les sols (par exemple, la sensibilité au compactage). Les cartes correspondantes sont établies par le CCSols en accord avec le canton participant. Vous trouverez ci-dessous quelques exemples de produits issus du deuxième projet pilote du CCSols à Lommis (canton de TG) (Figures 2/3/4). D'autres exemples sont disponibles dans les rapports techniques des projets pilotes CCSols (voir <https://ccsols.ch/fr/projets-de-cartographie>)

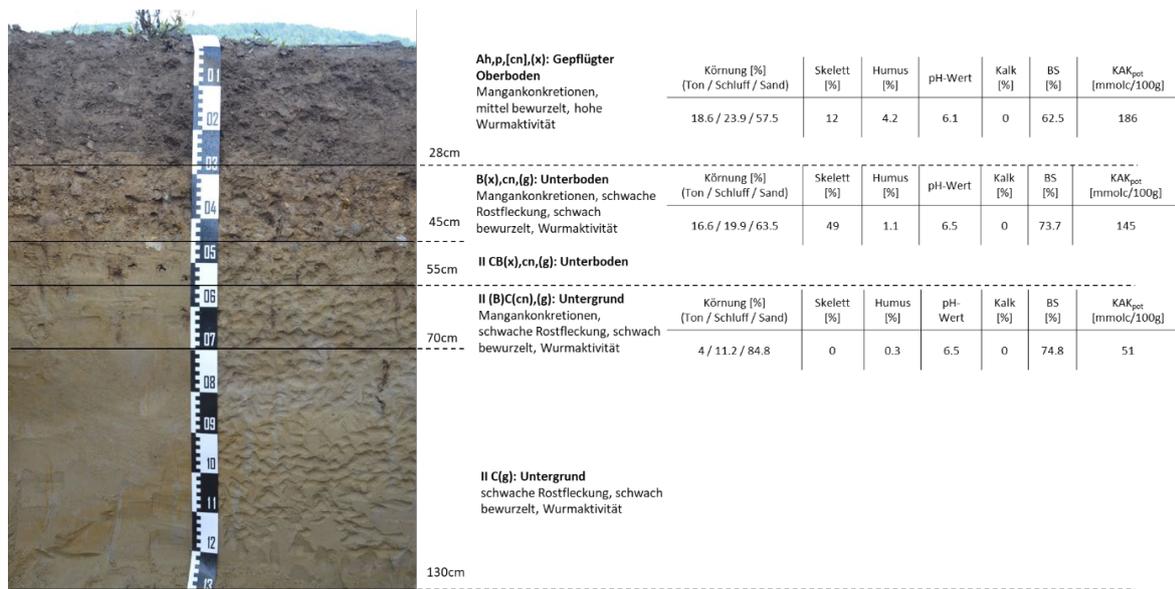


Figure 2 : Fiche descriptive d'un profil réalisée dans le cadre d'un projet pilote CCSols.

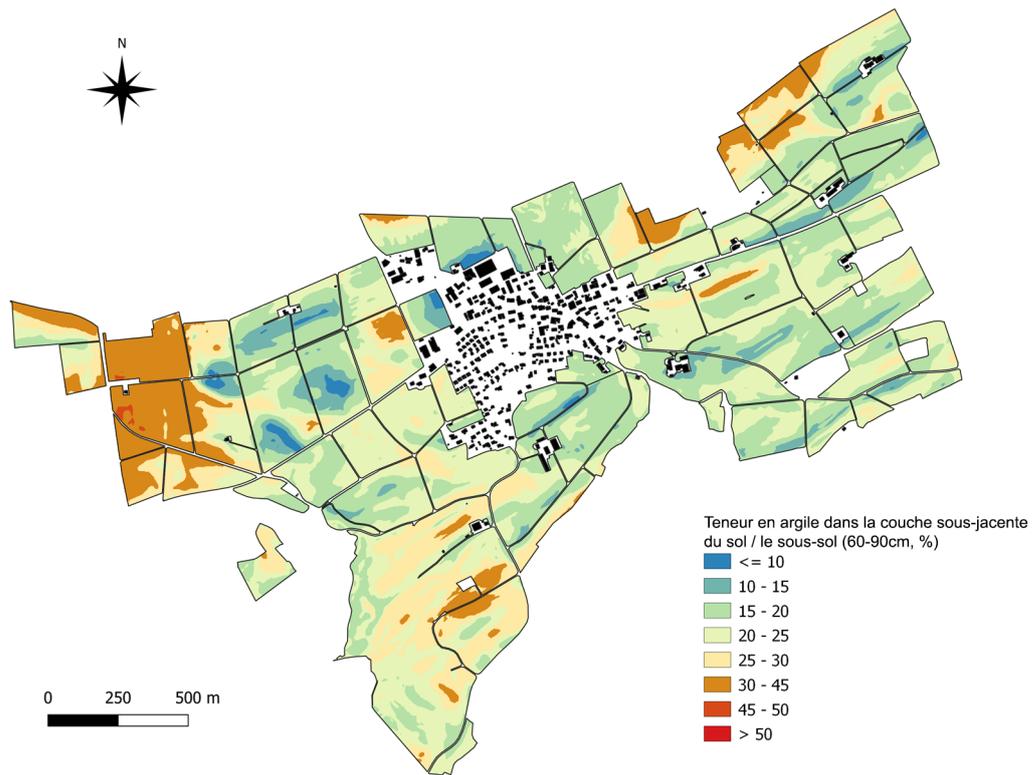


Figure 3 : Exemple de carte matricielle pour la zone du projet de Lommis (environ 270 ha) : Teneur en argile dans la couche sous-jacente du sol (60 - 90 cm).

