



DÉPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE LA SÉCURITÉ

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ENVIRONNEMENT

MP-SDA

1.02.2022

AIDE À L'EXÉCUTION

MÉTHODOLOGIE PÉDOLOGIQUE POUR L'IDENTIFICATION DES NOUVELLES SURFACES D'ASSOLEMENT

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	2
1. GÉNÉRALITÉS	4
2. DÉROULEMENT DE LA DÉMARCHÉ	5
3. IDENTIFICATION	6
4. PRÉTRAITEMENT	6
5. EXPERTISE PÉDOLOGIQUE	6
5.1. ÉTAPE I – ETUDES PRÉLIMINAIRES	6
5.1.1. <i>Analyse des données existantes et de l'historique des surfaces</i>	7
5.1.2. <i>Visite de terrain et vérification de l'usage du sol</i>	7
5.1.3. <i>Surfaces de moins de 1 ha</i>	7
5.2. ÉTAPE II – RELEVÉS PÉDOLOGIQUES	7
5.2.1. <i>Pollution selon OSol – critère n°5</i>	8
5.2.2. <i>Relevés pédologiques</i>	9
5.2.3. <i>Extrapolation spatiale des observations ponctuelles</i>	15
5.2.4. <i>Cas particuliers : sols anthropogènes reconstitués</i>	15
5.2.5. <i>Cas particuliers : sols organiques d'anciens marais drainés</i>	15
5.3. ÉTAPE III – SYNTHÈSE ET ÉLABORATION DE GÉODONNÉES	16
5.3.1. <i>Informations pédologiques ponctuelles (profils et sondages)</i>	16
5.3.2. <i>Carte de sol</i>	16
5.3.3. <i>Carte de compatibilité SDA</i>	16
6. LIVRABLES	17
7. VALIDATION PÉDOLOGIQUE	18
8. POST-TRAITEMENT ET VALIDATION FINALE	18
9. ANNEXES	18

Abréviations et références

<i>Abréviations utilisées</i>	ARE	Office fédéral du développement territorial
	DGE-Sols	Direction générale de l'environnement du Canton de Vaud - Division géologie, sol et déchets
	DGAV	Direction générale de l'agriculture, de la viticulture et des affaires vétérinaires
	FAL	Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture de Zürich-Reckenholz
	FAL24	Méthode de cartographie des sols de Suisse élaborée par la FAL
	FAL24+	Méthode de cartographie des sols FAL24 mise à jour par le Canton de Soleure
	FAO	Food and agriculture organization of the United Nations
	HAFL	Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, Zollikofen
	KLABS	Classification des sols de Suisse
	OFEV	Office fédéral de l'environnement
	MO	Matière organique
	OPD	Ordonnance sur les paiements directs
	SDA	Surface d'assolement
	DGTL	Direction générale du territoire et du logement
	PU	Profondeur utile
VESS	Estimation visuelle de la structure des horizons de surface des sols cultivés	

- Bases légales, directives et documents de référence*
- [1] Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01), du 7 octobre 1983 (état le 1er juillet 2014).
 - [2] Ordonnance sur les atteintes portées au sol (OSol, RS 814.12), du 1er juillet 1998 (état le 1er janvier 2016).
 - [3] Ordonnance sur l'aménagement du territoire (OAT, RS 700), du 28 juin 2000 (état le 1er janvier 2016).
 - [4] Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED, RS 814.600) du 4 décembre 2015.
 - [5] Instructions « Evaluation et utilisation des matériaux terreux (Instructions matériaux terreux) », Office fédéral de l'environnement, 2001.
 - [6] Fiches d'application du PDCn : Comment traiter et justifier un projet qui nécessite une emprise sur des surfaces d'assolement ? Sept 2018 ; Comment identifier de nouvelles surfaces d'assolement lors de la révision d'un plan d'affectation ? Mai 2021.
 - [7] Cartographie et estimation des sols agricoles. Cahier de l'Agroscope FAL-Reckenholz n°24, 1997.
 - [8] Classification des sols de Suisse. Société Suisse de Pédologie (SSP), 2002.
 - [9] Kartiermethodik FAL24+, Amt für Umwelt Kanton Solothurn, version de décembre 2017.
 - [10] Guide pour la description des sols, D. Baize et B. Jabiol, Ed. Quae, 2011.
 - [11] Guidelines for soil descriptions, fourth edition, FAO, Rome, 2006.
 - [12] Rapport de synthèse « Relevé de nouvelles surfaces d'assolement », groupe d'experts M. Günter, ARE, 16 avril 2018.
 - [13] Notice méthodologique « classement des sols en surfaces d'assolement (SDA) », service du développement territorial du Canton du Valais, mai 2016.
 - [14] Manuel de prélèvement et préparation d'échantillons de sols pour l'analyse de substances polluantes dans les sols, Office fédéral de l'environnement, 2003.
 - [15] Plan sectoriel des surfaces d'assolement – ARE, mai 2020.
 - [16] Plan sectoriel des surfaces d'assolement – Rapport explicatif, ARE, mai 2020.
 - [17] Carte des aptitudes climatiques pour l'agriculture en Suisse. OFAG, 01.06.2012.
 - [18] Directive Cantonale « Protection des sols sur les chantiers », DMP863, Canton de Vaud, 2019.
 - [19] Guide pour l'estimation de dommages aux cultures, Agriexpert, Union Suisse des Paysans.
 - [20] STRUDEL Methode : Bodenverdichtungsbeurteilung. Agroscope, 2018.
 - [21] Johannes A., Weisskopf P., Schulin R., Boivin P., Soil structure quality indicators and their limit values, Ecological Indicators, Volume 104, Pages 686-694, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.040>. 2019.
 - [22] Sols et constructions. Etat de la technique et des pratiques. Connaissance de l'environnement n° 1508 : 113 p. OFEV (éd.) Bellini E. 2015.
 - [23] Baize D., Boivin P., Boizard H., Füllemann F., Gondret K., Johannes A., Lamy F., Leopizzi S., Evaluation Visuelle de la Structure des horizons de surface des sols cultivés (VESS), (2018).
 - [24] Carte indicative des sols valorisables et réhabilitables pour des compensations SDA – Notice méthodologique à l'intention des Cantons - ARE, OFEV, OFAG, 12 mars 2021.

1. GÉNÉRALITÉS

Contexte La présente notice méthodologique s'applique aux mandats d'expertises délivrés par le canton visant à identifier de nouvelles surfaces d'assolement, par exemple en lien avec la modification de l'affectation du sol. Elle se base sur les documents du plan sectoriel des surfaces d'assolement [15], [16]. Elle définit :

- le cadre légal et méthodologique applicable ;
- l'organisation des mandats de prestation, les étapes de la démarche et la répartition des opérations à mener par les mandants et le mandataire ;
- l'organisation de l'information aux municipalités, propriétaires et exploitants et l'implication des représentants communaux ;
- le déroulement des investigations pédologiques ;
- le contenu demandé des résultats (rapports et géodonnées).

