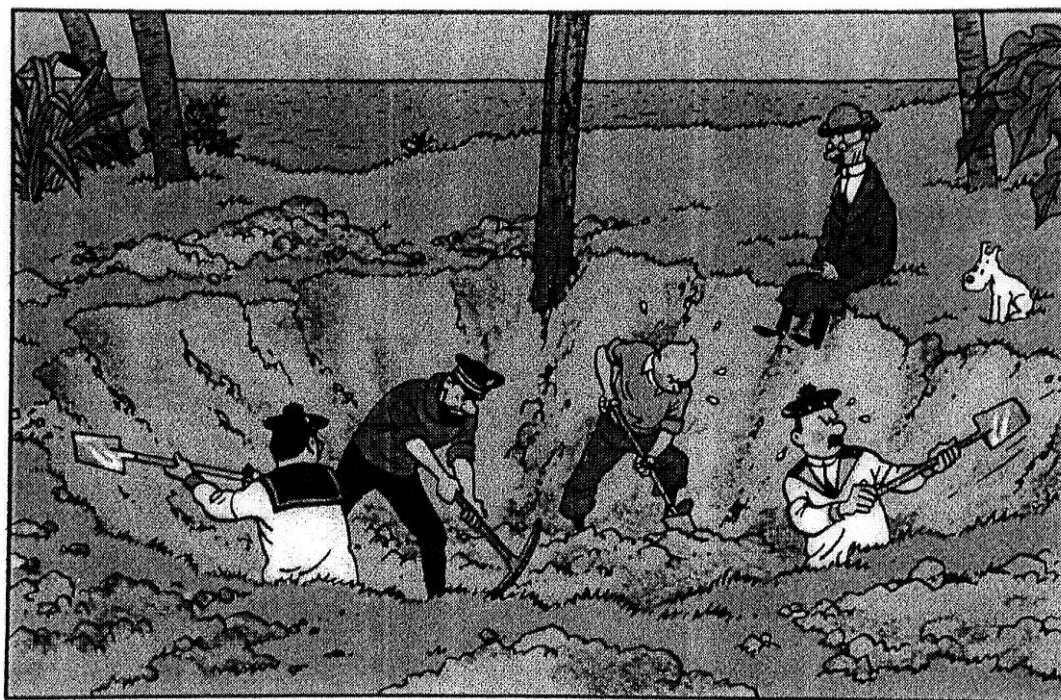


Protocole de description des sols

*Prof. Jean-Michel Gobat
(coll. G. Vadi, G. Bullinger, R. Amstutz)*

Inspiré de Legros (1992) et de Baize & Jabiol (2011)



Travaux pratiques - Master en Biogéosciences

Edition Septembre 2023

© 2023 Prof. Jean-Michel Gobat, Université de Neuchâtel, Suisse.

**À usage exclusivement privé, ne pas diffuser plus loin sans accord de l'auteur.
Reproduction strictement interdite sans accord de l'auteur.**

Contact : jean-michel.gobat@unine.ch

Citation: GOBAT J.-M. (2023). Protocole de description des sols. Université de Neuchâtel – Institut de Biologie – Laboratoire Sol & Végétation.

Neuchâtel, septembre 2023.

Table des matières

1. Principes généraux de la description des sols	5
1.1. Pourquoi décrire un sol ?	5
1.2. À quelle échelle décrire le sol ?	5
2. Objectifs et démarche de la description d'un sol à l'échelle stationnelle	6
2.1. Objectif général	6
2.2. Démarche	6
2.3. Obligations	8
2.4. Matériel	8
3. Etape 1 : Choix de la station	9
4. Etape 2 : Recherche de l'homogénéité de la station	10
4.1. Importance	10
4.2. Méthodologie	10
5. Etape 3 : Choix de l'emplacement et ouverture de la fosse pédologique	11
5.1. Interprétation des sondages	11
5.2. Ouverture de la fosse pédologique	11
5.3. Profondeur de creusement	12
5.4. Astuces	12
6. Etape 4 : Description du sol	12
6.1. Conditions stationnelles	12
6.2. Reconnaissance des horizons	13
6.3. Découpage en horizons, limites	14
6.4. Méthode de description	14
6.5. Notation de l'information	15
6.6. Descripteurs	16
6.6.1. Liste des descripteurs	16
6.6.2. Couleur	16
6.6.3. Roche sous-jacente et/ou matériel parental	18
6.6.4. Eléments grossiers (= squelette)	19
6.6.5. Structure	20
6.6.6. Texture	23
6.6.7. Vides, porosité	25
6.6.8. Racines	26
6.6.9. Matière organique	27

6.6.10. Organismes vivants	28
6.6.11. pH Hellige	29
6.6.12. Effervescence à HCl : test des carbonates	30
6.6.13. Taches	31
6.6.14. Traits pédologiques particuliers	31
6.6.15. Propriétés mécaniques : compacité, plasticité, etc.	32
6.6.16. Eau observable : niveau observé, suintements	33
7. Etape 5 : Récolte d'échantillons	34
7.1. Modes d'échantillonnage	34
7.2. Prélèvement	34
7.3. Stockage	35
8. Etape 6 : Interprétation du profil : typologie, évolution, etc.	36
8.1. Portée de l'interprétation	36
8.2. Eléments de discussion à envisager	36
9. Etape 7 : Recherche des limites latérales de la Référence	37
9.1. Buts	37
9.2. Procédé	37
9.3. Compte-rendu	38
10. Etape 8 : Cartographie	38
10.1. Définition et nature de la carte	38
10.2. Objectifs d'une cartographie	38
10.3. Démarche de cartographie	39
Annexe A. Exemples de fiches descriptives	40
Annexe B. Signes conventionnels	42
Annexe C. Exemples de descriptions de sols	43
Annexe D. Pourcentages d'occupation relative	45
Références bibliographiques	46
Notes personnelles	48

1. Principes généraux de la description des sols

1.1. Pourquoi décrire un sol ?

Il existe six raisons majeures de décrire un sol :

- le sol comme objet naturel spécifique (pédologie fondamentale)
- le sol comme base de la production agricole
- le sol comme base de la production forestière
- le sol comme partie du paysage (les couvertures pédologiques)
- le sol comme milieu de vie des organismes
- le sol comme accumulateur et transformateur de déchets anthropiques.

Dans ces Travaux pratiques, seul le premier point sera abordé de manière complète : observation d'un solum par **l'ouverture d'une fosse pédologique**. Les autres seront traités de manière simple. En effet, chaque domaine implique une approche qui lui est plus ou moins particulière, même si la description d'un profil, par l'ouverture d'une fosse pédologique, est utile dans la plupart des cas.

1.2. À quelle échelle décrire le sol ?

Huit situations peuvent se présenter :

- Grands territoires (> 1000 ha) : étude simplifiée (études sur cartes et photos + quelques sondages)
- Grands territoires : étude détaillée (nombreux sondages à la tarière ou à la pioche)
- Echelle régionale à locale : étude simplifiée (sondages à la tarière ou à la pioche)
- Echelle régionale à locale : étude détaillée (sondages systématiques rapprochés sur grille)
- Echelle régionale à locale : étude très détaillée (limites horizontales d'horizons, sondages et fosses)
- Echelle stationnelle : étude très détaillée d'une fosse représentative, après sondages rapprochés
- Echelle ponctuelle imposée par opportunité (talus de route, rive de ruisseau, etc.)
- Echelle ponctuelle imposée par l'objectif (pied d'un arbre, milieu d'une culture, etc.).

Dans ces TP, la démarche concerne **l'échelle stationnelle** : description d'un profil pédologique par ouverture d'une fosse, dont l'emplacement est choisi après une campagne de sondages à la tarière ou à la pioche.

2. Objectifs et démarche de la description d'un sol à l'échelle stationnelle

2.1. Objectif général

Toute description d'un sol a pour objectif général de conserver la meilleure image possible du sol réel. La description correspond à la phase d'acquisition des « images », permettant le lien entre le concret et les concepts (fig. 1). Voir aussi Baize (2004).

- **Le concret :** Couverture pédologique
Solum (= volume de sol nécessaire à la description)
- **L'image :** Profil pédologique
Description de terrain, analyses de laboratoire
Croquis, photos
- **Les concepts :** Horizons diagnostiques
Références taxonomiques

2.2. Démarche

La description d'un sol se fait en plusieurs étapes. Les étapes 1 à 6 sont toutes obligatoires si on ne connaît « rien » de la station ; en cas contraire ou selon les objectifs, certaines peuvent être simplifiées, voire occultées (p. ex. la récolte d'échantillons pour analyses). Les étapes 7 et 8 permettent de mieux situer le sol dans son contexte.

- | | |
|---------|--|
| Etape 1 | Choix de la station (choix déjà effectué dans le cadre de ces TP !) |
| Etape 2 | Recherche de l'homogénéité pédologique de la station (sondages) |
| Etape 3 | Choix d'un emplacement représentatif et ouverture de la fosse |
| Etape 4 | Description du profil |
| Etape 5 | Récolte d'échantillons |
| Etape 6 | Interprétation du profil : typologie, fonctionnement du sol, évolution, etc. |
| Etape 7 | Recherche des limites latérales de la Référence |
| Etape 8 | Cartographie. |

La démarche de description d'un solum nécessite **une équipe de deux personnes**, sous peine d'une perte de temps considérable, notamment pendant l'étape 4. Il est impossible de prendre des notes correctement en étant au fond de la fosse avec les mains pleines d'argile collante ! Chaque personne doit avoir son propre rôle... sauf pour la phase de creusement où il est fortement recommandé de répartir les efforts... !

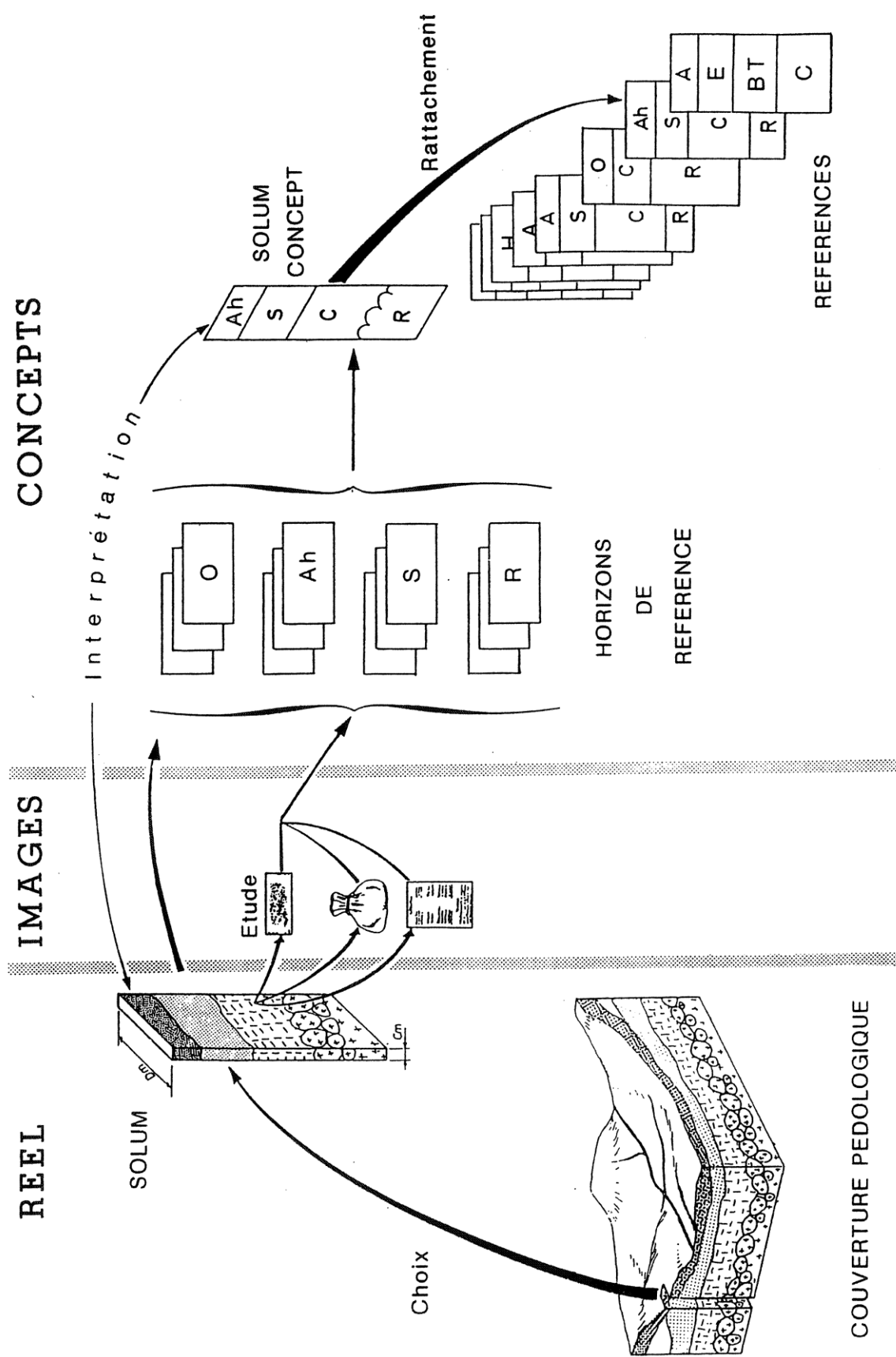


Fig. 1. La démarche du pédologue (AFES, 2009).