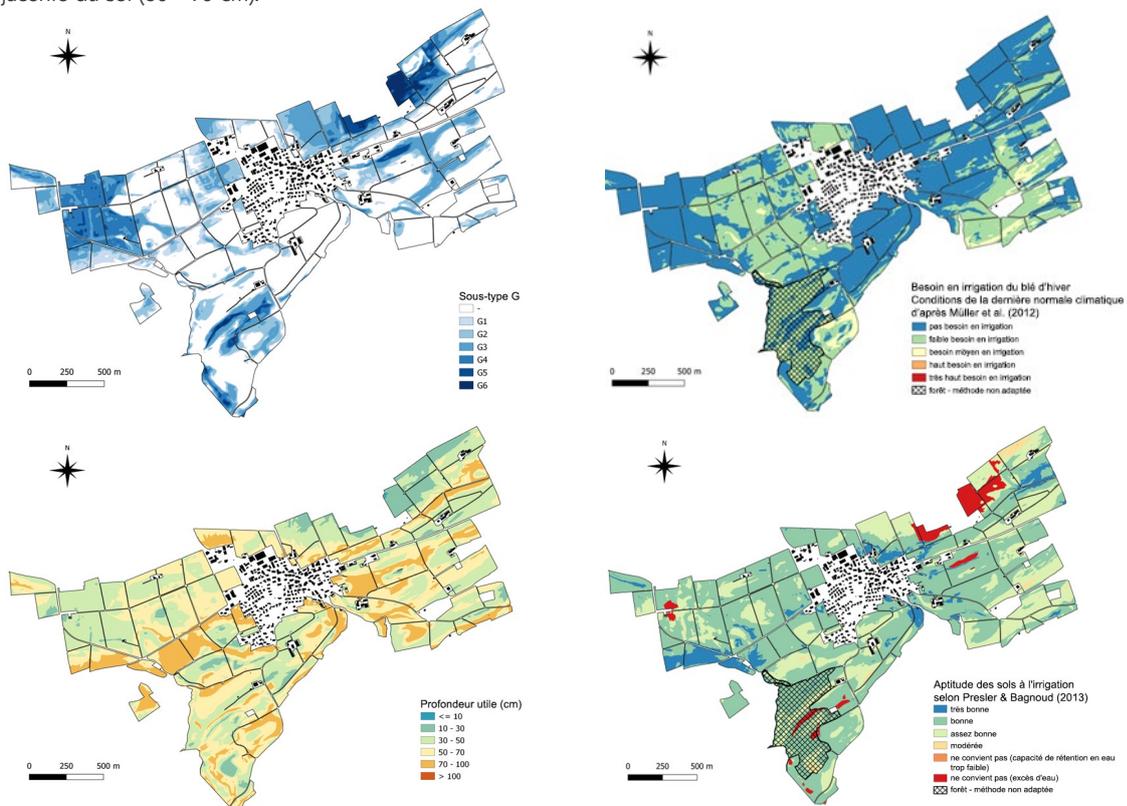


Figure 4 : Exemples de cartes thématiques pour la zone du projet de Lommis (environ 270 ha) : L'engorgement des sols (en haut à gauche), le besoin d'irrigation du blé d'hiver (en haut à droite), la profondeur utile pour les plantes (en bas à gauche) et l'aptitude des sols à être irrigués (en bas à droite).

5. Déroulement d'un projet pilote CCSols

5.1 Phases du projet

Le déroulement d'un projet pilote CCSols se divise en principe en trois phases, la « préparation du projet/phase conceptuelle », la « cartographie » et l'« évaluation » (voir Figure 5) :

Préparation du projet et phase conceptuelle

1. Préparation du projet et préparation des données environnementales et des géodonnées :

- _ Planification du projet, élaboration d'un plan de projet, préparation des documents d'appel d'offres.
- _ Communication.
- _ Toutes les informations disponibles sur les facteurs de la formation des sols sont rassemblées et évaluées, y compris les informations de reconnaissance de proximité et de télédétection.
- _ Définition du périmètre du projet.

2.A Phase conceptuelle I :

- _ Communication : séance d'information.
- _ Phase de prospection comprenant des sondages de reconnaissance.
- _ Préparation de la gestion des données.
- _ Création de cartes conceptuelles ou de cartes de base SIG.
- _ Définir les emplacements des profils H1 (profils pédologiques).