Cette notice n'est pas applicable dans le cas des sols anthropogènes reconstitués et des sols organiques.

En raison des fortes imprécisions des méthodes existantes [7] et [9], et de l'évolution actuelle de la révision de la classification des sols de Suisse (rév. KLABS/KA), la présente méthodologie est appelée à évoluer continuellement. **Il convient donc de toujours se référer à la dernière version en ligne ou auprès de la DGE-Sols.**

Critères de référence

Les critères de référence, applicables dans le Canton de Vaud pour les nouvelles surfaces d'assolement, sont les suivants (Tableau 1) :

- critères de base définis par la Confédération dans le document « plan sectoriel des surfaces d'assolement SDA – Rapport explicatif, ARE, 2020 » [16].

Tableau 1

Critères de qualité selon le plan sectoriel des surfaces d'assolement – Rapport explicatif, 2020 [16]

Critères de qualité des nouvelles surfaces d'assolement

1	Zone climatique	A / B / C / D1-4
2	Pente	≤ 18 %
3	Profondeur utile du sol (PU/PNG)	≥ 50 cm
4	Polluants du sol selon OSol	≤ Seuils d'investigation pour les cultures alimentaires (OSol, annexe 1, chapitre 12)
5	Superficie d'un seul tenant	Au moins 1 ha et forme adéquate de la parcelle. Indépendamment de leur taille, des surfaces peuvent être comptabilisées en SDA quand elles jouxtent des SDA et constituent avec elles une unité d'exploitation rationnelle qui présente une superficie d'au moins 1 ha.

2. DÉROULEMENT DE LA DÉMARCHE

Démarche La démarche se déroule en plusieurs étapes décrites ci-dessous (Tableau 2).

Tableau 2
Etapes de la démarche

Etape		Responsable	Coordination et information	Critères à vérifier
Identification¹		Municipalité	Identifie les secteurs dont l'affectation projetée est compatible avec les SDA et transmet les géodonnées à la DGTL	Affectation du sol
Prétraitement		DGTL	Identifie les surfaces devant faire l'objet d'un mandat d'expertise pédologique	Usage du sol + critères 1, 2 et 5
Mandat d'expertise pédologique		DGTL : mandant DGE-Sols : répondant métier	DGTL : informe par courrier la municipalité, les exploitants et les propriétaires	-
Expertise pédologique	Etape I : étude préliminaire	Documentation : mandataire*	DGE-Sols : transmet les éventuelles données de sols disponibles	-
		Visite de terrain : mandataire*	Un représentant de la municipalité accompagne le mandataire	Usage du sol + critères 2 et 5
	Etape II : relevés pédologiques	Investigations pédologiques : mandataire*	Pour l'organisation du travail de terrain (sondages + fosses) le mandataire prend contact avec : <ul style="list-style-type: none"> l'exploitant si la surface est exploitée par l'agriculture le propriétaire s'il ne s'agit pas d'une parcelle agricole 	3 et 4 + contrôles locaux 2 et 5
	Etape III : élaboration de géodonnées et du rapport de synthèse	Mandataire*	DGE-Sols et DGTL vérifient et contrôlent les résultats	Critères 2, 3, 4 et 5
Post-traitement et validation finale		DGTL	DGTL transmet le rapport final à la municipalité. Les exploitants et propriétaires en sont informés.	Critère 5+ cas particuliers
Intégration dans l'inventaire cantonal		DGTL	Mise à jour annuelle	

* Mandataire : spécialiste en pédologie mandaté par la DGTL pour effectuer les investigations pédologiques

¹ Lorsque la vérification est effectuée après l'entrée en vigueur du plan d'affectation, cette étape n'a pas lieu d'être.

3. IDENTIFICATION

Municipalité ou DGTL

Lorsqu'un projet prévoit la réaffectation de zones à bâtir en zone agricole, la qualité de SDA des nouvelles surfaces de zone agricole doit être vérifiée. Cette vérification a lieu soit en cours d'élaboration du projet de révision du plan d'affectation soit une fois le plan d'affectation entré en vigueur. La fiche d'application DGTL « Identification de nouvelles surfaces d'assolement » détaille les deux cas de figure.

Dans le premier cas, la municipalité doit transmettre des géodonnées à la DGTL en vue du prétraitement. Dans le second cas, cette étape n'est pas nécessaire car la DGTL est déjà en possession des géodonnées.

4. PRÉTRAITEMENT

DGTL

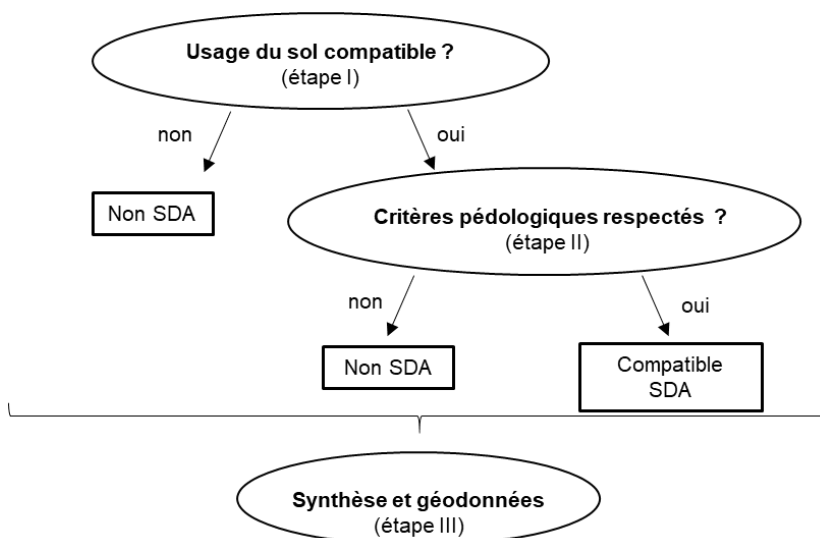
La DGTL vérifie si les secteurs envisagés répondent a priori aux critères 1 (zone climatique), 2 (pente), et 5 (superficie d'un seul tenant d'au moins 1 ha et forme adéquate).

Si les secteurs envisagés respectent ces critères et se prêtent a priori à l'agriculture, la DGTL élabore la géodonnée des secteurs et mandate un pédologue pour expertiser les surfaces concernées.

5. EXPERTISE PÉDOLOGIQUE

L'expertise se déroule en 3 étapes selon une démarche progressive. La démarche à adopter est synthétisée sur la figure 1.