2.3. Obligations

Avant de commencer toute description, il faut demander **l'autorisation du propriétaire ou de l'exploitant**. Ne pas oublier qu'un pédologue, sauf s'il fait un trou dans son jardin – ce qui est assez rare ! – travaille toujours sur un terrain qui ne lui appartient pas. L'accord de services cantonaux ou communaux est nécessaire si des profils doivent être ouverts dans des réserves naturelles ou des zones particulièrement sensibles.

De ces contraintes découlent plusieurs obligations :

- respecter le cadre des autorisations obtenues
- traiter les environs du profil de manière respectueuse (piétinement, dépôts, élagage de la végétation, etc.)
- laisser les fosses ouvertes le moins longtemps possible, sauf autre arrangement
- marquer l'emplacement des fosses par des bandes plastiques bien visibles (sécurité !) et permettre aux petits animaux d'en ressortir (former une pente douce, déposer une grosse branche en diagonale pouvant servir d'échelle, etc.)
- reboucher soigneusement les fosses et masquer les interventions
- s'approcher spontanément de tout visiteur et lui expliquer le travail en cours
- signaler immédiatement tout problème aux personnes qui ont donné l'autorisation
- fournir les résultats des descriptions aux propriétaires ou exploitants. Ils en sont généralement très friands.

Dans certains cas exceptionnels, on peut se passer d'une autorisation de description : profil peu profond de courte durée (par exemple lors d'une excursion en forêt), accord général obtenu dans des recherches de longue durée et/ou sur un grand territoire, sondages rapides à la tarière.

En outre, pour des fosses dépassant 1 à 2 mètres de profondeur, il est obligatoire d'en étayer les bords par des planches et autres pieux, en vue d'empêcher les effondrements. Il s'agit là d'une clause valable pour tous les chantiers de terrassement, dépendant de la Caisse nationale d'assurance.

2.4. Matériel

Pour la préparation du profil

- Tarière : pour les carottages et sondages préliminaires
- Pelle, bêche, pioche : pour le creusement de la fosse
- Pelle-pioche type pelle américaine : rafraîchir un profil ou faire un profil rapide
- Petit matériel : truelle, spatule, couteaux (couteau à pain pour sectionner les racines ou découper des blocs de tourbe, couteau solide sans dents), sécateur
- Eventuellement barre à mine dans des sols très riches en blocs ou indurés
- Seau pour vider l'eau accumulée au fond d'une ancienne fosse
- Ruban de chantier pour marquage.

Pour la description

- Cartes topographiques, géologiques et phytosociologiques
- Ouvrages de pédologie pratique : AFES (2009), Baize & Jabiol (2011), Gobat (2022)
- GPS
- Mètre pliant de couleur claire ou ruban métrique: pour évaluer l'épaisseur du profil et des différents horizons. Eventuellement chevillière.
- En montagne : clisimètre (mesure des pentes) et altimètre
- Vaporisateur à plantes pour réhumidifier périodiquement le solum, conserver les couleurs et bien voir les limites d'horizons et de texture
- Code couleur Munsell ou équivalent
- pH mètre de terrain Hellige avec eau désionisée
- Flacon de HCl 6 M : pour déterminer si les horizons sont carbonatés
- Loupe de poche
- Eventuellement boîte comparatrice d'échantillons
- Chiffons, papier ménage.

Pour la notation des observations

- Carnet de terrain (format assez grand !) ou feuilles A4 avec support, crayons
- Fiche(s) de description pédologique avec un maximum de rubriques différentes (fiche exhaustive) ou fiche(s) adaptée(s) à une problématique précise (nombre de rubriques restreint). Voir les exemples donnés en annexe A.
- Matériel photographique (appareil avec objectif de 50 mm environ et possibilité macro). Avec le matériel photo, on pourra utiliser des repères bien visibles pour souligner la limite des différents horizons. Un flash est utile.

Pour la récolte d'échantillons

- Sacs en plastique solides avec système de fermeture
- Etiquettes
- Feutres indélébiles
- Eventuellement glacière (si on veut ensuite faire des analyses sur le sol frais ou si on ne peut mettre le sol rapidement à sécher).

3. Etape 1 : Choix de la station

Aspect non présenté ici. Voir les manuels pratiques d'écologie générale ou ceux présentant des méthodes d'échantillonnage.

4. Etape 2 : Recherche de l'homogénéité de la station

4.1. Importance

L'objectif de cette étape est de trouver, au sein d'une station pré-délimitée, l'emplacement de la fosse « la plus représentative » de l'ensemble de la couverture pédologique. Cette étape conditionne toute la validité des interprétations qui seront faites ultérieurement sur le sol. Elle est donc essentielle mais pas simple du tout.

Comme le disent Baize & Jabiol (2011) : « *En se déplaçant sur le terrain ou en faisant appel à des photos aériennes ou à des images satellitaires, les géomorphologues, les topographes, les botanistes, les phytosociologues et les forestiers ont la possibilité de percevoir directement leur objet d'étude. Les pédologues n'ont pas cette chance. En effet, les couvertures pédologiques sont des objets tridimensionnels dont la dimension verticale échappe toujours à notre observation directe. Très souvent, elles sont même complètement masquées par une couverture végétale.* »

4.2. Méthodologie

On évalue l'homogénéité de la station par des sondages rapprochés à la tarière ou à la pelle-pioche là où la tarière n'est pas fonctionnelle. Le choix de l'emplacement des sondages se fait :

- selon un **échantillonnage aléatoire** (peu pratiqué)
- selon un **échantillonnage systématique** à l'aide d'une grille (peu pratiqué)
- selon un **échantillonnage préférentiel** le plus exhaustif possible, en se fondant sur les critères suivants :
 - + la *géologie* (mais attention aux dépôts superficiels récents)
 - + les *formes du relief* (le plus important à ce stade)
 - + l'*occupation des sols* (par exemple anciennes limites en forêt)
 - + la *végétation naturelle* (utiliser la bioindication floristique)
 - + l'aspect de la *surface* du sol où il est visible (p. ex. taupinières !).

Noter relativement peu de caractères, en particulier ceux qui sont jugés essentiels *a priori* en fonction du contexte stationnel (pouvant donc varier d'un lieu à l'autre). Attention : certains caractères souvent importants ne peuvent pas être observés correctement avec un sondage à la tarière, qui remanie le matériel (structure, limites d'enracinement, etc.).

Utiliser éventuellement une fiche permettant des comparaisons directes entre les sondages.

5. Etape 3 : Choix de l'emplacement et ouverture de la fosse pédologique

5.1. Interprétation des sondages

Sur la base des observations des sondages, **décider du nombre de fosses** représentatives à creuser. Parfois, une seule ne suffit pas en raison d'une micro-hétérogénéité de la station insoupçonnée au départ. En cas de manque de temps pour creuser plusieurs fosses, réutiliser les observations faites dans les sondages pour relativiser les interprétations.

Mettre éventuellement en évidence des lieux précis à éviter : lisières, ancien chemin forestier, petit remblai, zone d'érosion récente, etc.

Décider du lieu précis de creusage de la fosse en vue de la description du profil. Repérer l'endroit de manière très précise : GPS, repère visuel stable. **Choisir l'orientation** de la fosse, en fonction de la présence de troncs à proximité, de lignes de cultures en zone agricole, de la lumière en vue de photographies, etc.

5.2. Ouverture de la fosse pédologique

Creuser un trou **suffisamment large** pour permettre à un observateur d'y travailler confortablement (env. 1 m de côté). Eviter la fosse « en entonnoir » qui va en se resserrant avec la profondeur. Aménager des marches d'escalier si nécessaire.

La terre extraite est disposée en fer à cheval autour de l'orifice de manière à mettre en évidence ses changements de couleur et autres caractères. **Séparer les tas de terre** en fonction des différentes couches successives ; ceci est particulièrement important en zone agricole, où il ne faut pas mélanger l'horizon labouré fertile avec les autres.

Respecter les alentours immédiats du profil en évitant de piétiner partout. Veiller notamment à conserver un des 4 côtés **totalement intact** afin de pouvoir réaliser une photographie du profil et de la végétation sur un même cliché. Ce côté servira aussi à la description fine de l'épisolum humifère. Dans un terrain en pente, le côté gardé intact est généralement celui qui est en amont, perpendiculaire à la pente. Attention toutefois à corriger les épaisseurs réelles des horizons si la pente est très forte, ou alors décrire le profil sur une face latérale parallèle à la pente. La surface de description est **préparée soigneusement** au couteau ou à la spatule, de haut en bas. Eviter de lisser la surface.

Si une fosse est pré-existante, on peut la « **rafraîchir** ». Cela se fait par décapage d'une épaisseur suffisante de la paroi à observer, de manière à retrouver le solum dans ses conditions d'origine, non altérées par la mise au jour prolongée (en général 5 à 10 cm d'épaisseur).

Celle-ci provoque en effet un dessèchement, une altération de la structure, un « retrait » des organismes vers l'intérieur, des écroulements partiels, etc.

5.3. Profondeur de creusement

La profondeur à atteindre dépend de deux considérations :

- **la profondeur de la roche sous-jacente** (roche support ou matériel parental). Une fosse est assez profonde lorsque la roche-mère a été elle-même creusée sur 10 à 20 cm environ (au cas où c'est possible, évidemment). S'arrêter vers 2 m de profondeur si la roche-mère ne peut pas être atteinte.
- **l'objectif et les moyens du chercheur**. Il peut être dans certains cas justifié de s'arrêter à la base des racines, si l'objectif est uniquement d'ordre agronomique et ne vise pas à connaître toute l'histoire du sol. Les moyens en temps, en argent et en matériel limitent aussi parfois la profondeur de creusement.

Dans les deux cas, on peut « prolonger » le creusement par un sondage à la tarière fait au fond de la fosse, pour avoir des indications sur les couches encore cachées.

5.4. Astuces

On peut parfois profiter de coupes naturelles ou artificielles telles que berges de rivières, talus, tranchées de chemins forestiers, fossés, bords de carrières, etc. Il faut alors être très attentif à d'éventuels artefacts, comme de la terre rapportée au sommet d'un talus de chemin ou, au contraire, comme un haut de berge érodé.

Les arbres fraîchement déracinés par le vent fournissent aussi d'intéressantes observations sur les horizons d'enracinement, de même que la terre retournée par les taupes et les campagnols.

6. Etape 4 : Description du sol

6.1. Conditions stationnelles

Décrire de façon suffisamment précise les conditions stationnelles ainsi que les éventuelles interventions humaines. Parmi les indications générales doivent figurer :

- la **date** et les **auteurs** de la description, éventuellement celle de l'ouverture de la fosse (en cas de simple rafraîchissement de la coupe)
- la **localisation** de la station : commune, lieu-dit, coordonnées

- les **antécédents climatiques** : pluie les jours précédents, longue sécheresse, etc.
- le **temps du jour** de la description
- le **relief** : altitude, exposition, pente, microtopographie. Un croquis est ici toujours fort utile, qui permet de localiser le profil par rapport à la géomorphologie : situation en versant, en cuvette, etc. Si elles sont différentes, préciser les expositions et pentes à l'échelle de la station et à celle du profil.
- le **type de roche-mère** : substratum géologique, superposition éventuelle de plusieurs roches, matériaux récents, etc.
- le **type de végétation** : formation et association végétales, espèces bioindicatrices, espèces dominantes (utile pour estimer les apports de litière). Si possible effectuer un relevé phytosociologique.
- toute autre observation intéressante de la **surface du terrain** : affleurements rocheux, blocs épars, fentes de retrait, touradons, mouilles, traces d'érosion hydrique, ornières, etc.
- des traces éventuelles d'**activité humaine**.