2.B Phase conceptuelle (en option) :

- _ Un plan d'échantillonnage des sites H3 (échantillonnages destinés à la spectroscopie) est établi à l'aide de l'intelligence artificielle (voir le plan d'échantillonnage hiérarchique Figure 6).
- _ Des échantillons pédologiques sont prélevés de façon automatisée à 3-4 profondeurs, préparés et analysés en laboratoire par spectroscopie afin de déterminer les propriétés des sols.

- _ Création de cartes matricielles illustrant les propriétés des sols pour des profondeurs fixes et mise à disposition des cartes dans QGIS et QField pour les pédologues.

Cartographie

3. **Travail sur le terrain** : Relevés des propriétés des sols en profondeur à partir de H1 (profils de sol) et H2 (sondages) avec description pédologique et classification des sols. Intégration d'outils de terrain. Les travaux de terrain incluant la description pédologique des sols représentent l'étape de travail la plus importante dans le déroulement de la cartographie des sols en termes de temps et de coûts.
4. **Laboratoire** : Analyses des propriétés physico-chimiques des sols.
5. **Création de cartes** : la démarche adoptée va « du point à la surface ». Une cartographie des surfaces est établie à l'aide de méthodes mathématiques et statistiques éprouvées. Le processus de cartographie est soumis à un contrôle qualité sur le terrain.

Interprétation et évaluation

6. Evaluation et produits :

- _ Elaborer de produits adaptés aux besoins et de cartes thématiques pour différents groupes d'utilisateurs et d'utilisatrices.
- _ Mise à disposition de toutes les données pédologiques, cartes et autres produits.

Remarque : vous trouverez en annexe un aperçu détaillé des différentes étapes d'un projet pilote CCSols. Outre les trois phases du projet, les étapes partielles de chacune d'entre elles y sont également expliquées.