*Figure 1
Déroulement de l'expertise pédologique*



5.1. Étape I – Etudes préliminaires

Compatibilité de l'usage du sol

Dans une première étape, les données existantes sont analysées puis le pédologue et la municipalité vérifient sur le terrain si l'usage du sol est compatible avec les SDA dans les secteurs considérés.

Les surfaces considérées sont compatibles lorsqu'elles peuvent être rendues disponibles pour une (re-)mise en culture dans un délai de 1 an maximum. Ceci correspond aux cas où l'usage du sol n'a pas porté atteinte à la qualité des sols de façon durable.

5.1.1. Analyse des données existantes et de l'historique des surfaces

Données géographiques

Les cartes disponibles sur les guichets cartographiques cantonal et fédéral (cartes historiques, cartes géologiques, photographies aériennes actuelles et historiques, images satellite, etc.) permettent de renseigner sur la situation et l'utilisation actuelle et passée du sol. Dans cette analyse, il y a lieu spécialement de recenser les surfaces qui ont été cultivées en vigne ou qui le sont actuellement. Les cartes donnent aussi des indices sur des pollutions éventuelles et la présence d'anciennes constructions ou de remblais.

Si le secteur a été investigué par d'autres études ou figure sur la carte des sols du Canton de Vaud, les données pédologiques existantes sont fournies préalablement par la DGE-Sols pour analyse et adaptation de la méthode de relevés.

5.1.2. Visite de terrain et vérification de l'usage du sol

Visites de terrain

Les investigations historiques sont complétées par une visite de terrain avec un représentant de la municipalité. Celle-ci permet de vérifier in situ les résultats du prétraitement et d'exclure les secteurs incompatibles avec les SDA en raison d'un usage du sol incompatible ou de l'existence d'entraves majeures à la culture agricole (forme inadéquate, etc.). Si l'observation visuelle soulève des questions particulières (p. ex. suspicion de remblais autour d'une construction, trace d'anciens aménagements, etc.), une interview de l'exploitant agricole (si existant) ou du propriétaire (si parcelles non exploitées par un exploitant agricole) doit être menée.

Cette visite permet de définir les surfaces à investiguer dans l'étape II ainsi que le type d'investigations à mener en priorité.

Le tableau en annexe 1 présente une liste des principaux usages du sol potentiellement critiques et de leur compatibilité avec les SDA, établie selon le rapport explicatif du plan sectoriel de mai 2020 [16]. Cette liste n'est pas exhaustive et de nombreuses situations sont à évaluer au cas par cas en fonction des observations de terrain.

5.1.3. Surfaces de moins de 1 ha

Surfaces morcelées

Dans le cas où les surfaces à contrôler sont inférieures à 1 ha, les règles suivantes s'appliquent :

- Surfaces morcelées de taille < 2'500 m²

Elles ne font pas l'objet de relevés pédologiques. Leur intégration aux SDA est définie sur la base des observations réalisées lors de l'étude préliminaire. L'homogénéité topographique avec une SDA attenante est la condition impérative pour les intégrer aux surfaces compatibles aux SDA.

- Surfaces morcelées dont la taille est comprise entre 2'500 et 10'000 m²

Des relevés pédologiques sont réalisés mais ils peuvent être allégés : la description d'un profil pédologique n'est pas nécessaire lorsque la profondeur utile estimée dans les sondages à la tarière est supérieure à 70 cm ou inférieure à 30 cm. Si la surface répond à l'ensemble des critères SDA et qu'elle jouxte des SDA existantes, elle peut être intégrée aux surfaces compatibles aux SDA.

5.2. Etape II – Relevés pédologiques

En deuxième étape, le pédologue doit contrôler, à l'aide de relevés pédologiques, si toutes les surfaces où l'usage du sol est compatible avec les SDA remplissent les critères pédologiques requis pour les SDA. Il s'agit de la profondeur utile (critère 3) et des polluants du sol selon l'OSol (critère 4). Si nécessaire, la masse volumique apparente effective (annexe 11) peut être mesurée après accord de DGE-Sols. Le critère de pollution est contrôlé en cas de soupçons de pollution émis suite à l'étude de l'utilisation historique et actuelle du sol.

Les données pédologiques requises pour la délimitation de nouvelles surfaces d'assolement sont des cartes de détail à l'échelle du 1:5'000 pour une précision à l'échelle de la parcelle

cultivée. L'élaboration de ces cartes de sol nécessite en moyenne la description de 4 sondages par hectare et d'un profil pédologique par unité de sol. Cette densité d'observation est revue à la hausse ou à la baisse en fonction de l'hétérogénéité des sols en place et des données pédologiques déjà existantes.

L'organisation chronologique du travail de terrain est la suivante :

*Organisation
chronologique
du travail et
répartition des
tâches*

1. La DGTL informe les propriétaires et les exploitants des parcelles concernées par courrier avant le début des relevés. Les contacts sont transmis au pédologue pour son organisation. Ils comprennent les adresses et les contacts téléphoniques des exploitants agricoles uniquement. Le mandataire doit acquérir les contacts téléphoniques des propriétaires auprès de la commune.
2. Le pédologue informe par téléphone les exploitants agricoles (si la parcelle est exploitée par l'agriculture) et les propriétaires (si elle n'est pas exploitée par l'agriculture) de sa venue et des modalités de l'organisation du travail de terrain (sondages, creuse des profils, accès, période d'intervention).
La densité et les emplacements des sondages sont définis selon les résultats de l'étape I. La localisation des profils pédologiques est également définie sur cette base ainsi que sur les observations réalisées sur le terrain lors des sondages.
3. Lors des investigations pédologiques, les critères les plus critiques sont vérifiés en premier :
 - si les études préliminaires ne mettent pas en évidence de soupçon de pollution, les sondages à la tarière et les profils pédologiques sont réalisés afin de caractériser le sol et de déterminer sa profondeur utile (critère 3).
 - si les études préliminaires mettent en évidence un soupçon de pollution sur un secteur, l'analyse de pollution y est effectuée en priorité (voir chapitre 5.2.1), ceci afin de limiter les investigations pédologiques si d'emblée le critère de pollution n'est pas respecté.
4. Les éventuels dégâts causés aux cultures par les fosses pédologiques sont indemnisés. Le montant est calculé en fonction de la surface impactée et du type de culture selon les directives de l'Union Suisse des Paysans [19]. Le pédologue indemnise les exploitants agricoles et intègre cette dépense dans ses frais.

5.2.1. Pollution selon OSol – critère n°5

*Soupçon de
pollution*

Des analyses de polluants dans les sols doivent être réalisées avant les relevés pédologiques en cas de soupçon de pollution. C'est le cas des surfaces où des produits contenant des polluants sont utilisés ou ont été utilisés par le passé, des surfaces proches d'un émetteur de polluants, ayant fait l'objet d'apports de matériaux exogènes (déchets, etc.), et des surfaces situées sur un site inscrit au cadastre des sites pollués. Les principales émissions responsables de la pollution des sols et les types de polluants à considérer sont listés dans les documents cités en référence [14] et [18].