6.2. Reconnaissance des horizons

Dans tous les cas, les **horizons** constituant le solum doivent être reconnus, car ils serviront à en comprendre la pédogenèse et permettront la classification du sol. Il existe deux chemins pour arriver à délimiter, puis à déterminer les horizons :

1. Les limites sont établies *a posteriori*, après avoir décrit un maximum de caractères sur une fiche très détaillée, sur la base d'une approche systématique (par exemple tous les 5 cm). Les profondeurs où un grand nombre de descripteurs changent en même temps correspondent généralement à des changements d'horizons.

2. Les limites sont établies *a priori*, par observation directe de l'ensemble du solum. On se fiera ici à une reconnaissance rapide des principales variations morphologiques, sur la base notamment de la couleur, de la structure, de la texture, de l'effervescence à HCl, voire de la porosité ou de l'enracinement. Attention durant cette opération à ne jamais tester les caractères directement dans le profil, mais sur un échantillon de terre prélevé (risque de pollution de futurs échantillons récoltés pour analyses en laboratoire) !

Dans la plupart des cas, c'est la seconde méthode qui est appliquée, les caractères rapidement visibles étant suffisants. En cas de doute, on peut toujours compléter les endroits difficiles (transitions diffuses par exemple) par une exploration plus systématique. De même, il vaut toujours mieux décrire plus d'horizons que moins (sans toutefois exagérer) : on peut rassembler ensuite les descriptions d'horizons jugés finalement identiques.

Dans les deux approches, le but est d'obtenir des **couches homogènes au maximum**, c'est-à-dire présentant une variation interne de leurs caractères nettement plus faible que la variation entre elles. Toutefois, certains horizons globalement homogènes

présentent des taches différentes du « fond » général (poches sableuses dans un horizon alluvial limoneux, matière organique de diffusion dans un horizon E, etc.). Dans ce cas, la description précisera ces différences, en mentionnant la part relative des taches dans l'horizon, et leurs caractères propres (voir § 6.6.13).

6.3. Découpage en horizons, limites

Une fois les limites d'horizons reconnues, on décrit soigneusement comment on passe d'un à l'autre. On distingue :

- la **limite** entre deux horizons ; elle indique **la forme du passage** entre deux horizons : horizontale, oblique, sinueuse, en langues, interrompue, etc.
- la **transition** entre deux horizons ; elle correspond à **l'épaisseur** sur laquelle se fait le passage à l'horizon sous-jacent :
 - + transition *diffuse* sur plus de 8 cm,
 - + transition *graduelle* de 4 à 8 cm,
 - + transition *distincte* de 2 à 4 cm,
 - + transition *nette* sur moins de 2 cm,
 - + transition *très nette* en cas de contact direct.

Il est parfois difficile de savoir si une transition diffuse d'une certaine épaisseur (env. 10 cm) doit être considérée comme un horizon en soi, de transition entre ses deux voisins (p. ex. horizon AE). Une description fine peut ici également aider à trancher.

Les limites et transitions décrites sont toujours celles **de la base** de l'horizon. On note également la **profondeur d'apparition** de l'horizon, en chiffres positifs. En cas d'épaisseur variable sur la largeur du profil, on note les profondeurs d'apparition minimale et maximale (p. ex. 42/49 cm). L'**épaisseur** d'un horizon est la différence entre sa profondeur d'apparition et celle de l'horizon suivant.

6.4. Méthode de description

Une fois les horizons délimités, on peut procéder à leur **description détaillée**, sur la base des descripteurs mentionnés dans le paragraphe 6.6 (liste non exhaustive ; voir si nécessaire la littérature spécialisée, notamment Baize & Jabiol, 2011).

Il n'y a pas d'**ordre** « officiel » de description, chaque pédologue ayant ses petites habitudes. L'essentiel est qu'au bout du compte tout y soit !

On peut néanmoins tenir compte des aspects suivants :

- On peut décrire complètement chaque horizon l'un après l'autre, ou décrire chaque descripteur l'un après l'autre, pour l'ensemble des horizons. Dans ce cas, il est

avantageux de juxtaposer les horizons sur des feuilles blanches, hors du profil ; cela permet des comparaisons fines des couleurs, structures, etc.

- Dans l'ordre de description choisi, tenir compte de la disposition des fiches de saisie, de manière à éviter des oublis et à gagner du temps.
- Décrire au début ce qui peut l'être par observation de l'ensemble du profil encore intact (par exemple niveaux préférentiels d'enracinement, proportion de matériel grossier).
- De même, une fois la terre « en mains », décrire la structure avant la texture, puisqu'il faut démolir la première pour déterminer la seconde !

6.5. Notation de l'information

Il existe plusieurs manières de noter l'information récoltée lors de la description :

- **Description libre** : notation libre, dans un carnet de terrain, des différents caractères relevés, horizon par horizon.
- **Description sur fiche pré-établie** : remplissage progressif des différentes rubriques de la fiche, elle-même pouvant être de différents types : très détaillée, simplifiée pour la reconnaissance, adaptée à des sols précis, etc.

La description est toujours accompagnée d'un **croquis schématisé du solum**, dessiné sur la base de signes conventionnels (voir l'annexe B). Des photos, des croquis de l'environnement immédiat du solum ou des croquis paysagers complètent utilement la description. Le croquis exprime à l'aide de symboles préalablement définis :

- la proportion, la forme, la taille et la nature des éléments grossiers
- la répartition de la matière organique
- la présence et l'ampleur des horizons humifères
- la répartition des racines
- les transitions entre les horizons
- la présence de traits pédologiques particuliers (taches colorées, concrétions, turricules, etc...).

Le croquis de sol est l'indispensable complément de la description *in situ*. Il doit, d'un simple coup d'œil, **rappeler les principales caractéristiques du profil**. Le croquis n'est pas un dessin de la réalité observée, mais il la **représente**. Les symboles doivent illustrer **de manière proportionnée** les différents constituants, leurs nombres et intensités. L'annexe C présente quelques descriptions de profils.

Les horizons sont nommés selon le code du Référentiel pédologique (AFES, 2009 ; Gobat, 2022).

6.6. Descripteurs

6.6.1. Liste des descripteurs

Les descripteurs possibles sont très nombreux. Leur utilisation ou non dans le travail en cours dépend des objectifs de celui-ci : étude très détaillée de solums proches, cartographie d'un grand territoire, approche de la relation sol-roche, etc. La manière de les étudier est détaillée dans les paragraphes 6.6.2 à 6.6.16, alors qu'une feuille volante les résume et sert d'aide-mémoire. Les principaux descripteurs sont les suivants :

- Couleur
- Roche sous-jacente, matériel parental
- Éléments grossiers (= squelette)
- Structure
- Texture
- Vides, porosité
- Racines
- Matière organique
- Organismes vivants
- pH Hellige
- Effervescence à HCl
- Taches
- Traits pédologiques particuliers
- Propriétés mécaniques
- Eau observable.

6.6.2. Couleur

Signification

On la désigne nominalement (brun clair, ocre-gris, etc...) et/ou à l'aide d'un code de référence (**code Munsell**). On peut également écraser un fragment de sol humidifié sur la fiche de description, en vis-à-vis des autres critères de description de l'horizon. La couleur d'un échantillon de terre fournit des informations quant à sa composition (Tabl. 1).

Tabl. 1. Principales informations fournies par la couleur des échantillons de sol.

Couleur de la terre	Signification
jaune	calcaire
jaune-ocre	calcaire riche en fer
jaune-beige	argiles calcaires (marnes)
brun	matière organique
brun-noir	idem, proportions élevées
noir	matière organique pure, tourbe minéralisée
rouge	oxydes de fer
taches rouille	fer oxydé sous l'influence de l'eau
gris-bleuté	fer réduit sous l'influence de l'eau
gris-blanc	appauvrissement en éléments et en argiles
violet-noir	présence de manganèse

Le Code Munsell

Le Code Munsell (*Munsell Soil Color Charts*) est devenu le standard mondial de **re-connaissance des couleurs**. Sous la forme d'un petit classeur, il rassemble différentes pages présentant des pavés colorés classés en fonction de 3 critères :

La teinte (hue)

Elle indique la **couleur dominante**, sur la base de 4 teintes fondamentales :

- Y yellow jaune
- R red rouge
- YR yellow-red brun
- G grey gris.

Ces teintes de base sont complétées par des teintes intermédiaires repérées par un préfixe chiffré, comme 10 R, 7,5 YR, 2,5 Y, etc. Chaque teinte, pure ou intermédiaire, correspond à une page. Trouver la bonne page incluant la teinte de l'échantillon à décrire représente la première étape de détermination de la couleur. Chaque page est ensuite organisée en fonction des deux autres critères.

La clarté (value)

Elle représente l'**aspect sombre ou clair** de la couleur, sur une échelle allant de zéro (très sombre) à 10 (très clair). Elle est obtenue en mélangeant la teinte avec du noir (faibles valeurs de la clarté) ou avec du blanc (fortes valeurs). La clarté est souvent liée à la teneur en matière organique. Elle est ordonnée de bas en haut de chaque page.

L'intensité (chroma)

Elle indique la **vivacité de la teinte**, sur une échelle de zéro (dominance grise) à 10 (couleur vive). Elle est ordonnée de gauche à droite sur chaque page.

Une fois la bonne page trouvée, ce qui est relativement facile, on cherche par tâtonnement quelles références précises de la clarté et de l'intensité correspondent au mieux à l'échantillon. Le résultat est fourni **sous forme codée**, reflétant d'abord la teinte, puis la clarté et enfin l'intensité. Le code 10 YR 4/2 correspond à la couleur « en clair », fournie elle aussi par le Code Munsell, *dark greyish brown* ou brun grisâtre sombre.

Points à considérer

1. Même avec le Code Munsell, la perception de la couleur reste une affaire **assez subjective**. Des tests effectués par Legros (1992) avec 9 chercheurs ont abouti à 8 couleurs différentes, mais à chaque fois séparées par une seule des trois caractéristiques. Ces 8 couleurs restent donc finalement assez voisines, parmi les plus de 200 couleurs offertes par le Code Munsell ! Et, comme le dit Legros : « *Cela vaut tout de même mieux que de fournir une couleur sans références précises !* ».

2. La couleur du sol n'est **jamais homogène**, même au niveau d'un seul horizon. On jugera de cas en cas si l'on peut « ramener » cette hétérogénéité à une seule couleur ou s'il faut en signaler plusieurs. Dans ce cas, on indique les proportions par rapport à la surface du profil, en % de recouvrement (voir l'annexe D). De même, l'intérieur des agrégats peut avoir une teinte différente de l'extérieur (par exemple des dépôts d'argiles grisâtres dans un agrégat ocre).

3. Un sol **humide** est toujours plus foncé que le même à l'état sec. Il faut donc préciser si la couleur a été relevée sur le sol frais ou sur le sol sec.

4. Le choix de la couleur est fortement influencé par la **lumière ambiante**. On évitera les zones trop sombres ou sur-éclairées, par exemple par un soleil direct au zénith. Si la détermination est faite sur le sol sec en laboratoire, s'éloigner des tubes fluorescents et travailler en lumière du jour.

6.6.3. Roche sous-jacente et/ou matériel parental

La **nature** et l'**état** de la roche sous-jacente sont à préciser de la manière la plus complète possible : strate géologique, minéralogie (y compris la présence de minéraux particuliers : micas noirs, quartz, calcite, hématite, etc.), degré de fissuration, orientation des fissures, traces d'altération. Il faut également observer si la roche sous-jacente est bien la roche-mère du sol, ou si elle est recouverte d'un matériel parental différent. Dans ce cas, celui-ci doit également être observé en détail, notamment ses différences par rapport à la roche support.