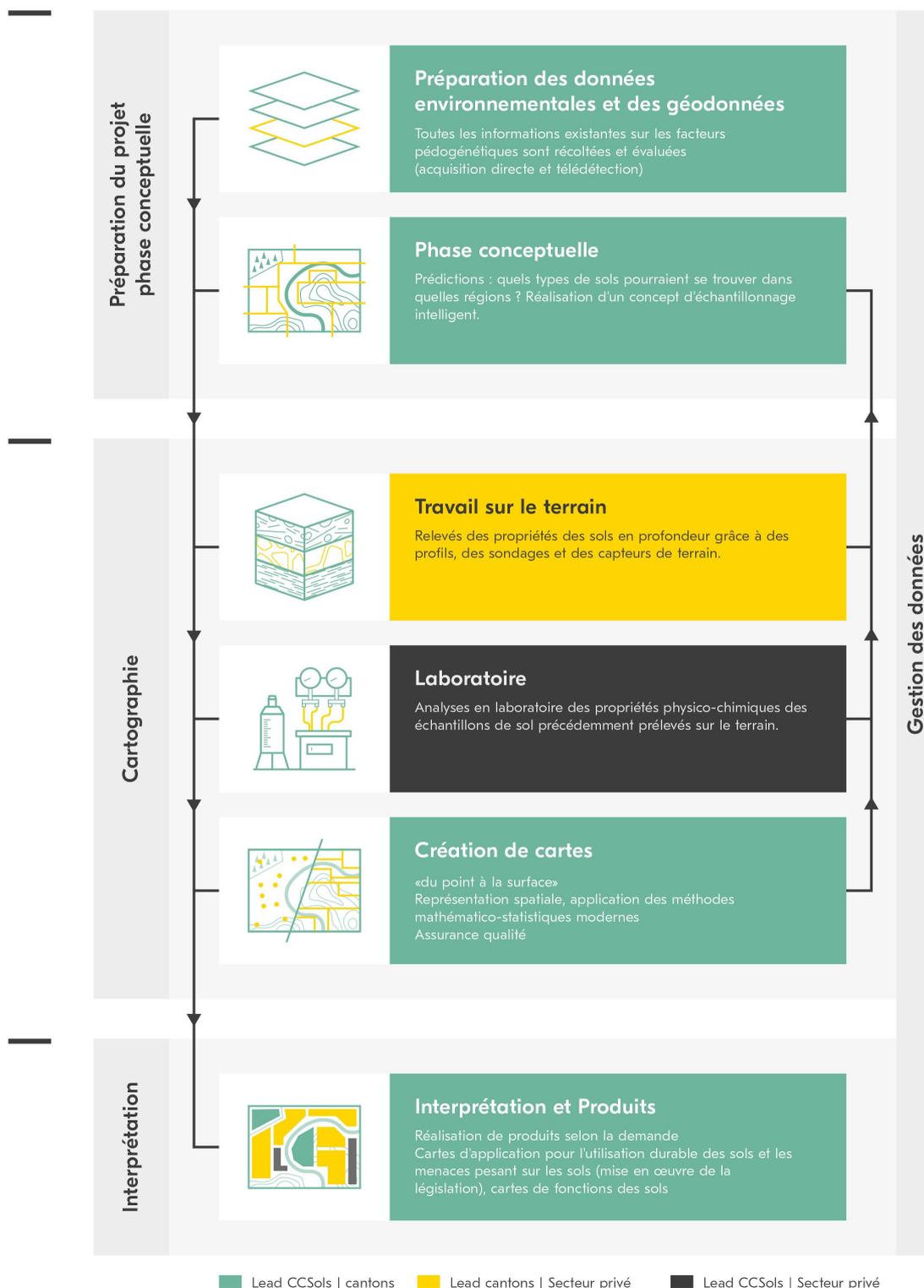


Figure 5 : Déroulement d'un projet pilote CCSols (les différentes responsabilités sont indiquées en couleur). Les flèches indiquent qu'il est possible de procéder de manière itérative. La gestion de toutes les données pédologiques relevées s'étend depuis le début sur l'ensemble du processus. Des outils pour la logistique des échantillons, la saisie (Soildat) et la visualisation des cartes sur le terrain (QField) ont été développés à cet effet. Vous trouverez une représentation visuelle du déroulement d'une cartographie des sols dans la vidéo suivante (voir <https://ccsols.ch/fr/cartographier-les-sols>).

Les deux premières phases consistent à relever des informations sur les sols sur le terrain. Le relevé de ces informations se fait selon un concept d'échantillonnage hiérarchique (voir Figure 6). Tout d'abord, dans la première phase « Préparation du projet et phase conceptuelle », des sondages mécanisés sont réalisés pour prélever des échantillons pédologiques destinés au laboratoire (« H3 » : échantillonnages pédologiques destinés à l'étude spectroscopique en laboratoire). Les résultats de ces mesures sont utilisés

pour modéliser des cartes de propriétés des sols. Les pédologues utilisent ces cartes de propriétés des sols dans la deuxième phase « cartographie ». Dans cette phase, les pédologues s'étalonent entre eux grâce aux différents profils ouverts (« H1 » : profils/carottages de gros calibre). Ensuite, ils procèdent à la description pédologique de la zone (« H2 » : sondages destinés à la description pédologique). Ils sont réalisés manuellement ou mécaniquement.

| Types de relevé/d'échantillonnage | | Objectifs |
|---|--|--|
|  | | <p>H3: Echantillonnages à des profondeurs fixes destinés à des analyses spectrométriques en laboratoire.</p> <p>Estimation des propriétés des sols et création des cartes pour les différentes profondeurs.</p> |
|  | | <p>H2: Sondages destinés à la description et à la classification (manuels ou avec un véhicule de sondage)</p> <p>Description et classification des sols (saisie avec l'application web Soildat)</p> |
|  | | <p>H1: Profils et carottage par battage</p> <p>Description et classification des sols. Etalonnage/harmonisation des pédologues dans la région (saisie avec l'application web Soildat)</p> |

Figure 6 : Concept d'échantillonnage hiérarchique dans les projets pilotes CCSols. Le « H » indique le niveau hiérarchique et les chiffres 1-3 indiquent le niveau hiérarchique par ordre décroissant.

5.2 Responsabilités

De nombreux acteurs sont impliqués dans un projet pilote CCSols. Une bonne coordination et une clarification des responsabilités sont absolument nécessaires. Une répartition claire des rôles est particulièrement importante en ce qui

concerne les profils H1 et les échantillonnages H3 destinés à la spectroscopie. Les illustrations suivantes (Figure 7/8) expliquent en détail ces deux démarches.

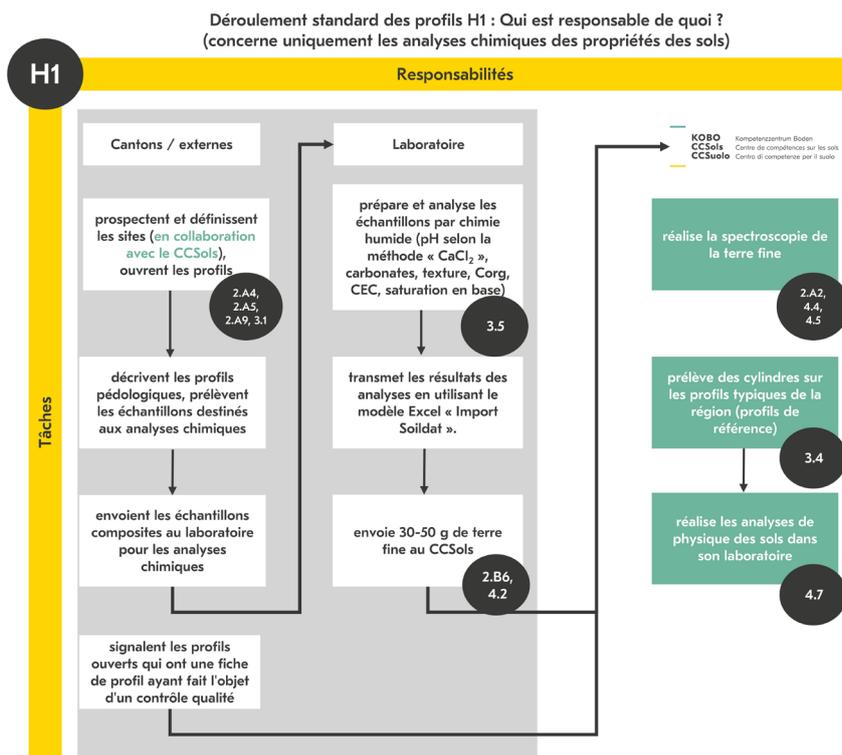


Figure 7 : Les cantons sont responsables de la prise en charge des coûts figurant dans les encadrés gris clair. Les numéros correspondent aux étapes de travail (chapitre 7).