C'est aussi le cas des surfaces pour lesquelles le pédologue découvre des indices de pollution potentielle en cours d'expertise (remblais, présence de déchets, odeurs suspectes). Dans ce cas, le prélèvement d'échantillons est effectué pendant les relevés.

Les surfaces de moins de 2'500 m² ne sont pas échantillonnées.

*Cas
particuliers :
vignes et
vergers*

Il y a lieu d'effectuer une analyse de pollution si les surfaces sont actuellement cultivées en verger intensif ou en vigne et/ou si l'analyse des cartes historique ou le contact avec l'exploitant a révélé la présence de vignes ou vergers historiques. L'analyse de pollution distinguera les catégories suivantes :

- Verger actuel sans historique de vigne
- Verger actuel avec historique de vigne
- Vigne actuelle
- Surface avec historique de vigne
- Surface avec historique de verger

Prélèvements Les échantillons sont à prélever sous forme d'échantillons composites, en général, dans une placette et dans les 20 premiers centimètres de la couche supérieure du sol [14]. Le type d'échantillonnage effectué (nombre de prélèvement, profondeur de prélèvement et surface échantillonnée) doit être précisé dans le rapport.

Valeurs de référence Les valeurs de référence applicables sont les seuils d'investigations de l'OSol [2] et les valeurs complémentaires définies dans les instructions matériaux terreux de l'OFEV [5]. Dans certains cas particuliers, par exemple en présence de déchets, les valeurs de l'annexe 3 ch. 1 de l'OLED servent de référence [4]. Les dépassements faibles sont annoncés à la DGE-Sols, de même que les pollutions potentiellement d'origine géogène. Dans certains cas, celles-ci demanderont des investigations complémentaires. Les dépassements du seuil d'investigation d'origine géogène et déjà connus ne sont pas à analyser.

Lorsque la pollution est avérée sur une zone, celle-ci change d'unité cartographique. Le détail des concentrations en polluants est mentionné dans le rapport explicatif, et le respect du critère mentionné dans les tables attributaires de la carte de sol et de la carte de compatibilité des SDA.

5.2.2. Relevés pédologiques

Fiches de relevés Les informations relevées dans les profils et sondages doivent être documentées dans les fichiers fournis à part en format excel : « Fiches relevés Profils » pour les profils (Annexe 3), et « Fiches relevés Sondages » pour les sondages (Annexe 4). Ces fiches sont traduites à partir des fiches HAFL et correspondent à la synthèse de la FAL24 [7], de la FAL24+ [9] et de la KLABS [8]. Elles facilitent la saisie des informations dans une base de données et sont compatibles avec la base de données nationale.

La légende qui accompagne les fiches de relevés définit les paramètres à observer et les échelles de quantification (Annexe 2). Les paramètres qui ne sont pas décrits dans la FAL24 [7] et la FAL24+ [9] proviennent des « Guidelines for soil description de la FAO, 2006 » [11] et du « Guide pour la description des sols, Baize et Jabiol, 2011 » [10].

Tous les champs figurant dans les fiches de relevés doivent être renseignés selon les codes précis de la FAL 24 (Annexe 2) en respectant les majuscules, les minuscules, les chiffres et les parenthèses.

Lorsqu'aucun code n'est applicable, les observations sont renseignées comme suit :

- 'case vide' : observation non effectuée (raison à expliciter dans les remarques et dans le rapport)
- '-' : observation effectuée mais caractéristique absente
- '0' : observation effectuée, valeur nulle dans l'échelle de quantification

Les observations ponctuelles de terrain (sondages et profils) permettent de définir des unités de sol homogènes et d'élaborer les cartes de sols. Elles permettent aussi d'identifier des sols dégradés par l'activité humaine.

Les relevés de terrain ponctuels doivent être géolocalisés avec un GPS précis. Des divergences de plus de 5 mètres entre le relevé réel et son emplacement dans ArcGis (QGis) ne sont pas acceptables.

5.2.2.1. Description des horizons

Observations de terrain Les éléments décrits et reportés sur la fiche de relevé correspondent aux observations de terrain (estimation visuelle, test tactile, etc.). Les résultats des analyses de laboratoire figurent dans la fiche de relevé, à l'intérieur de colonnes colorées en vert (annexes 3 et 4). Toutes les cases doivent être remplies (exemple : si pour 2 horizons OB, une seule valeur de pH a été effectuée, il faut la renseigner pour chaque ligne d'horizon). Les résultats d'analyse de laboratoire sont reportés également dans le rapport final.

Le tableau 3, ci-dessous, résume les paramètres à renseigner pour chaque horizon selon le type de relevé effectué :

Tableau 3
Éléments décrits pour les sondages et les profils

Paramètre à relever	Profil	Sondage
Profondeur de début et de fin de l'horizon	Oui	Oui
Symboles principaux décrivant le type d'horizon	Oui	Oui
Symboles complémentaires liés à la formation du sol et à l'expression des horizons	Oui	Oui
Netteté de la transition avec l'horizon inférieur	Oui	Non
Humidité	Oui	Oui
Matière organique (MO)	Estimation visuelle + analyse en laboratoire (méthode Anne) pour les horizons jugés représentatifs du sol (en général 2 ou 3 horizons par profil).	Estimation visuelle uniquement.
Forme et taille de la structure	Deux types de structures peuvent être renseignés.	Non
Enracinement	Densité racinaire, état sanitaire et forme des racines.	Non
Activité des vers de terre	Oui	Non
Porosité, compacité et friabilité	Oui	Non
Couleur selon code Munsell	Oui	Non
Teneur en argile et en silt	Estimation par test tactile + analyse en laboratoire (méthode par sédimentation) pour les horizons jugés représentatifs du sol (en général 2 ou 3 horizons par profil). Les classes texturales sont renseignées selon le code numérique de la FAL (de 1 à 13).	Estimation par test tactile.
Teneur en carbonates	Estimation par effervescence à l'HCl + analyse de laboratoire pour les horizons jugés représentatifs du sol (en général 2 ou 3 horizons par profil).	Estimation par effervescence à l'HCl.
pH hellige	Non, si une analyse en laboratoire est faite.	Facultatif