Parmi les caractères de la roche à noter, on peut mentionner :

- l'*état d'altération* : roche dure, intacte, molle, facilement « désagrégeable »
- la capacité à former des *fragments* à sa surface, et la disposition de ces fragments
- les *effets du gel* : gélifraction, cryoturbation des cailloux
- le *pendage*, la *schistosité*
- la présence de *diaclasses*, de *fissures*, de *lapiez*.

Une roche dure en place est toujours une limite à l'observation, par impossibilité de poursuivre le creusage. Mais d'autres raisons peuvent intervenir. C'est pourquoi il convient d'indiquer la raison de l'arrêt des observations :

- arrêt *volontaire* : roche-mère ou matériel parental atteints, blocage sur dalle, etc.
- arrêt *involontaire* : limite de la tarière atteinte, blocage par éléments grossiers...

La **limite entre le sol et la roche** n'est pas toujours facile à établir, car il y a le plus souvent un passage graduel, reflétant la zone d'altération en cours (la régolithe). En principe, on est encore dans le sol tant qu'on peut observer une « structuration pédologique généralisée », qui ne peut apparaître que suite à l'action d'un processus pédogénétique, et non suite à la simple altération de la roche (voir Hasinger et al., 2004). Cette structuration généralisée s'accompagne de critères comme la couleur, la présence de racines, la présence de matière organique, selon les cas.

6.6.4. Éléments grossiers (= squelette)

Le « squelette » du sol comprend l'ensemble des éléments, minéraux et organiques, d'un diamètre moyen **supérieur à 2 mm**. Les éléments inférieurs à 2 mm représentent la « terre fine ».

Lors de la description du solum sur le terrain, il est nécessaire de décrire le squelette du sol *en place*. Cette description sera ensuite affinée et quantifiée en laboratoire. Cependant, il est essentiel de rendre compte de la quantité et de la disposition réelles des éléments grossiers. Ces indications sont indispensables pour les horizons qui contiennent de gros blocs que l'on ne pourra pas échantillonner, biaisant ainsi toute mesure quantitative de la teneur en éléments supérieurs à 2 mm.

On veillera à décrire :

- la *nature pétrographique* des éléments (calcaire, cristallin, mixte avec les proportions)
- leur *forme* : anguleuse, arrondie, à bords tranchants, aplatie, etc. (fig. 2)
- leur *taille* :

+ graviers	2 mm - 2 cm
+ cailloux	2 - 5 cm
+ pierres	5 – 20 cm
+ blocs	> 20 cm

- leur *degré d'altération*, y compris d'éventuelles différences entre les faces supérieures et inférieures
- leur *répartition* dans l'horizon, en reportant leur contour sur le croquis de sol
- leur *proportion* dans le solum :
 - + valeur en % du volume total observé de l'horizon, avec une précision de 5 à 10 % (voir l'annexe D)
 - + < 5 % indique qu'il n'y a pas de squelette visible
- des *revêtements* déposés à leur surface : calcite précipitée, matière organique humifiée, argiles illuviées, etc.

On trouve parfois, surtout hors forêt, des accumulations d'éléments grossiers dus à d'anciennes activités humaines : épierrage des champs, drains artisanaux, remblais, anciennes tuiles ou poteries, etc.

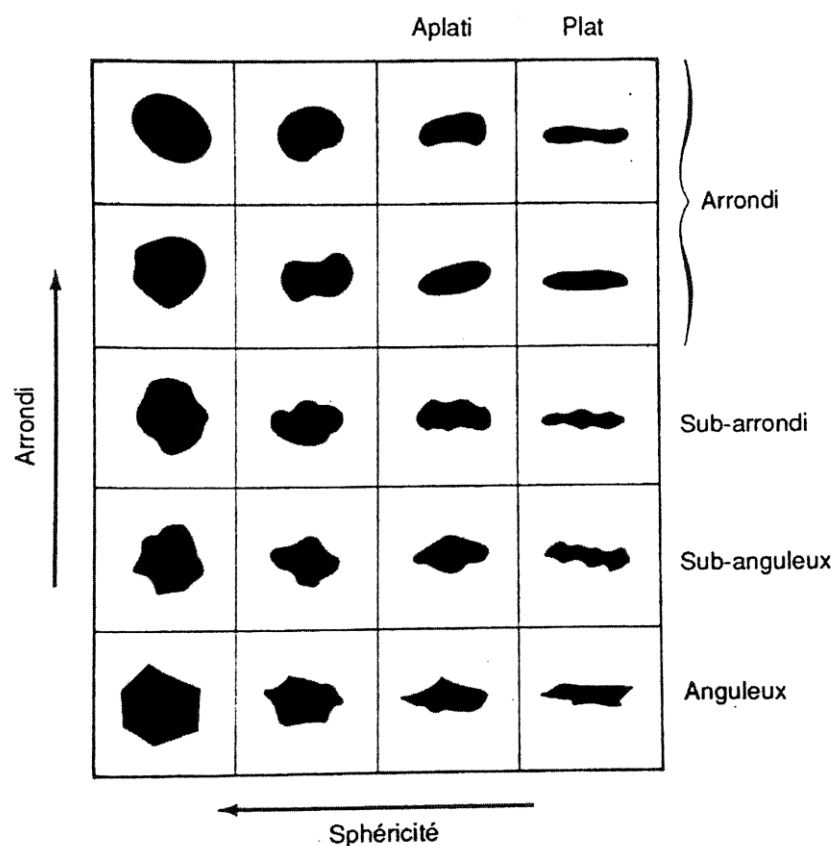


Fig. 2. Forme des éléments grossiers (Baize & Jabiol, 1995).

6.6.5. Structure

La structure est le **mode d'assemblage** des constituants du sol à un moment donné (voir l'approche détaillée de la structure présentée par Hasinger et al., 2004). Elle est variable dans le temps, par exemple en fonction des saisons. L'apparition d'une structure est liée à la présence des colloïdes (argile et humus) et résulte de deux phénomènes principaux :

- effet de granulation des particules de terre par l'**activité biologique** (division des structures compactes et agglutination des éléments pulvérulents) ; exemple : structure grumeleuse des horizons A ;
- effet de **retrait physique** des colloïdes sous l'influence des alternances de dessiccation et d'humectation (angles vifs); exemple : structure polyédrique des horizons S, structure prismatique.

On décrira la structure en précisant son **type** (aspect macroscopique des agrégats élémentaires), sa **classe** (taille des agrégats élémentaires), sa **netteté** (degré de développement de l'aggrégation, caractérise la valeur et l'importance prise par le phénomène d'aggrégation au sein de l'horizon ; rapport matériaux agrégés / matériaux non-agrégés).

Les principaux **types de structures** sont les suivants :

- **Particulaire** (non développée, structure primaire) :
 - + *minérale* : sableuse
 - + *organique* : fibreuse, spongieuse (peu fibreux et peu dense), feuilletée...

Les éléments de la terre fine ne sont pas liés entre eux, faute de colloïdes.

- **Massive** :
 - + *fondue* : éléments (argiles ou limons, avec ou sans squelette) modérément liés par des ciments, assez plastiques à l'état humide, solides et durs à l'état sec (ex. : gley)
 - + *cimentée* : éléments liés par des ciments précipités : oxydes $\pm$ hydratés, matière organique, calcaire, silice, etc. (ex. : concrétions, carapaces, croûtes, indurations).

Les éléments sont inclus dans une matrice relativement homogène.

- **Fragmentaire** (fig. 3) :
 - + *agrégée fine* : agrégats de l'ordre du millimètre dus à des liaisons de nature chimique, ou à des déjections de petits arthropodes dans les horizons très organiques
 - + *construite* : l'action du brassage biologique est déterminante : structures grumeleuse, grumeleuse, nuciforme
 - + *fissurée* : dues essentiellement au retrait et au gonflement des argiles de type smectite : structures polyédrique, prismatique, lamellaire.

Le substrat est divisé en éléments structuraux dus à des processus pédogénétiques.

En complément à la description morphologique des éléments structuraux, il faut préciser leur **dimension**, leur **consistance** et leur **cohésion** :

- *Cohésion à l'état sec* :

- + structure *meuble* ou *peu stable* : les unités structurales se réduisent en particules élémentaires dès qu'on les isole
- + structure *friable* ou *moyennement stable* : les unités structurales peuvent être fragmentées par pression entre les doigts en ne fournissant qu'un faible effort
- + structure *cohérente* ou *stable* : l'effort à fournir est appréciable
- + structure *dure* ou *très stable* : l'effort à fournir est très grand, la fragmentation pouvant même être irréalisable.

- *Plasticité à l'état humide* :

- + *nulle, faible, moyenne* ou *forte* selon la possibilité de rouler l'échantillon entre les doigts sans qu'il se rompe (voir texture).

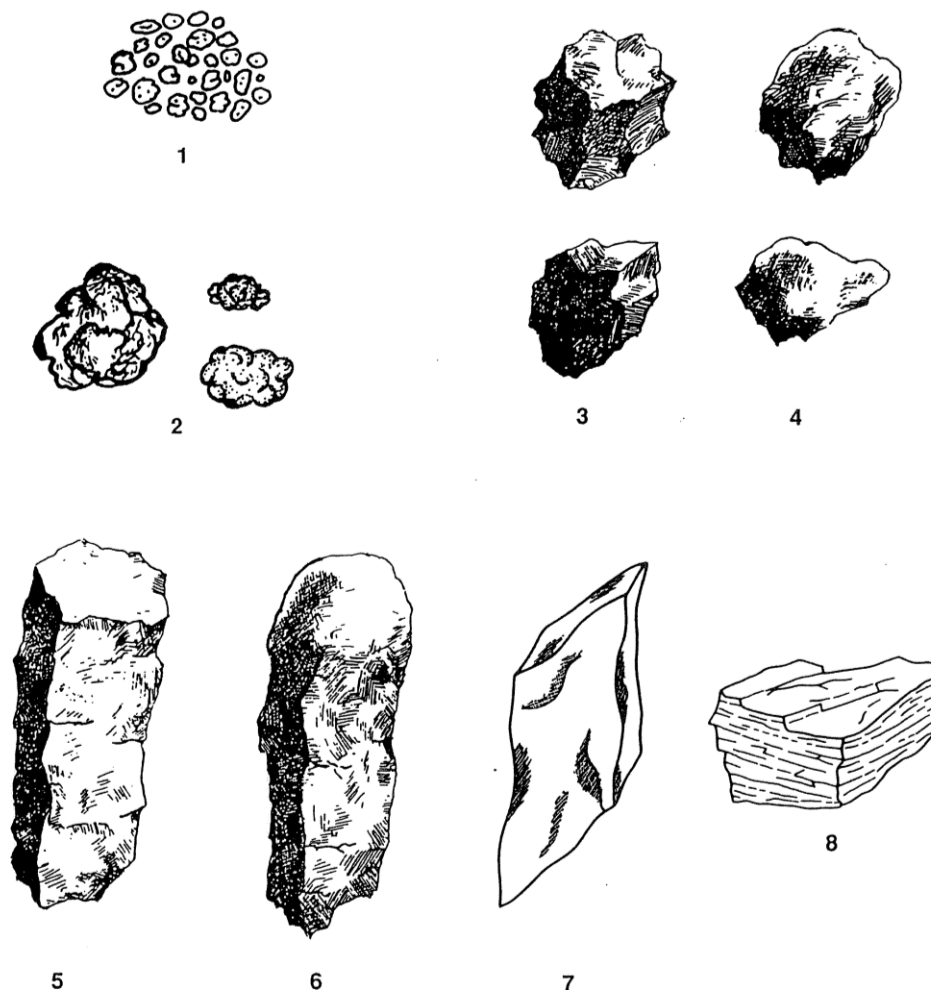


Fig. 3. Quelques structures fragmentaires ou construites (Baize & Jabiol, 1995).

- | | | |
|-------------------------|-------------------|---------------------------|
| 1. Grenue ou granuleuse | 4. Subpolyédrique | 7. En plaquettes obliques |
| 2. Grumeleuse | 5. Prismatique | 8. Lamellaire |
| 3. Polyédrique | 6. Columnnaire | |

Au sein d'un horizon, **plusieurs types d'agrégats** peuvent être associés, différents par leurs formes et par leurs dimensions.