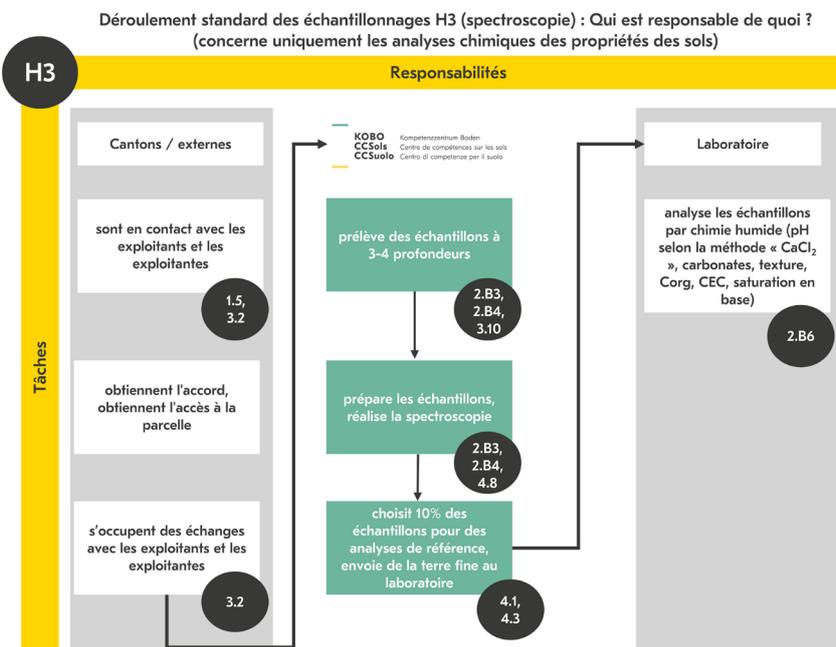


Figure 8 : Les cantons sont responsables de la prise en charge des coûts figurant dans les encadrés gris clair. Les numéros correspondent aux étapes de travail (chapitre 7).

6. Tests méthodologiques dans les projets cantonaux

En plus des projets pilotes CCSols, de nouvelles méthodes sont testées dans le cadre des projets cantonaux (appelés « tests méthodologiques »). La Confédération, en tant que chef de projet de la cartographie des sols à l'échelle de la Suisse (CARTO-CH), est responsable du financement, de la répartition régionale, du pilotage et de la priorisation du développement des méthodes.

La Figure 9 rassemble les différents tests méthodologiques. Les abréviations « M1 » à « M10 » dans le graphique signifient « test méthodologique 1 » à « test méthodologique 10 ». Les tests méthodologiques suivants sont généralement proposés :

- **M1 – Cartes** (utilisation du sol et végétation, télédétection)
- **M2 – Cartes** (TerraPoly; analyses multiscallaires de terrain)
- **M3 – Cartes indicatives** (modélisation des propriétés des sols)
- **M4 – Contrôle qualité** (pédologie et travail de terrain)
- **M5 – Introduction et saisie des données pédologiques dans Soildat**
- **M6 – Profils pédologiques** (pour le réseau national de mesure des sols de référence)
- **M7 – Travail sur le terrain** (un sondage documenté par hectare)
- **M8 – Laboratoire** (analyses de référence et spectroscopie)
- **M9 – Création de cartes à l'aide de la modélisation spatiale** (propriétés et caractéristiques des sols, cartes vectorielles matricielles)
- **M10 – Création de cartes thématiques**

Tous les tests méthodologiques sont représentés en vert (« M1 » - « M8 » ainsi que « M10 »), ce sont des méthodes qui peuvent être utilisées dans les cartographies cantonales en cours conformément à la KA23 (www.boden-metho-den.ch). Selon la situation de départ et les objectifs de ces projets, différents tests méthodologiques peuvent être assemblés de manière modulaire. La liste n'est pas exhaustive - d'autres aspects peuvent être testés dans les projets cantonaux.

Le test méthodologique « **M9 – Création de cartes à l'aide de la modélisation spatiale** » est différent des autres tests méthodologiques : ici, tant le processus de cartographie que la répartition des tâches sont différents. Le concept d'échantillonnage, les travaux sur le terrain, la production de cartes et le contrôle qualité sur le terrain doivent être considérés comme un système intégré. Le test méthodologique « M9 » peut être comparé à un projet pilote CCSols. Les étapes de travail et la répartition des tâches des projets pilotes CCSols sont énumérées au chapitre 7.