pH CaCl ₂	Mesuré en laboratoire pour les horizons jugés représentatifs du sol (en général 2 ou 3 horizons par profil ; OB, UB et UG).	Non
Teneur volumique en éléments grossiers : graviers, pierres et blocs (charte pour l'estimation visuelle annexe 10)	Estimation visuelle de la teneur et nature des éléments grossiers (code selon fig 3.6a FAL24 [7]).	Seule une fourchette de la teneur en éléments grossiers (code selon Tab. 3.6c FAL24 [7]) peut être indiquée dans les sondages selon l'état de pierrosité en surface et sera reportée dans la colonne « Classe de pierrosité » dans la fiche de relevé.
Facteur de correction pour la PU	Obligatoire pour la teneur en éléments grossiers, la texture/structure et l'hydromorphie/compaction (voir chapitre 5.2.2.2).	Facultatif pour les sondages. Cependant, ils peuvent être reportés à titre indicatif (voir chapitre 5.2.2.2).
Classe PU estimée	Non	Oui
NEK et limitation NEK	Oui	Non
Profondeur de blocage tarière	Non	Oui
Echantillons et analyses	Obligatoire, le nom de l'échantillon doit être relevé sur la fiche de profil.	Les analyses de laboratoire ne sont pas exigées dans les sondages, mais des colonnes sont prévues à cet effet dans la fiche de relevé au cas où elles seraient effectuées.

**Rattachement
OB, UB, UG**

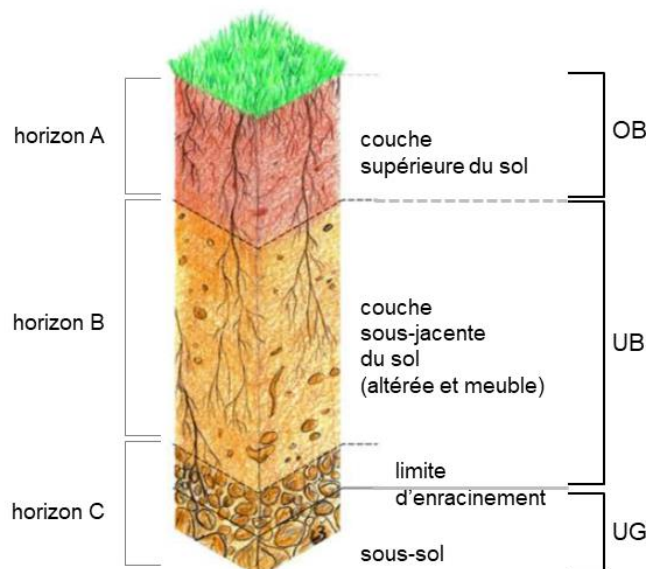
Chaque horizon après avoir été décrit individuellement est rattaché à une catégorie d'horizon : horizon de surface (OB), horizon sous-jacent (UB), ou matériel parental plus ou moins altéré (UG).

Si la couche OB est généralement rattachée aux horizons A (travaillés ou non), il n'existe pas jusqu'à présent de définition claire pour distinguer les UB des UG, notamment dans les sols anthropiques et organiques. La présente méthodologie définit la limite entre UB et UG à la profondeur d'enracinement potentiel (Figure 3).

Dans les sols agricoles, la profondeur d'enracinement réelle est souvent inférieure à la profondeur potentielle et dépend fortement de la rotation des cultures. Dans ce cas, la couche UB sera définie en fonction de l'altération et de la structuration des couches sous-jacentes. La couche UG sera celle du matériel minéral parental peu altéré et non structuré, sauf dans les cas où il participe manifestement à la profondeur physiologique.

Figure 3

Définition des horizons et des couches selon [22] modifié



5.2.2.2. Interprétation : détermination de la profondeur utile (PU) – critère 3

Définition

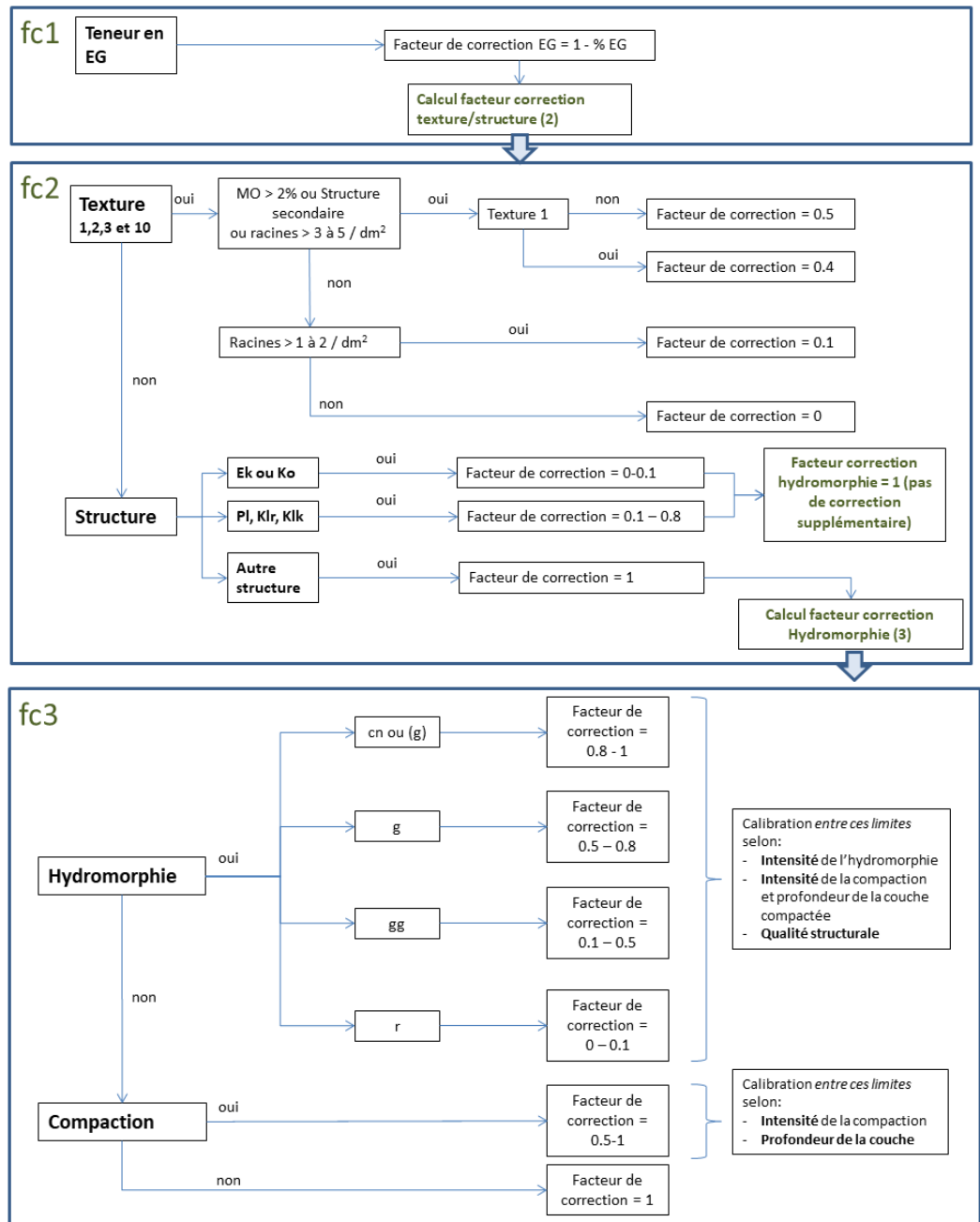
La PU est définie comme la profondeur de sol exploitable par les racines. Elle correspond à la somme des PU des horizons appartenant aux couches supérieures (OB) et inférieures (UB) du sol. Les horizons du sous-sol (UG) et les horizons ne respectant pas le critère de masse volumique apparente (annexe 11) ne sont pas comptabilisés dans la PU. Pour comptabiliser les horizons sous-jacents d'horizons compactés, les racines doivent pouvoir traverser ces couches compactes.