Par ailleurs, il y a presque toujours plusieurs niveaux emboîtés de structuration en agrégats : un agrégat centimétrique (grumeau) se décompose en agrégats plus petits, qui peuvent être soit de la même forme, soit de forme différente (un agrégat anguleux centimétrique peut être composé d'agrégats arrondis plus petits par exemple). Un cas typique est la double structure emboîtée des horizons Sal des Alocrisols : macrostructure polyédrique subanguleuse incluant une microstructure granuleuse très fine et légère de type « fluffy ».

6.6.6. Texture

La texture traduit la **composition granulométrique de la terre fine**. Sa mesure précise ne peut se faire qu'en laboratoire. Avec un peu d'expérience, elle s'apprécie néanmoins très bien au toucher sur un échantillon humecté que l'on roule entre les doigts : plus le sol est argileux, moins l'échantillon s'effrite.

Selon les dimensions des particules, on distingue:

Les sables (2 mm - 50 µm)

L'échantillon humecté (eau ou salive) ne colle pas et ne brille pas. Les grains de sable sont visibles à l'oeil nu ou à la loupe, sauf s'il y a beaucoup de matière organique. Les sables moyens et grossiers grattent les doigts et sont donc sensibles au toucher. Les sables fins ne grattent pas mais restent perceptibles par crissement à l'oreille. Il est impossible de fabriquer des boudins en roulant le matériel dans la paume de la main ou entre les doigts. Les sables sont généralement cristallins (quartz), les sables calcaires étant rapidement dissous.

Les limons (50 µm - 2 µm)

L'échantillon humecté ne colle pas. Les particules sont indiscernables. A l'état sec, son toucher soyeux rappelle celui du talc. Le « lissage » de l'échantillon entre le pouce et la paume de la main est impossible : l'échantillon forme des petites écailles superposées comme les tuiles d'un toit. Il est impossible ou difficile de faire des boudins, sauf avec les limons fins mais, dans ce cas, les boudins se cassent vite à un fort diamètre. À contre-jour apparaissent parfois sur les doigts des paillettes brillantes produites par les micas souvent fortement représentés dans cette fraction. Au séchage, les limons partent en poussière et ne restent pas cohérents (taper dans les mains !). Attention : une forte teneur en humus augmente artificiellement la perception des limons, car le toucher est le même. Ces derniers sont ainsi souvent surévalués.

Les argiles (< 2 µm)

L'échantillon humecté colle aux doigts et peut devenir collant. Il forme un « miroir » au lissage, dans lesquels les empreintes digitales se marquent très bien et persistent. Il se laisse façonner en boudins de plus en plus minces sans se rompre, mais il se fendille et s'écaille en séchant. A l'état sec, l'échantillon devient très dur. La teneur en argile peut être appréciée à 5 ou 10 % près par les méthodes suivantes :

- Impossibilité de réaliser un boudin de 5 à 6 mm de diamètre après avoir mouillé et malaxé un peu de terre dans sa main = teneur en argile inférieure à 10 %
- Possibilité de réaliser un boudin, mais il se fissure avant que l'on ait fait un demi-tour pour réaliser un anneau de 4 à 5 cm de diamètre = teneur en argile de 10 à 15 %
- Possibilité de réaliser un boudin et fermeture aux 3/4 mais pas plus, lorsque l'on réalise l'anneau = teneur en argile autour de 20 %
- Possibilité de réaliser un boudin et fermeture complète de l'anneau = teneur en argile supérieure à 30 %.

Ces critères de détermination des sables, limons et argiles sont valables de manière optimale pour des **échantillons purs** de chaque catégorie. Ce cas existe par exemple dans des horizons E de podzols (sables), dans des horizons A ou S de Brunisols sur loess (limons éoliens) ou dans des horizons BT de Luvisols (argiles).

Cependant, la plupart du temps, la texture est un **mélange** des trois catégories, dans des proportions variées. Un échantillon présente alors une combinaison des critères ci-dessus, dont il s'agit d'évaluer le « poids » respectif pour aboutir à la texture la plus proche de la réalité. On essaiera de s'approcher d'une des cases du triangle des textures établies par l'analyse granulométrique de laboratoire (fig. 4).

L'appréciation des teneurs en différents éléments est ainsi **essentiellement empirique**. L'observateur se fait peu à peu la main et crée son propre référentiel tactile. Pour obtenir une appréciation satisfaisante de la texture par des tests tactiles, un étalonnage avec des terres dont les caractéristiques sont connues (analyses granulométrique, réaction à l'humidité, ...) peut s'avérer utile.

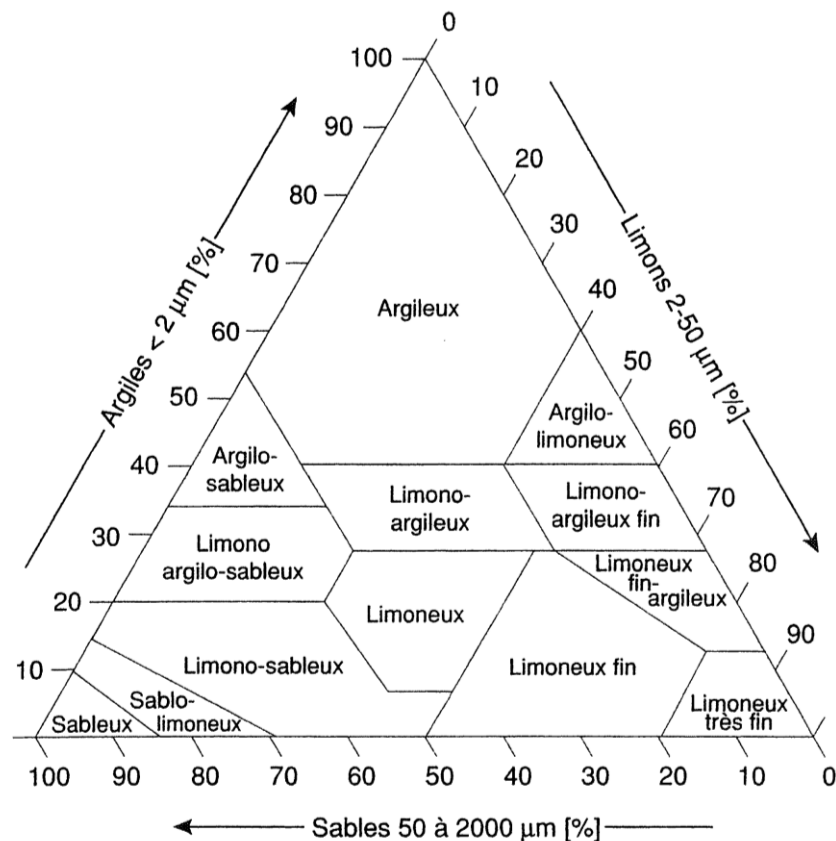


Fig. 4. Le triangle des textures (version USDA, in Gobat et al., 2010).

6.6.7. Vides, porosité

La porosité est une notion essentielle pour tout ce qui concerne la **réserve en eau**, elle-même en général inobservable directement dans le sol. Sur le terrain, la porosité ne peut être qu'estimée ; seules des analyses poussées en laboratoire (presse à membrane, granulométrie, stabilité structurale, lames minces, etc.) fournissent des résultats précis.

On peut néanmoins apprécier l'abondance des **pores visibles à l'œil nu**, en % du volume. Elle correspond plus ou moins à la macroporosité. Le sol sera :

- *non poreux* < 2 %
- *peu poreux* 2 – 5 %
- *moyennement poreux* 5 – 15 %
- *poreux* 15 – 40 %
- *très poreux* > 40 %.

On peut également préciser la **forme** (chenaux, galeries, cavités, chambres, trous, fentes de retrait, fissures, etc.), la **dimension** (diamètre moyen) et la **localisation** des pores. On peut aussi parfois observer l'**orientation** de la macroporosité : verticale, oblique, subhorizontale, etc., ainsi que la **connectivité** générale (pores reliés entre eux sous la forme d'un réseau plus ou moins dense, ou isolés).

6.6.8. Racines

L'observation de l'enracinement est en général d'un intérêt limité pour les interprétations pédogénétiques. Elle est en revanche essentielle pour estimer la **fertilité** du sol, sa relation avec la **production végétale** ou les apports souterrains de « **litière grise** » (sécrétions racinaires). Les niveaux d'enracinement préférentiels correspondent généralement à des horizons particulièrement fertiles (éléments nutritifs, régime hydrique optimal). Une diminution brusque de la densité de racines traduit souvent une rupture minéralogique, un tassement (semelle de labour), un niveau d'eau stagnante, etc.

Plusieurs descripteurs peuvent être notés :

Localisation des racines

- *Niveaux principaux* d'enracinement
- *Situation générale* : pénétration dans les agrégats, en surface des agrégats, en réseau dans la masse de l'horizon, dans les fissures, évitant les zones compactes, etc.
- *Distribution* dans l'horizon : régulière, assez régulière, irrégulière
- *Orientation* des racines : dans toutes les directions, horizontales, verticales, etc.

Abondance

Elle est estimée par le nombre de racines qui « traversent » la coupe de sol. On attribue à chaque horizon un indice sur une **échelle de 0** (pas de racines) à **5** (réseau racinaire très important, racines très nombreuses). On peut donner une échelle de valeur pour chaque catégorie de taille. Une mesure exacte peut être faite sur une grille plaquée à la coupe.

Dimension

Noter la **taille dominante** des racines et leurs proportions respectives :

- Racines *fin*es (chevelu) : 0 – 2 mm de diamètre
- Racines *mo*yennes : 2 – 5 mm
- *Gros*ses racines : > 5 mm

Nature

- *Appartenance spécifique* quand c'est possible : racines à coloration rouge des épicéas, racines à aérénchyme des roseaux, etc.
- *Type* : lignifiées, subérisées, mycorhizées, à bulbes, à rhizomes, à nodules (légumineuses), etc.
- *Etat sanitaire* : saines, nécrosées, pourries, gainées de rouille (p. ex. dans les horizons Gr)
- *Forme générale de l'appareil racinaire* : traçant, à pivot, mixte, etc.

6.6.9. Matière organique

La **teneur moyenne** en matière organique est souvent bien reflétée par la **couleur**. En effet, plus la teinte générale tend vers le brun foncé ou le noir, plus le taux de matière organique est élevé. La matière organique peut également être détectée par **test tactile** puisqu'elle donne un toucher gras, semblable à celui des limons. Dans certains cas, elle tache très fortement les doigts (cas des anmoors). On précisera, dans les horizons A, si la matière organique est **incorporée** à la matière minérale au sein du complexe argilo-humique, ou si elle n'est que **juxtaposée** aux particules minérales, généralement limoneuses grossières ou sableuses dans ce cas.

On distingue quatre grands types de matière organique :

Matière organique sous forme de débris ou résidus

Il s'agit de la matière fraîche, ou matière figurée, n'ayant subi que **peu ou pas de transformation**. Elle peut être d'origine locale (feuilles en forêt) ou allochtone (fumier, pailles, etc.). On distingue :

- la *nature* des résidus : paille, herbe, fumier, feuilles, racines, mousses, sphaignes
- leur *abondance* : à juger de cas en cas, pour un certain contexte
- leur *répartition* : homogène, en paquets, localisés horizontalement, etc.
- *divers caractères* comme l'odeur, la couleur, l'humidité, etc.

Matière organique sans débris reconnaissables et non liée à la matière minérale

Il s'agit d'amas ou d'agrégats millimétriques **holorganiques** de couleur généralement foncée, doux au toucher et tachant les doigts. Ces amas sont :

- soit mélangés à des *débris de litière* (horizons OL, OF)
- soit sous forme de *couche continue* à la base de OF (horizon OH)
- soit mélangés aux *particules minérales* mais sans liaisons avec elles (horizon A de juxtaposition typique des moders)
- soit *dispersés* dans le profil et correspondant à d'anciennes racines mortes.

On y inclut les boulettes fécales de la macrofaune et de la mésofaune à structure coprogène, ainsi que la matière organique des horizons Hs (tourbes minéralisées sapriques). Les horizons Hm et Hf sont, eux, plutôt constitués de matière organique à débris reconnaissables.