Figure 9 : Méthodes recommandées pour les projets cantonaux durant la phase préparatoire 2024-2028 (situation en août 2025).

7. Étapes de travail des projets pilotes CCSols

Préparation du projet et phase conceptuelle



Préparation des données environnementales et des géodonnées

| Méthodes | Étapes de travail | Responsabilités | | |
|----------|--|-----------------|----------------------|---|
| | | Canton | Bureau d'ing. / labo | CCSols |
| | 1. Préparation du projet, des données environnementales et des géodonnées | | | |
| | 1.1 Planification du projet, implication des services cantonaux, définition des objectifs principaux du projet, clarification des compétences au sein du canton, discussion des domaines possibles, élaboration de l'esquisse du projet en concertation avec la Confédération. | X | | X |
| | 1.2 Élaboration d'un plan de projet en concertation avec la Confédération (étapes du déroulement, adaptations, plan d'échantillonnage, responsabilités, calendrier, etc.). | X | | X |
| | 1.3 Préparation des documents d'appel d'offres pour les bureaux d'ingénieurs et demande d'offres. Si nécessaire, discuter de la répartition des coûts avec la Confédération, soumettre une offre pour le projet à l'OFEV. | X | | X |
| | 1.4 Évaluation des offres et attribution du mandat aux bureaux d'ingénieurs (et au laboratoire externe). | X | | |
| | 1.5 Information et demande de soutien auprès des parties prenantes (communes, exploitant-e-s, coopératives) : lettre d'information officielle et premier contact avec les parties prenantes. Établissement de la liste de tous les exploitant-e-s et propriétaires. Planification de la séance d'information. | X | | Mise à disposition de brochures d'information et de dépliants |
| | 1.6 (En option) Définition du périmètre du projet : visite de la zone. | (X) | X | X |

| | | | | |
|------------|---|---|-----|--------------------|
| | 1.7 Sélection du périmètre du projet : définition de la zone. Création de la couche SIG "Périmètre du projet" comme base pour la suite de l'étude). | X | X | X |
| M1, M2, M3 | 1.8 Acquisition et préparation des données de base disponibles au niveau national (Services du CCSols). (Analyses de terrain, télédétection, etc.). | | | Services CCSols |
| | 1.9 Acquisition et préparation des jeux de données cantonales (cadastre des conduites, mensuration officielle, cartes indicatives, plans de drainage, cultures prévues dans le périmètre du projet, etc.). | X | (X) | |

Préparation du projet et phase conceptuelle



Phase conceptuelle I

| Méthodes | Étapes de travail | Responsabilités | | |
|-----------|--|-----------------|----------------------|--------|
| | | Canton | Bureau d'ing. / labo | CCSols |
| | 2.A Phase conceptuelle I | | | |
| | 2.A1 Organisation d'une séance d'information pour la commune et les exploitant-e-s : séance d'information et communication pour les parties prenantes. Objectifs du projet, valeur ajoutée issue de la cartographie des sols, contenu et présentation. Information directe aux exploitant-e-s concerné-e-s avant le début de la phase de prospection et pour la sélection des emplacements des sites H1 (profils pédologiques). | X | (X) | X |
| | 2.A2 Préparation des données géo-environnementales disponibles, y compris les jeux de données cantonales et les plans des conduites, des drainages, etc. ; mise au point et définition du périmètre du projet ; établissement d'une carte avec classification du relief selon la RevKLABS ; établissement des cartes de bases servant d'informations préliminaires pour la phase de prospection. | X | (X) | X |
| | 2.A3 (En option) Création d'un concept d'échantillonnage pour les H1 (profils) si les bureaux d'études le souhaitent. | | | X |
| | 2.A4 Coordination avec les prestataires de services externes (entreprise pour l'excavation des profils). Trouver un quartier général dans la région (pour le véhicule de sondage & le matériel). | X | (X) | |
| M4 | 2.A5 Réalisation de la prospection avec les bureaux d'ingénieurs (région, géologie, sols, etc.) comprenant des sondages de prospection ; détermination des sites définitifs pour les profils, y compris les sites de remplacement ; formation partielle des bureaux d'ingénieurs inexpérimentés ; contrôle qualité des données pédologiques de la phase de prospection. | (X) | X | X |
| M9 | 2.A6 Evaluation spatiostatistique de toutes les données environnementales et des géodonnées existantes ; élaboration du concept d'échantillonnage H3 (échantillonnages destinés à la spectroscopie en laboratoire). | | | X |
| | 2.A7 (En option) Installation de piézomètres pour mesurer le niveau de la nappe phréatique sur les sites présentant des caractéristiques d'engorgement permettant une meilleure interprétation de « I, G, R ». | | (X) | |
| | 2.A8 (En option) Formation de l'équipe de terrain ou des prestataires externes travaillant sur le terrain : saisie numérique avec Soildat, contrôle qualité, QField et autres outils d'aide de terrain pour les pédologues. | (X) | X | X |

| | | |
|---|---|---|
| 2.A9 Elaboration de la carte conceptuelle et sélection des emplacements des profils sur la base des données relevées lors de la semaine de prospection et de la préparation des données environnementales et des géodonnées. | X | X |
| 2.A10 Préparation de la gestion des données : modèle de données, listes d'échantillons, codes QR, Soildat et QField. | | X |