Facteurs de correction

La PU d'un horizon est déterminée en se basant sur l'épaisseur de l'horizon et en appliquant des facteurs de correction qui tiennent compte de la teneur en éléments grossiers (EG), fc_1 , de la texture et structure, fc_2 , et de l'hydromorphie, fc_3 .

Les facteurs de correction sont estimés comme suit (Figure 4) :

Figure 4
Facteur de correction de la PU



- **fc1 : facteur de correction pour les éléments grossiers** selon FAL24 [7] :

$$fc\ 1 = 1 - (\text{teneur en éléments grossiers (\%)} / 100)$$

- **fc2 : facteur de correction pour la texture et la structure** selon [13], FAL24+ [9] et avis d’experts :

Ce facteur de correction n’est utilisé que pour les textures très sableuses (classes de texture 1 [sable], 2 [sable silteux], 3 [sable limoneux] ou 10 [silt sableux]) en tenant compte du taux de matière organique et de l’enracinement.

En dehors de ces textures, ce facteur de correction considère les structures : les structures particulières (Ek) et cohérentes (Ko) sont fortement pénalisées. Celles en plaquettes (Pl) et les structures anthropogènes, telles que les mottes arrondies et anguleuses (Klr et Klk), le sont de façon variable selon :

- la qualité structurale observée (hydromorphie intra-mottes, friabilité, porosité, taille et forme, etc.) ; les valeurs proposées pour le fc3 (hydromorphie) servent d’échelle de référence ;

- la profondeur des couches considérées (plus elles seront profondes plus elles seront pénalisées, partant du principe qu'en dessous de 30-40 cm il est presque impossible d'y remédier).

La double pénalisation pour la texture et la structure n'est pas admise.

- **fc3 : facteur de correction pour l'hydromorphie et la compaction** selon FAL24 [7], FAL24+ [9] et avis d'experts :

Le facteur de correction pour l'hydromorphie est calculé uniquement dans les horizons qui n'ont subi aucune correction pour la texture et la structure. Si une correction pour la texture et structure a eu lieu, le facteur fc3 prendra la valeur de « 1 » (aucune pénalisation) même si des traces d'hydromorphie sont présentes (déjà intégrées dans le fc2). A l'échelle de l'horizon, l'hydromorphie se réfère au régime hydrique actuel du sol, et non pas à celui hérité, pour autant que l'observation de terrain permette de faire cette différence. Pour un degré d'hydromorphie donné, la valeur exacte du facteur de correction est déterminée par le pédologue en se basant sur l'intensité de l'hydromorphie, pondérée par la compaction et par l'état structural de l'horizon. La qualité structurale permet de pénaliser des structures naturelles impactées (Pr, Po, etc.), des structures anthropogènes (Fr, Br) ou une qualité structurale VESS > 3 [23].

- **Compaction**

Dans le cas particulier où une compaction est observée dans un horizon non-hydromorphe, le facteur de correction pour la compaction est à prendre en compte. La compaction doit être suffisamment marquée, mais respecter tout de même le critère « masse volumique apparente » traité en annexe 11. Elle concerne surtout des horizons de surface (p.ex. Ahp) et des horizons présentant des structures en mottes massives (Br) et fragments (Fr). La compaction est estimée à partir du volume total de l'horizon qui est exploité, ou exploitable, par les racines. Ce facteur est pondéré selon l'intensité de la compaction et la profondeur de la couche compactée. La compaction sera pénalisée davantage dans les couches profondes car il est plus difficile d'y remédier que dans les horizons de surface.

Le facteur de correction fc3 prend la valeur de « 1 » si l'horizon ne présente aucune trace d'hydromorphie, ni de compaction. Pour rappel, le cas des sols anthropiques est un cas particulier non traité par cette méthodologie.

*Calcul de la
PU*

La profondeur utile de chaque horizon est obtenue en multipliant l'épaisseur de l'horizon par chaque facteur de correction :

$$PU_{\text{horizon}} = \text{Epaisseur} \times fc1 \times fc2 \times fc3$$

La profondeur utile du sol est obtenue en additionnant les profondeurs utiles des différents horizons qui constituent les couches OB et UB :

$$PU_{\text{sol}} = \sum PU_{OB1} + PU_{OB2} + PU_{UB1} + PU_{UB2} + \dots$$

Le fichier excel « Fiches relevés Profils » calcule de manière automatique, pour chaque profil, la profondeur utile et sa classe selon la FAL24.

*Particularités
des sondages*

Les sondages à la tarière ne permettent pas d'observer correctement la pierrosité, la structure ou la présence de racines et ne permettent donc qu'une estimation grossière de la PU. Pour cette raison, dans les sondages, il n'est pas obligatoire de renseigner les facteurs de correction de la PU. Il suffira de noter la « Classe de PU estimée » selon la FAL24 dans la case correspondante de la fiche relevé.

Cependant, lorsque des facteurs de correction fc2 et fc3 sont estimés quand même par le pédologue, ceux-ci peuvent être renseignés de manière purement indicative dans les colonnes prévues à cet effet afin de garder une trace du calcul de la PU. Le facteur de correction pour les éléments grossiers (fc1) est quant à lui calculé de manière automatique à partir de la valeur médiane de la classe de pierrosité (Tab. 3.6c FAL24, annexe 10). Comme pour les profils, le fichier excel « Fiches relevés Sondages » calcule de manière automatique la profondeur utile et sa classe selon la FAL24 (« Classe PU calculée »). La classe de PU obtenue par calcul automatique remplace alors celle estimée (« Classe PU estimée »).

5.2.2.3. Détermination des classes d'aptitude à l'exploitation agricole (NEK)

NEK La détermination des classes d'aptitude à l'exploitation agricole (NEK) se base sur les facteurs limitants (tableau 9.3 e à j [7]). Les surfaces classées NEK 7 à NEK 10 ne peuvent en aucun cas être prises en considération pour les surfaces d'assolement.