Matière organique non directement identifiable et liée à la matière minérale

C'est la matière organique du **complexe argilo-humique**, typique des horizons A biomacrostructurés ou d'insolubilisation. Cette matière organique **ne peut pas être décrite** pour elle-même sur le terrain. Seules des analyses poussées en laboratoire peuvent le faire : extractions acides et alcalines, analyse Rock-Eval, détermination des acides fulviques et humiques, de l'humine, etc.

On indiquera tout de même son **abondance générale** sous forme de traits obliques dans le schéma du solum, plus ou moins rapprochés selon la quantité de matière organique.

Matière organique sous forme de revêtements

Il s'agit de matière organique qui **se dépose sur des éléments solides** du sol après migration dans le profil. On peut la trouver par exemple dans les podzols, tachant des grains de sable de l'horizon E, ou sous des Organosols insaturés épais, où elle est émise par une végétation à litière très acidifiante : ici, la matière organique précipite sur les blocs calcaires sous-jacents, à leur face supérieure. On notera le type de support et l'intensité de la coloration.

Pour l'ensemble des observations concernant la matière organique, voir aussi les méthodes de description des formes d'humus, qui fournissent de nombreux critères supplémentaires, notamment sur les traces de l'activité des êtres vivants, les effets de différents types de litière, le rôle des transitions entre les horizons OL, OF, OH et A, etc. Consulter également les clés de détermination des formes d'humus, chez Jabiol et al. (1995), AFES (2009), Zanella et al. (2011, 2018), Gobat (2022), Jabiol et al. (2013).

6.6.10. Organismes vivants

Les organismes vivant du sol se laissent très mal apprécier lors d'une description de terrain. Seules des **échantillonnages de la faune** au moyen de pièges de type Barber (faune épigée) ou Berlese-Tullgren (faune endogée) en donnent une bonne image. On notera toutefois toutes les **espèces rencontrées** (notamment les vers de terre, les arthropodes, les coléoptères, les larves de diptères, les cocons), leur abondance observée et leur niveau de profondeur.

On relèvera aussi les **indices** de la présence de la faune :

- *turricules* de vers de terre
- *crottes* arrondies ou anguleuses
- *galeries* de vers de terre ou de micromammifères
- *cadavres*
- *coquilles* de mollusques, etc.

On notera en particulier la présence de **boulettes fécales** arrondies ou cubiques, caractéristiques des horizons OF et OH.

Les **bactéries** sont évidemment invisibles lors d'une description, même leurs colonies. Mais on peut parfois observer de bonne manière les **mycéliums** de champignons, en particulier dans les horizons OF des moders et des mors. Noter alors leur **couleur** (jaunes, blancs, rosés, etc.), leur **densité** et leur **disposition**.

6.6.11. pH Hellige

La mesure du pH sur le terrain, même si elle reste imprécise par rapport à la mesure en laboratoire avec électrode, fournit des renseignements **souvent suffisants** pour aider au diagnostic pédogénétique. Elle se fait au moyen du pH-mètre de terrain Hellige. Attention : celui-ci tend à sous-estimer le pH réel, il est donc souvent nécessaire de mesurer le pH à l'électrode au laboratoire.

Principe

La méthode Hellige mesure théoriquement le pH H₂O (ions H₃O⁺ présents à l'état dissocié dans la solution du sol). En réalité, les valeurs mesurées se rapprochent souvent de celles du pH KCl, soit un peu plus basses que celles du pH H₂O. Il s'agit d'une méthode colorimétrique, dans laquelle le pH est estimé par comparaison de la couleur d'un réactif (liquide indicateur) avec une échelle de référence (Tabl. 2).

Matériel

L'ensemble pour la mesure du pH Hellige comprend un récipient avec échelle colorée, une petite spatule, un flacon de réactif (indicateur coloré « Hellige Pehameter », un produit toxique à 40% de méthanol), du papier absorbant, de l'eau désionisée.

Tabl. 2. Echelle colorée de référence du pH-mètre de terrain Hellige.

pH	Couleur du réactif
4	Rouge (à tendance violette vers les valeurs très basses)
5	Orange
6	Jaune
7	Vert clair
8	Vert vif
9	Vert foncé

Mode opératoire

Prélever un peu de terre (0,5 à 1g) dans le solum (1 mesure par horizon) au moyen de la spatule et la placer dans la cupule ronde du récipient. Ajouter quelques gouttes d'indicateur et mélanger. L'indicateur doit couvrir la terre. Laisser agir et décanter quelques dizaines de secondes. Faire couler le liquide le long de l'échelle colorée.

Estimer le pH par comparaison des couleurs. Cette comparaison est parfois difficile pour des sols très organiques ou très argileux, avec des particules fines en suspension. Dans ce cas, prendre un peu moins de terre et laisser décanter. Ne considérer que la couleur du surnageant sans se laisser influencer par celle des particules solides.

Pomper le liquide, essuyer avec le papier absorbant qui sera jeté à la poubelle.

6.6.12. Effervescence à HCl : test des carbonates

La recherche de la **limite des carbonates** et l'**intensité de la décarbonatation** est un des premiers tests à faire dans tous les sols formés sur roche calcaire. En effet, il rend compte de manière simple des **premières étapes d'évolution** des sols et permet de séparer des Références proches, comme les RENDOSOLS (horizon Aca) et les RENDISOLS (horizon Aci) ou encore les CALCOSOLS (horizon Sca) et les CALCISOLS (horizon Sci).

La teneur en carbonates est déterminée sur le terrain par usage d'un flacon à pipette contenant de l'**acide chlorhydrique** 6 M (attention : toxique et corrosif !). Cette mesure est approximative et il s'agit plutôt d'une évaluation destinée à la compréhension que d'une véritable analyse. On détermine l'effervescence sur une échelle de 0 à 4, correspondant à des classes de teneur en carbonates (Tabl. 3).

Tabl. 3. Appréciation de la teneur en carbonates par le test à l'acide chlorhydrique.

Effets de HCl 6 M	Notation	Interprétation
Effervescence nulle	0 / 4	Teneur en carbonates inférieure à 1 %
Effervescence audible mais non visible	1 / 4	Teneur en carbonates de 1 à 3 %
Effervescence faiblement visible, présence de quelques bulles	2 / 4	Teneur en carbonates de 1 à 10 %
Effervescence moyenne, bulles bien visibles	3 / 4	Teneur en carbonates de 10 à 20 %
Effervescence forte, bulles abondantes et bruit caractéristique (cachet d'aspirine dans un verre)	4 / 4	Teneur supérieure à 20 %

Les carbonates de la calcite (CaCO_3) font effervescence immédiatement et à froid, alors que ceux de la dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) le font à retardement et/ou à chaud.

On notera également si l'effervescence est **généralisée** (dans tout l'horizon) ou **localisée** (dans des endroits précis, souvent à proximité de traits pédologiques particuliers).

6.6.13. Taches

Le sol est rarement homogène, chaque horizon pouvant présenter diverses taches tranchant avec le « fond » général. Ces taches sont importantes à observer et localiser dans le profil, car elles révèlent presque toujours des **processus pédologiques** particuliers.

On notera ainsi :

- leur *nature* : taches d'oxydation, de réduction, de décoloration, de matière organique, d'un autre horizon (inclus de manière discontinue)
- leur *abondance* : absentes, peu nombreuses (< 2% de la surface), assez nombreuses (2-20%), nombreuses (20-50%), très nombreuses (> 50%) (voir l'annexe D)
- leur *couleur* : en clair ou selon le code Munsell
- la netteté de leurs *limites* : peu nettes (changement de couleur sur plus de 2 mm), nettes (< 2 mm), très nettes (bords tranchés)
- leurs *dimensions* : fines (< 5 mm), moyennes (5-15 mm), grandes (> 15 mm)
- leurs *formes* : irrégulières, arrondies, obliques, en réseau, en bandes, etc.
- leur *contraste* : facilité plus ou moins grande de les distinguer du fond matriciel.

On relèvera particulièrement la présence de **taches rouille** de fer oxydé (Fe_2O_3) indiquant des périodes d'engorgement temporaire du sol par l'eau, ainsi que celle de taches ou de plages **gris-bleuté** de fer réduit (FeCO_3) révélatrices d'engorgement permanent.

On vérifiera si les taches rouille et gris-bleuté sont réparties dans des **couches distinctes** à limites plutôt horizontales (gley, nappe permanente, horizons Go et Gr) ou, au contraire, **réparties** de manière plus ou moins aléatoire dans l'ensemble de l'horizon ou du solum (pseudogley, nappe temporaire, horizon g).

6.6.14. Traits pédologiques particuliers

Les traits pédologiques comprennent toutes les **petites structures**, formations inhabituelles ou « accidents » présents dans le solum, qui ne sont pas dues au phénomène général de la structuration biologique ou physique. Elles sont d'origine physique (par exemples argilanes dues au lessivage), mais la plupart du temps chimiques (concrétions, précipités, cristallisations, etc.).

Ces formations peuvent être (liste non exhaustive) :

- des *films brillants* d'argile déposée autour des unités structurales, dans les fentes de retrait ou dans des galeries (argilanes ou argilo-cutanes caractéristiques des horizons BT)
- des *amas de poudre* blanche de silice dans les horizons E
- des *dépôts de CaCO_3* sous la forme de poudre, de pseudo-mycéliums, de concrétions

- des *pellicules* calcaires fines, sortes de petits « placages » blancs de calcite précipitée, par exemple dans certains horizons S des CALCISOLS
- des *concrétions* ou des *nodules noirs* ferro-manganiques, parfois rencontrés dans les sols hydromorphes
- des *charbons*, mémoire de défrichements par le feu ou de grands incendies de forêt. On trouve parfois de véritables niveaux à charbon, traduisant la présence ancienne de charbonnières ;
- divers *grains*, *croûtes*, *efflorescences*, etc.

6.6.15. Propriétés mécaniques : compacité, fragilité, cimentation, etc.

Les propriétés mécaniques qui peuvent être observées sur le terrain fournissent des renseignements sur les **propriétés physiques** du sol, notamment de sa fraction solide. Elles sont particulièrement importantes dans l'étude des **sols agricoles**, par rapport à leur potentiel d'exploitation, leur résistance au tassement par les machines, etc. Elles doivent être soigneusement évaluées en cas de diagnostic d'érosion réelle ou potentielle, de rétention d'eau en surface dans des cuvettes ou encore de piétinement dû au bétail.

On peut effectuer les trois tests suivants facilement sur le terrain :

Test de compacité

Le test est fait directement dans la face verticale du solum, par **pénétration d'un couteau**. Quatre états sont définis :

- *meuble* : matériau non cohérent, le couteau pénètre sans effort jusqu'à la garde
- *peu compact* : un léger effort est nécessaire pour enfoncer le couteau
- *compact* : le couteau ne pénètre qu'incomplètement, même sous un effort important
- *très compact* : on ne peut enfoncer le couteau que de quelques millimètres.

Test de plasticité (voir aussi texture)

Un pàton de terre bien humecté est **roulé entre les doigts**. La plasticité est estimée selon l'aptitude du pàton à se transformer en un mince cylindre souple, ou boudin, d'environ 3 mm de diamètre. Quatre modalités :

- *non plastique* : boudin impossible à former
- *peu plastique* : un boudin peut être formé mais il se brise sous son propre poids
- *plastique* : le boudin se rompt sous une faible déformation
- *très plastique* : le boudin ne se rompt pas ou très difficilement, même sous une forte déformation.

Test d'adhésivité

On estime l'adhésivité par l'aptitude de l'échantillon à **coller aux doigts**, après l'avoir pressé entre le pouce et l'index. Quatre modalités :

- *non collant* : pratiquement aucune matière n'adhère aux doigts
- *peu collant* : l'échantillon adhère aux doigts mais d'en laisse détacher facilement sans pratiquement laisser de traces
- *collant* : la terre adhère aux doigts ; en écartant les doigts, elle tend à s'étirer quelque peu
- *très collant* : la terre adhère fortement aux doigts et s'étire nettement quand on les écarte.

Deux autres tests, ceux de **friabilité** (aptitude à l'effritement) et de **fragilité** (aptitude à la rupture ou à la cassure) s'effectuent sur des échantillons à un taux d'humidité assez précis. Pour cette raison, on les réalise en général au laboratoire.

6.6.16. Eau observable : niveau observé, suintements

L'eau est rarement visible dans un profil, à l'exception des périodes de forte pluviosité et, bien sûr, en cas de nappe profonde permanente.