Préparation du projet et phase conceptuelle

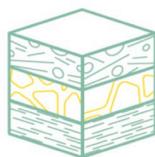


Phase conceptuelle II

En option : en plus des étapes de la phase conceptuelle I énumérées ci-dessus, des cartes des propriétés des sols sont réalisées. Cette réalisation se déroule avant les travaux sur le terrain.

| Méthodes | Étapes de travail | Responsabilités | | |
|-----------|---|-----------------|----------------------|--------|
| | | Canton | Bureau d'ing. / labo | CCSols |
| | 2.B Phase conceptuelle II (en option) | | | |
| | 2.B1 Elaboration du concept d'échantillonnage H3 (échantillonnages destinés à la spectroscopie en laboratoire). | | | X |
| | 2.B2 Planification de la logistique et du calendrier (plans des cultures) pour les sondages et information des agriculteurs et agricultrices. | X | | X |
| | 2.B3 Réalisation des sondages et transport des échantillons au laboratoire de tests de la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires de Zollikofen (BE). | | | X |
| | 2.B4 Attribution d'un contrat à un laboratoire externe pour des analyses de référence (volume : environ 10% de tous les échantillons). | X | | |
| | 2.B5 Préparation de l'échantillon (séchage, tamisage) et envoi d'un échantillon partiel (<100 g) au CCSols. | | X | (X) |
| | 2.B6 Analyses conventionnelles des sols (pH, texture, matières organiques, CEC) pour des sites sélectionnés (analyses de référence) et mise à disposition d'une liste d'échantillons définie avec les résultats. | | X | (X) |
| | 2.B7 Préparation d'échantillons (broyage). | | | X |
| M8 | 2.B8 Pour tous les échantillons : mesures spectroscopiques dans l'infrarouge moyen (MIR). | | | X |
| M8 | 2.B9 Contrôle qualité des spectres mesurés, éventuellement mesures complémentaires, calibrage des spectres à l'aide des analyses de référence et modèle reporté sur tous les échantillons pédologiques. | | | X |
| M9 | 2.B10 Modélisation spatiale des propriétés des sols pour différentes profondeurs, contrôle de plausibilité réalisée par des pédologues. | | | X |
| | 2.B11 Mise à disposition des cartes des propriétés des sols dans QGIS / QField | | | X |

Cartographie



Travail sur le terrain

Remarque : il existe deux procédures pour cette étape de travail : soit un concept d'échantillonnage pour le véhicule de sondage est établi, soit la cartographie de terrain est réalisée avec des sondages manuels. Selon votre choix, les étapes à partir de 3.7 changent.

| Méthodes | Étapes de travail | Responsabilités | | |
|------------|--|-----------------|----------------------|--|
| | | Canton | Bureau d'ing. / labo | CCSols |
| | 3. Travail sur le terrain | | | |
| | 3.1 Creuser les H1 (profils pédologiques) et plus tard, une fois les travaux terminés, remblayer les fosses. Régler l'indemnisation des agriculteurs et agricultrices. | X | X | |
| | 3.2 Information et concertation hebdomadaires avec les exploitant-e-s des parcelles concernées par les profils et par tous les travaux sur le terrain. | X | (X) | |
| M4, M5 | 3.3 Description pédologique des profils, saisie des données pédologiques dans Soildat, contrôle qualité des données ponctuelles ; listes d'échantillons et code QR pour les échantillons. Eventuellement formation à Soildat & CQ pour les H1 (profils) destinée aux bureaux d'études inexpérimentés. | (X) | X | Présentation de Soildat & des outils de contrôle qualité |
| M6 | 3.4 (En option) Sélection de profils pédologiques typiques de la région (sols de référence). Prélèvement d'échantillons pour les propriétés physico-chimiques, y compris les cylindres. | | X | X |
| M8 | 3.5 Analyses chimiques de référence pour les profils pédologiques (voir 2.17). | | X | (X) |
| M4, M5 | 3.6 Journées d'harmonisation/de calibrage pour les profils pédologiques avec des pédologues externes (d'autre bureau d'ingénieurs) avec contrôle qualité (CQ) ; protocole visant à harmoniser la description pédologique dans la zone pilote. | (X) | X | Soutien au CQ avec Soildat & les ensembles de règles |
| M4, M5 | 3.7 (En option) Concept d'échantillonnage pour les H2 (sondages) destiné aux pédologues, création des couches QField, listes d'échantillons et code QR pour les échantillons. | | | X |
| | 3.8 (En option) Attribution d'un contrat pour un véhicule de sondage pour les H2 (sondages). | X | | |
| M4, M5, M7 | 3.9 Début des campagnes de H2 (sondages) et descriptions pédologiques ; éventuellement au début, formation Soildat & CQ pour les H2 (sondages) destinée aux bureaux d'ingénieurs inexpérimentés et présentation des outils de terrain (QField). | | X | Soutien & présentation de QField |