5.2.2.4. Synthèse des caractéristiques du sol (informations ponctuelles)

Synthèse des observations

Les observations réalisées dans les profils et les sondages sont synthétisées afin de fournir une description du sol et de ses caractéristiques selon le modèle à deux couches qui décrit l'horizon de surface (OB) et l'horizon sous-jacent (UB). A cette fin, les propriétés des horizons de surface et des horizons sous-jacents doivent être généralisées de sorte à représenter le sol de la manière la plus significative et représentative possible (notion de pertinence écologique selon la FAL24+). Le sous-type de sol « teneur en carbonates » a été défini de manière plus précise dans la notice méthodologique du canton du Valais [13]. Il est expliqué en annexe 5.

5.2.3. Extrapolation spatiale des observations ponctuelles

Unités cartographiques

Une unité cartographique (UC) est une surface qui peut être constituée d'une seule unité de sol ou de plusieurs unités de sols (unités cartographiques complexes).

Une unité de sol (US) correspond à des sols similaires. Une même unité de sol peut être observée dans plusieurs unités cartographiques.

En principe, un profil de référence est nécessaire par unité de sol. Les observations réalisées dans les profils de référence sont essentielles car de nombreuses propriétés du sol, telles que la pierrosité, la structure ou la profondeur utile, ne peuvent pas être caractérisées précisément dans les sondages. Les caractéristiques des unités de sols sont définies en synthétisant l'ensemble des informations ponctuelles.

La classe de PU de l'unité de sol est estimée en se basant sur la PU du profil de référence, pondérée par les classes de PU estimées dans les sondages de l'unité en question.

Remarque sur les unités cartographiques complexes

A l'échelle du 1:5'000, l'unité cartographique correspond souvent à l'unité de sol. Dans certains cas, par exemple dans certaines zones alluviales, cette échelle ne permet cependant pas de délimiter des unités cartographiques simples associées à une seule unité de sols. Une unité pédologique peut théoriquement contenir au maximum 10% « d'inclusions qui diffèrent de l'unité les contenant par leur classification et leur interprétation » [7]. Ces situations seront mentionnées à la DGE-Sols afin de déterminer si une cartographie à une échelle plus fine doit être envisagée. Dans le cas contraire, une unité cartographique complexe sera définie. Celle-ci devra renseigner les unités de sols principales observées ainsi que la proportion relative de chacune d'entre elles (cf. annexe 7).

Pour ces unités cartographiques, la carte des sols renseigne les champs qui sont identiques pour les deux unités de sols, tandis que les champs différents sont affectés de la valeur 9999. Les informations complètes concernant les unités de sols sont documentées dans un fichier excel distinct. Celui-ci reprend tous les champs de la carte de sol et indique la proportion relative de chaque unité de sol dans l'unité cartographique en question (expl. à l'annexe 7).

5.2.4. Cas particuliers : sols anthropogènes reconstitués

Anthropogènes

Les sols anthropogènes reconstitués (remblais) ne peuvent pas être cartographiés selon la méthodologie de cartographie présentée ici. Ils sont signalés à la DGE-Sols dès leur identification. Les éventuelles investigations de terrain sont définies par le mandant et effectuées uniquement en cas d'accord préalable écrit.

5.2.5. Cas particuliers : sols organiques d'anciens marais drainés

Organiques

Les sols organiques ne peuvent pas être cartographiés selon la méthodologie de cartographie présentée ici. Ils sont signalés à la DGE-Sols dès leur identification. Les éventuelles investigations de terrain sont définies par le mandant et effectuées uniquement en cas d'accord préalable écrit.

5.3. Etape III – Synthèse et élaboration de géodonnées

Géodonnées Le pédologue réunit et synthétise les informations recueillies sous forme de cartes : « carte des sols » et « carte de compatibilité SDA » qu'il fournit à la DGE-Sols et à la DGTL. Il fournit également les données liées aux observations pédologiques ponctuelles (fiches de terrain et tableaux de données excel) et rédige des rapports explicatifs qui présentent les résultats (un canevas de rapport type est fourni par la DGE-Sols).

5.3.1. Informations pédologiques ponctuelles (profils et sondages)

Fiches de synthèse Les informations relevées sur le terrain et lors des analyses en laboratoire sont reportées dans les fichiers excel « Fiches relevés Profils » et « Fiches relevés Sondages ». Lorsque les onglets « Fiche profil » et « Fiche sondage » sont renseignés (annexes 3 et 4), une partie des informations de l'onglet « Synthèse profils » et « Synthèse sondages » est automatiquement remplie pour les données du sol, et par des moyennes pondérées pour les données des horizons (OB ou UB). Les textures et la réaction HCl sont à remplir manuellement dans ces onglets de synthèse pour les horizons de surface et sous-jacent (en cas de valeurs différentes au sein du même horizon, la pondération est effectuée par le spécialiste). Les fiches de synthèse sont prévues pour un maximum de 15 profils ou sondages. Si cela ne devait pas suffire, il est conseillé de copier/coller les fichiers excel « Fiches relevés Profils » ou « Fiches relevés Sondages » autant de fois que nécessaire.

Le chapitre 5.2.2 précise la façon de renseigner les champs non-pertinents ou non-observés.

5.3.2. Carte de sol

Carte des sols Les plages cartographiques sont définies par le pédologue sur un logiciel de type « SIG » ex : ArcGIS, QGIS. La taille (surface) des polygones transmis doit rester inchangée, seul la découpe de ces derniers en de multiples polygones est autorisée. Autrement dit, la modification des périmètres transmis n'est pas autorisée (que ce soit en deçà ou au-delà du pourtour). Le contenu de la carte des sols est défini en annexe 6.

Dans certains cas, une unité cartographique est constituée de plusieurs unités de sols différentes qu'il est impossible de délimiter spatialement à l'échelle du 1:5'000 (unités complexes, voir chapitre 5.2.3).

5.3.3. Carte de compatibilité SDA

5.3.3.1. Critères de référence et contrôle de plausibilité

Plausibilité Une surface est compatible avec les SDA si elle respecte l'ensemble des critères énoncés dans le tableau 1 et l'annexe 1.