On notera donc chaque observation d'une **nappe dans le profil**, avec indication de la **profondeur** de celle-ci le jour de la description. Attention toutefois à laisser s'équilibrer le niveau d'eau, car le creusement le perturbe. De même, signaler toute source, infiltration ou écoulement d'eau observé aux alentours de la fosse ou dans la coupe de sol.

L'observation du niveau d'eau le jour de la description ne remplace jamais un suivi piézométrique effectué sur une année complète, voire plus. Le régime hydrique du sol ne peut être valablement mis en évidence que par des mesures de longue durée.

7. Etape 5 : Récolte d'échantillons

7.1. Modes d'échantillonnage

En règle générale, le prélèvement d'échantillons **respecte le découpage en horizons** obtenu par la description : à chaque horizon correspond un échantillon. Des horizons très minces nécessitent parfois une prise d'échantillons latérale pour avoir assez de matériel. A l'inverse, des horizons très épais peuvent fournir plusieurs échantillons, destinés par exemple à mettre en évidence des gradients. Dans certains cas enfin, il est impossible d'échantillonner correctement : échantillons très minces, fragmentaires, très riches en gros blocs ou en vides de grande taille, etc.

Dans des buts précis (établissement d'un profil de concentration d'un élément, par exemple) ou quand les horizons sont mal différenciés, il peut être admis de récolter les échantillons de manière **systématique**, tous les 5 ou 10 cm par exemple. L'interprétation des résultats peut toutefois être très difficile en cas d'échantillon pris à la charnière de deux horizons.

7.2. Prélèvement

L'échantillon est pris **au centre de l'horizon**, en évitant toute pollution par du matériel des horizons adjacents. Une spatule ou une petite truelle suffit en général, sauf pour des horizons très riches en racines ou tourbeux où un couteau peut s'avérer nécessaire (couteau à pain). Selon les analyses prévues, la **quantité de terre récoltée** par échantillon varie de 300 g à 1 kg environ. Pour des prélèvements spécifiques (par exemple masse volumique au cylindre de Burger, prélèvement par parcelle selon le système des agronomes, détermination de la biomasse racinaire) se référer aux protocoles ad hoc.

Si la description du profil se fait généralement de haut en bas, la **récolte** des échantillons se fait, elle, toujours **du bas vers le haut du profil**, pour éviter des contaminations dues aux horizons supérieurs. Il faut donc soigneusement nettoyer le profil avant tout prélèvement.

Il est souvent plus facile et plus précis d'échantillonner les **horizons O** depuis dessus, sur une surface adjacente au profil. On décape pour cela progressivement la surface tout en récoltant chaque couche l'une après l'autre. Ceci permet aussi d'obtenir suffisamment de matériel pour ces horizons souvent très minces.

Lors de cette phase de récolte, la présence de **deux personnes** est tout autant indispensable que lors de la description proprement dite. Une personne récolte l'échantillon et le met dans un **sachet en polyéthylène préalablement annoté** au feutre par l'autre. Une **étiquette** en papier annotée au crayon (ni stylo, ni feutre !) est ensuite glissée entre la terre et le sachet, face écrite vers l'extérieur. Cette petite astuce permet de gagner un

temps considérable au laboratoire au moment du tri des échantillons par profil, et évite des erreurs.

La **notation** est laissée à l'appréciation du pédologue, mais elle doit au minimum contenir, pour chaque horizon, les points suivants :

- Date
- Localité
- Numéro du profil
- Type d'horizon
- Profondeur d'échantillonnage.

Cette phase d'échantillonnage doit être faite dans un **ordre logique** et avec une **concentration** parfaite. Une seule permutation d'échantillon et toute la recherche subséquente est faussée ! On ne prend jamais assez de précautions à cette étape !

Si l'on veut déterminer le **taux d'éléments grossiers** par pesée exacte, il faut veiller à avoir une idée précise de leur abondance, surtout lorsque les éléments grossiers sont très nombreux et de grosse taille (cailloux et pierres). Dans ce cas, il faut prélever de gros volumes d'échantillons et ne pas « écarter » inconsciemment les pierres et les gros cailloux, comme on a toujours tendance à faire.

7.3. Stockage

Les échantillons ainsi obtenus sont dits **échantillons de sol frais**.

Prévoir de transporter les échantillons de sol récoltés **dans une glacière** si l'on veut réaliser des analyses directement sur le sol frais (notamment pour le dosage des formes de l'azote : nitrates, ammonium, voire nitrites).

Arrivés au laboratoire, les échantillons sont mis à **sécher en cuvette** le plus rapidement possible, pour éviter toute transformation microbienne. On peut éventuellement les conserver quelques jours en chambre froide, selon le type d'analyses prévues par la suite.

Pour la suite des traitements, voir les manuels et protocoles d'analyses pédologiques.

8. Etape 6 : Interprétation du profil : typologie, fonctionnement, évolution, etc.

8.1. Portée de l'interprétation

Cette étape **donne un sens** au travail effectué jusqu'ici ; elle doit donc être particulièrement soignée, même si on ne dispose pas encore de tous les résultats analytiques. En effet, une interprétation initiée sur le terrain est toujours très fructueuse, car elle est faite **dans le contexte écosystémique**. On peut ainsi immédiatement établir certaines corrélations avec la végétation, le relief, la géologie, l'activité humaine. Certains faits pédologiques ne pourront toutefois être établis que sous la forme d'hypothèses, avant leur confirmation ou non par les analyses de laboratoire.

Dans la grande majorité des cas, l'interprétation faite sur la base de la description de terrain, croquis à l'appui, est suffisante pour **dégager les grands processus** en cours ou passés du sol étudié, et ainsi établir un **diagnostic pédogénétique** morpho-fonctionnel. Sauf exception, les horizons pourront être reconnus et, avec eux, le **nom** à donner au solum considéré (Référence, Type).

8.2. Eléments de discussion à envisager

Il est impossible d'établir une liste exhaustive des aspects à considérer lors de l'interprétation d'un profil, tant les situations peuvent être variées et faire appel à des critères fort différents. Quelques **points essentiels à la réflexion** peuvent néanmoins être relevés, mélangeant des caractères du profil, des facteurs environnementaux, des processus, des phases d'évolution, etc. :

- Fonctionnement actuel *versus* fonctionnement passé
- Relation entre morphologie et constituants
- Homogénéité ou hétérogénéité au sein de chaque horizon ou au sein du solum
- Autochtonie ou allochtonie du matériel parental
- Reliques paléo-climatiques (horizons rouges en milieu tempéré...)
- Mode et degré d'altération de la roche
- Acquisition d'une structure pédologique
- Structure autogène d'origine biologique (agrégats arrondis), physique (agrégats polyédriques), ou héritée
- Niveau et intensité de la dissolution des carbonates ou, au contraire, de leur précipitation
- Traces de lixiviation
- Libération d'oxydes de fer, brunification
- Présence de lessivage (différenciation texturale combinée à la présence d'argilanes)
- Présence de podzolisation (accumulation de matière organique humifiée en profondeur)

- Décolorations et ségrégation du fer, taches d'oxydo-réduction, odeur de H₂S
- Accumulation de matière organique en surface (horizons OF, OH, H)
- Traces de cryoturbation
- Traces d'activité biologique (turricules, galeries, anciennes racines).

Tous ces critères sont susceptibles, selon les cas, de fournir des informations essentielles au diagnostic pédogénétique et à la typologie du solum, qui représente un des aboutissements de toute étude de sol. Mais l'interprétation devrait aussi porter sur des aspects moins immédiatement visibles, comme le régime hydrique, la relation avec la végétation, le potentiel d'utilisation par l'homme, la valeur patrimoniale, etc.

9. Etape 7 : Recherche des limites latérales de la Référence

9.1. Buts

Cette étape n'est pas nécessaire à chaque fois : il arrive qu'une caractérisation d'une station par un seul profil soit suffisante, par exemple si l'homogénéité à une certaine distance est évidente. Dans bien des cas toutefois, notamment dans une approche naturaliste des sols, cette étape permet de préciser la **relation entre le sol et la végétation**. Cette étape est, par contre, indispensable dans une démarche de cartographie (voir point 10).

9.2. Procédé

La recherche des limites latérales d'une Référence se fait par une **approche multiple** fondée sur les critères suivants :

- Délimitation des **grands ensembles** topographiques ou micro-topographiques : pentes, expositions, affleurements, dépressions, etc.
- Observation des **limites de la végétation**, particulièrement des synusies herbacées ou de quelques espèces que l'on sait bonnes bioindicatrices pour les caractères des sols observés
- Reprise des résultats des **sondages préliminaires** réalisés pour le choix du lieu de creusement de la fosse
- Au besoin, réalisation de **sondages supplémentaires**
- Evaluation de la **variation latérale** de caractères pédologiques pertinents : présence et épaisseur d'horizons diagnostiques, modifications texturales, variation de la densité d'enracinement, profondeur d'apparition de la roche, apparition de taches

d'hydromorphie, etc. Ces critères sont à choisir en fonction du contexte et peuvent être variables d'une station à l'autre.

9.3. Compte-rendu

Pour cette étape, il est pratiquement indispensable de travailler **sur carte**, en notant précisément les observations. La carte doit être complétée par des **croquis en coupe** (toposéquences, caténas) reflétant les limites principales. Cette étape peut ainsi être fort utile à une procédure complète de cartographie, et en constituer la phase de reconnaissance.

10. Etape 8 : Cartographie

La cartographie des sols est un domaine en soi. Dans ce guide de description des sols n'en sont rappelés que les grands principes.

10.1. Définition et nature de la carte

Une carte pédologique est un document en deux dimensions, fournissant avec un coefficient de réduction élevé, une **image simplifiée de l'organisation des sols**. La carte résulte d'une interaction de quatre facteurs :

- la réalité naturelle
- les objectifs et le modèle
- la subjectivité du cartographe
- les conventions de représentation.

On cartographie en intégrant une **vision indirecte** du sol (photographies aériennes, prise en compte de processus connus de la pédogenèse) et une **observation directe** (sondages à la tarière, fosses représentatives). L'observation directe à elle seule, pourtant indispensable, ne fournit que peu de renseignements généralisables.

10.2. Objectifs d'une cartographie

Les raisons principales d'établir une carte des sols sont les suivantes :

- la connaissance du milieu naturel
- la recherche scientifique en pédologie
- l'aménagement du territoire
- l'agronomie régionale

- l'établissement des aptitudes culturelles
- les aménagements agricoles techniques
- la protection des sols.

10.3. Démarche de cartographie

Il existe trois façons de procéder :

1. On peut choisir les sites d'observation un à un, en profitant, pour chacun, de l'expérience acquise par les précédents. C'est une **démarche de type « pas à pas »**, qui cerne la répartition des sols sur la base d'un raisonnement logique et en utilisant des observations finalement très peu nombreuses. Le cartographe reste libre du choix de l'emplacement des sondages et des fosses, mais il doit avoir un **pré-modèle** clair dans sa tête. Cette méthode nécessite donc une tournée de terrain préalable à la cartographie, pour évaluer le terrain et faire le bon choix des critères de cartographie.

2. La deuxième méthode correspond à une **prospection exhaustive** du secteur à cartographier. Les sites sont très nombreux et choisis selon un **procédé d'échantillonnage systématique** (grille). Elle est particulièrement utile quand les limites ne sont pas très nettes dans le paysage.

3. La troisième méthode consiste à observer le sol **ponctuellement** et à utiliser des **moyens mathématiques** pour interpoler et généraliser à toute la surface. C'est le domaine de la géostatistique et des Systèmes d'information géographiques (renvoi au cours ad hoc).

Il existe aussi des démarches faisant appel à **d'autres constituants de l'écosystème** et en les utilisant comme « pédo-indicateurs ». Citons :

1. La **morpho-pédologie**, qui a pour objectif de replacer l'observation des sols dans le cadre géomorphologique général. La base de cartographie est la **couverture géologique et géomorphologique**. Cette méthode présuppose un lien entre les limites géologiques et les limites pédologiques. Ce lien est réel dans bien des cas, surtout à petite échelle, mais plus dans d'autres, en particulier à grande échelle. Comment détecter, par exemple, les sols acides du Jura, très nombreux, sur une roche calcaire omniprésente ?