| | | | |
|--------|--|---|---|
| | 3.10 (En option) Echantillonnage volumétrique de sites sélectionnés permettant de déterminer la teneur en squelette et la masse volumique apparente (totale et de la terre fine). | X | (X) Système de sondage avec cartouches de 8 cm |
| M4, M5 | 3.11 Contrôle qualité (CQ) des données pédologiques H2 (sondages) et validation dans Soildat. | X | |
| | 3.12 Gestion des données et contrôle des données de terrain relevées (Soildat et QField). | X | X |

Cartographie



Laboratoire

| Méthodes | Etapes de travail | Responsabilités | | |
|----------|---|-----------------|----------------------|--------|
| | | Canton | Bureau d'ing. / labo | CCSols |
| | 4. Laboratoire | | | |
| | 4.1 Attribution de mandats pour les analyses de référence pour les H1 (profils) et éventuellement les H2 (sondages) à un laboratoire externe (si cela n'a pas déjà été fait lors de la phase conceptuelle, voir 2.17). | X | | |
| M8 | 4.2 Préparation des échantillons provenant des H1 (profils), des H2 (sondages) et envoi du reste de l'échantillon (<100 g) au CCSols. | | X | (X) |
| M8 | 4.3 Analyses de référence pour environ 10% des échantillons. | | X | |
| M8 | 4.4 Broyage des échantillons H1 (profils) et mesures spectroscopiques dans l'infrarouge moyen (MIR). | | | X |
| M8 | 4.5 Calibrage des spectres à l'aide des analyses de référence et projection sur tous les échantillons. | | | X |
| | 4.6 ¹ Détermination de la masse volumique (totale et de la terre fine) (en relation avec 3.10). | | X | (X) |
| M6 | 4.7 Mesure des propriétés physiques des sols à partir des échantillons cylindriques et évaluation des données. | | | X |

Cartographie



Création de cartes

Remarque : dans le cas d'une cartographie de terrain selon FAL24+ / KA23, la réalisation des cartes est effectuée par les bureaux d'études et non par le CCSols.

| Méthodes | Étapes de travail | Responsabilités | | |
|-----------|---|-----------------|----------------------|----------|
| | | Canton | Bureau d'ing. / labo | CCSols |
| | 5. Création de cartes | | | |
| M9 | 5.1 Méthodes statistiques et mathématiques pour la régionalisation des propriétés des sols relevées sur le terrain (voir phase conceptuelle II (en option)). | | | X |
| M9 | 5.2 Méthodes statistiques et mathématiques pour la régionalisation des caractéristiques des sols (engorgement, PU, WHG, types de sols, etc.) | | | X |
| M9 | 5.3 Contrôle de plausibilité et vérification des cartes modélisées : échange avec les pédologues et le canton. | (X) | X | X |
| M9 | 5.4 Correction des modèles spatiaux et mise à jour des cartes. | | | X |
| | 5.5 Préparation et visualisation des cartes dans un SIG. | (X) | | X |

Interprétation



Interprétation et produits

Remarque : dans le cas d'une cartographie de terrain selon FAL24+/KA23, il convient d'examiner quelles cartes thématiques peuvent être établies en relation avec les données pédologiques relevées et la différenciation en profondeur.

| Méthodes | Étapes de travail | Responsabilités | | |
|--------------------------------------|---|-----------------|----------------------|--------|
| | | Canton | Bureau d'ing. / labo | CCSols |
| 6. Interprétation et produits | | | | |
| M10 | 6.1 Analyse des données et réalisation de cartes, création de cartes thématiques. | | (X) | X |
| M10 | 6.2 (En option) Echange avec les pédologues et le canton sur les cartes thématiques réalisées ; discussion sur le besoin de cartes thématiques supplémentaires. | X | X | X |
| | 6.3 Atelier final - séance d'information pour les parties prenantes ; (présentation des résultats, discussion et questions). Liste des participants réalisée en accord entre le canton et le CCSols. | X | (X) | X |
| | 6.4 Gestion des données : migration des jeux de données finaux (données ponctuelles et surfaciques) vers NABODAT. Mise à disposition des informations pédologiques relevées pour le Service SIG cantonal. | (Service SIG) | | X |
| | 6.5 Publication des produits, rapports et relations avec les médias. | X | X | X |
| M10 | 6.6 (En option) Visite de la région ou de certaines parcelles avec des exploitant-e-s et des représentant-e-s du canton afin de vérifier la plausibilité des cartes thématiques par rapport aux expériences pratiques et d'optimiser les cartes thématiques. | X | (X) | X |

Centre de compétences sur les sols

BFH-HAFL

Länggasse 85 _ 3052 Zollikofen

info@ccsols.ch _ ccsols.ch