Néanmoins, dans quelques cas particuliers les résultats des relevés doivent être soumis à un contrôle de plausibilité agronomique. En effet, même lorsque tous les critères des SDA sont respectés, la qualité SDA au sens du plan sectoriel n'est pas acquise si certains facteurs se conjuguent ; ces cas particuliers sont tirés des préconisations détaillées des experts mandatés pour l'élaboration du PS SDA [12]:

- couche supérieure érodée : la couche supérieure avec teneur en matière organique de plus de 2 % est fortement entamée ou absente ;
- teneur élevée en pierres dans la couche supérieure du sol : aucune culture ne réussira sur une surface avec une teneur en pierres de plus de 30 % dans la couche supérieure du sol ou avec des blocs pouvant atteindre jusqu'à 30 cm de diamètre ;
- une couche supérieure à fine granulométrie (argile, argile limoneuse ou silt argileux) ne convient pas pour l'agriculture dans des zones climatiques plus humides (degré d'humidité 5 et 6 selon FAL24 [7]) ;
- Les situations très ombragées, dans les vallées étroites par exemple, ne se prêtent pas à l'agriculture.

5.3.3.2. Contenu de la table attributaire

*Table
attributaire :
carte de
compatibilité
SDA*

La carte de compatibilité SDA renseigne si les surfaces considérées sont compatibles avec les SDA ou non. Le contenu de la table attributaire est précisé en annexe 8. Les éléments suivants doivent être renseignés par le mandataire :

- Unit_carto : code de l'unité cartographique. Ce code permet de faire le lien entre la carte de compatibilité SDA et la carte de sol. Pour une surface donnée, le n° de l'unité cartographique renseigné dans la carte de compatibilité SDA est le même que celui renseigné dans la carte de sol ;
- Unit_sol : unités de sols observés dans l'unité cartographique (n° identiques à la carte de sols) ;
- Us_sol : usage du sol compatible avec les SDA (oui/non) : chapitre 5.1.2 ;
- Type_contr : Type de contrôle. La parcelle a-t-elle été investiguée au niveau pédologique ou seul un contrôle visuel a-t-il été fait (visuel/FAL/ « vide » = non contrôlé) ;
- Classe_PU : classe de profondeur utile selon la FAL [7] ;
- NEK : classe d'aptitude agricole NEK selon la FAL [7] ;
- So_Poll : soupçon de pollution (oui/non). Cet élément renseigne sur l'existence d'un soupçon de pollution ;
- Poll_OSol : pollution (oui/non). Cet élément est à renseigner uniquement si une analyse de polluants a été effectuée ;
- Comp_sever : compaction sévère (oui/non). Cet élément est à renseigner uniquement si une compaction sévère a été observée et/ou mesurée dans un profil pédologique ;
- Sol_degr_H : sol dégradé par l'activité humaine (oui/non) ;
- Remarques_M : cette colonne est prévue pour que le pédologue indique, sous forme de texte, les informations utiles non catégorisées dans les tables ;
- SDA_compat : respect des critères SDA (critères 2, 3, 4 tableau 1) selon le pédologue (oui/non).

5.3.3.3. Identification des sols anthropiques dégradés

*Identification
des sols
anthropiques
dégradés*

L'expertise de surface d'assolement permet d'identifier des sols qui ont été dégradés par l'activité humaine, c'est-à-dire lorsque celle-ci a porté atteinte à leur fertilité initiale. Il peut s'agir de sols ayant subi des décapages, des remblayages, des pollutions, des compactations ou des pertes conséquentes de matériaux terreux par érosion. Si l'expertise pédologique met en évidence de tels sols, ceux-ci doivent être signalés dans les fiches de relevés de terrains, dans les fiches excel, tables attributaires et dans le rapport.

6. LIVRABLES

Livrables

Le pédologue en charge d'une expertise dont l'objectif est l'identification de nouvelles surfaces d'assolement devra livrer les éléments suivants :

- Données pédologiques ponctuelles : fichiers excel contenant les relevés de terrain pour les profils et les sondages et le tableau de synthèse (annexes 3 et 4).
- Géodonnées de type ESRI, carte des sols : le livrable serait préférable sous forme .gdb. Si cela n'est pas possible, un shapefile et ses fichiers associés dans le système CH1903+ dont **le contenu est précisé en annexe 6 doit être rendu.**
- Géodonnées de type ESRI, carte de compatibilité SDA : le livrable serait préférable sous forme .gdb. Si cela n'est pas possible, un shapefile et ses fichiers associés dans le système CH1903+ **dont le contenu est précisé au chapitre 5.3.3.2 et en annexe 8** doit être rendu. La taille (surface) des polygones transmis doit rester inchangée, seul la découpe de ces derniers en de multiples polygones est autorisée. Autrement dit, la modification des périmètres transmis n'est pas autorisée (que ce soit en deçà ou au-delà du pourtour).
- Rapport explicatif par commune : un canevas de rapport est transmis au mandataire pour son élaboration.

7. VALIDATION PÉDOLOGIQUE

Validation données pédologiques

La DGE-Sols examine le contenu de l'expertise SDA, en particulier les relevés pédologiques et leur interprétation. Des échanges avec le pédologue sont possibles afin de clarifier certains éléments. La DGE-Sols valide l'expertise du point de vue pédologique. Dès lors, la DGE-Sols peut utiliser sans restriction les données pédologiques pour compléter les bases de données pédologiques cantonale et fédérale (NABODAT).

8. POST-TRAITEMENT ET VALIDATION FINALE

Validation DGTL

Sur la base des conclusions et des géodonnées transmises par le pédologue, la DGTL valide les résultats du point de vue des SDA. Un post-traitement des données est effectué. Les unités compatibles SDA sont retravaillées en tenant compte en particulier des surfaces qui respectent les critères 1, 2, 3 et 4 mais dont la surface est inférieure à 1 ha. Des échanges avec le pédologue sont possibles pour clarifier certains éléments. L'expertise prend fin une fois que tous les résultats sont validés par les services cantonaux (DGE-Sols et DGTL).

Intégration dans l'inventaire SDA

Les nouvelles surfaces d'assolement résultant du projet sont intégrées dans l'inventaire cantonal des SDA par la DGTL. Lorsqu'elles sont liées à un changement d'affectation, ces surfaces sont intégrées lors de la mise en vigueur du plan d'affectation.

9. ANNEXES

1. Tableau de comptabilité de l'usage du sol en fonction de son utilisation selon [16]
2. Légende de la fiche de relevés profils et sondages selon FAL24 [7], FAL24+ [9], KLABS [8], FAO [11] et Baize et Jabiol, 2011 [10]
3. Exemples des fichiers excel « Fiches relevés Profils »
4. Exemples des fichiers excel « Fiches relevés Sondages »
5. Clé de détermination du sous-type de sol K selon [12]
6. Contenu de la carte de sol (table attributaire du shapefile)
7. Contenu du fichier excel pour les unités cartographiques complexes : exemple
8. Contenu de la carte de compatibilité aux SDA (table attributaire du shapefile)
9. Charte pour l'estimation visuelle de la taille et de l'abondance des pores [11]
10. Charte pour l'estimation visuelle de la pierrosité [7]
11. Masse volumique apparente effective [20][21]