2. La **phyto-écologie**, qui utilise la **couverture végétale** comme bioindicateur des conditions de sol. La relation sol-végétation est ici à la base de la cartographie du sol. Cette approche est excellente en milieu naturel relativement équilibré (forêt, marais, pelouses alpines). Elle est moins précise en cas de forte influence humaine, qui masque souvent l'expression des caractères pédologiques fondamentaux.

A2. Description détaillée

SCHEMA	horizon	squelette 2-10mm 10-50mm 5-10cm + de 5cm	acidité pH HCl carbonates	texture sableuse limonneuse argileuse	structure grumelleuse particulaire polyédrique fibreuse fondue	activité biologique faible moyenne forte	porosité faible moyenne forte	couleur

QUALIFICATIFS

REFERENCE

EXCURSION:

STATION

date

lieu

CN no

altitude

exposition

végétation

coord.

pente

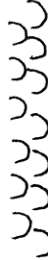
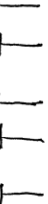
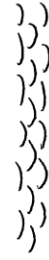
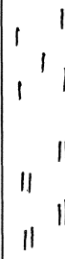
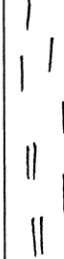
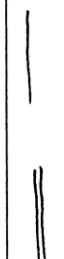
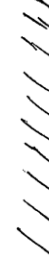
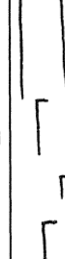
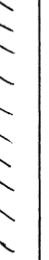
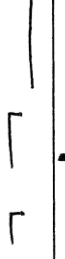
géologie

- LITHOSOL
RANKOSOL
FLUVIOSOL
ORGANOSOL/O.CALCAIRE
RENDOSOL/RENDISOL
CALCOSOL/CALCISOL
BRUNISOL/B. OLIGO-SATURE
NEOLUVISOL/LUVISOL.TYPIQUE
PODZOSOL
REDUCTISOL/REDOXISOL
HISTOSOL
autre:

FORME D'HUMUS

REMARQUES

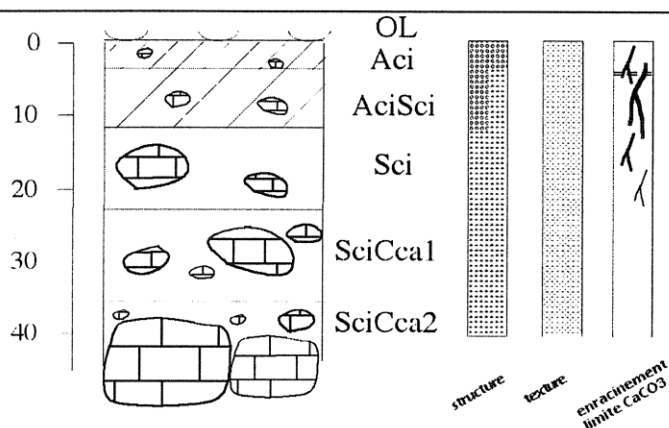
Annexe B. Signes conventionnels

LITIÈRE (horizon OL)		SQUELETTE		ELUVIATION, ILLUVIATION	
Eparses		Cailloux cristallins		Grains de quartz lavés (hor. E)	
Abondante non tassée		Cailloux calcaires		Libération de Fe ₂ O ₃ sans migration	
Très abondante		Cailloux altérés		Accumulation de Fe ₂ O ₃	
Tassée		Cailloux avec gangue			
HORIZ. HUMIFÈRES OF, OH, A, H		TEXTURE		HYDROMORPHIE	
Hor. de fragmentation OF		Sables avec/sans carbonates		Oxydation du fer (rouille)	
Hor. d'humification OH		Limons avec/sans carbonates		Réduction du fer (gris-verdâtre)	
Hor. A peu humifère		Argiles avec/sans carbonates		Niveau d'eau le jour du relevé	
Hor. A très humifère		Sables, limons, argiles décolorés (E)			
Hor. H tourbeux		Compaction du sol			
ACTIVITE BIOLOGIQUE		ROCHE EN PLACE		LIMITES	
Racines fines		Roche cristalline		Limite supérieure des carbonates	
Racines grossières		Roche calcaire		Limite ondulée, transition nette	
Turricules ou galeries de lombrics				Limite horizontale, transition diffuse	

Annexe C. Exemples de descriptions de sols

C1. Description libre

Montagne de Boudry (TP 99-00)	CALCISOL à eumull	
Date: 4.10.99	Coordonnées: 547 813 / 198 713	CN n°: 1163
Altitude: 1300 m	Pente: env. 25 °	Exposition: N
Géologie: roche calcaire		
Végétation: Aceri-Fagetum		
Topographie: pente		
Météo: pluvieux et froid		



OL: +0.2 - 0 cm. Feuilles de hêtre et brindilles.

Aci: 0 - 4 cm. Couleur: brun-noir. Structure grumeleuse. Texture limono-sableuse. Porosité moyenne. Racines 2/5, fines. Squelette (5%): cailloux calcaires anguleux altérés en surface, $\varnothing$ 0.5 à 3 cm. Limite horizontale, transition nette. pH 5, HCl 0/4.

AciSci: 4 - 12 cm. Couleur: brun. Niveau principal d'enracinement. Structure grumeleuse et polyédrique. Texture limono-sableuse. Porosité moyenne. Racines 4/5, moyennes et grandes. Squelette (5%): cailloux calcaires altérés, $\varnothing$ 0.5 à 2 cm. Limite horizontale, transition nette (squelette). pH 7, HCl 1/4.

Sci: 12 - 23 cm. Couleur: brun. Structure polyédrique. Texture sablo-limoneuse. Porosité forte. Racines 2/5, fines et moyennes. Squelette (40%): cailloux calcaires altérés, $\varnothing$ 5 à 7 cm. Limite horizontale, transition nette (squelette). pH 7, HCl 1/4.

SciCca 1 :23-35 cm. Couleur : brun-jaune. Structure polyédrique. Texture sablo-limoneuse. Porosité forte. Racines 1/5, fines. Squelette (70 %) : cailloux calcaires, $\varnothing$ dominants = 3 cm et 7-9 cm. Limite horizontale, transition diffuse. pH 7, HCl 0/4.

SciCca2: 35 - 40 cm. Couleur: brun encore plus jaune. Structure légèrement polyédrique. Texture limono-sableuse. Porosité moyenne. Racines 0/5. Squelette (80%): $\varnothing$ dominants = 2-3 cm et 7-9 cm. pH 6.5, HCl 3/4.

C2. Description selon une fiche préétablie (Richard et al., 1978)

[illegible]

Annexe D. Pourcentages d'occupation relative

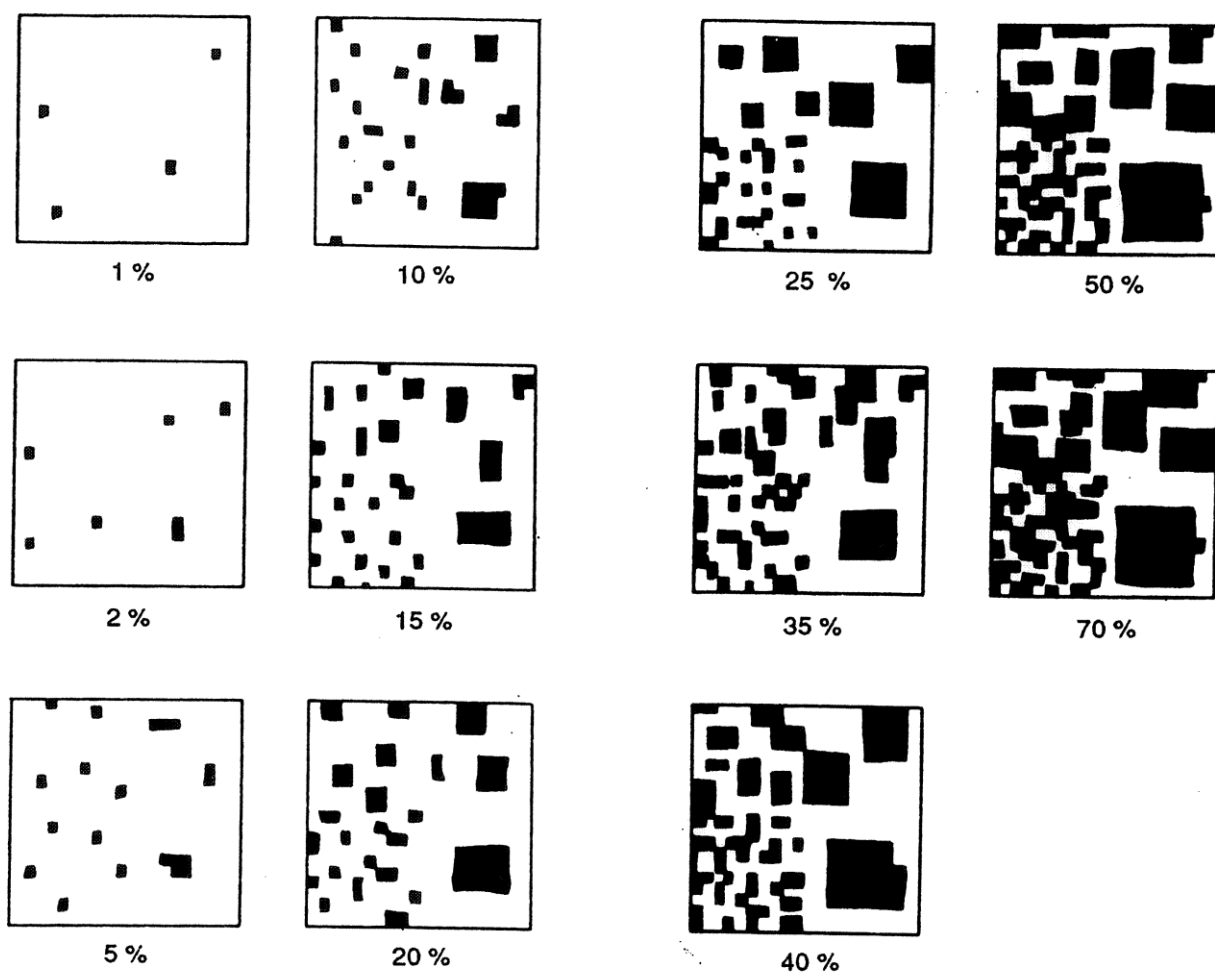


Figure 28. – Chartes pour estimer le % de recouvrement de taches (ou nodules ou éléments grossiers) par unité de surface. Chaque quart de chacun des carrés présente la même surface de noir (d'après Folk, 1951).

Références bibliographiques

AFES – 2009. [Référentiel pédologique 2008](#). Ed. Quae, Paris.

Baize, D. – 2016. Petit lexique de pédologie. INRA, Paris. 286 p. [Lire un extrait](#).

Baize, D. & Jabiol, B. – 2011. Guide pour la description des sols. Ed. Quae, Paris. 429 p. [Lire un extrait](#).

Boehlmann, D. – 1982. Oekophysiologisches Praktikum. Pareys Studentexte 33, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Delaunois A. (2013). [Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols](#) - destiné aux agriculteurs et aux agronomes.

Girard, M.-C., Schvartz, C., Jabiol, B. – 2017. Etude des sols. Description, cartographique, utilisation. Dunod, Paris. 432 p.

Gobat J.-M. (2022). Clé de sol – Principaux sols de Suisse. Université de Neuchâtel – Institut de Biologie – Laboratoire Sol & Végétation.

Gobat, J.-M., Aragno & Matthey, W. – 2010. Le Sol vivant. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne. 848 p.

Gobat, J.-M., Guenat, C. – 2019. *Sols et Paysages - Types de sols, fonctions et usages en Europe Moyenne*. PPUR, Lausanne. 562 p.

IUSS Working Group WRB - 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.

Jabiol, B., Brethes, A., Ponge, J.-F., Toutain, F., Brun, J.-J. – 1995. L'humus sous toutes ses formes. ENGREF, Nancy.

Jabiol, B., Zanella, A., Ponge, J.-F., Sartori, G., Englisch, M., van Delft, B., de Waal, R., Le Bayon, R.-C. – 2013. A proposal for including humus forms in the World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO). *Geoderma* 192 : 286-294.

Legros, J.-P. – 1992. Pédologie appliquée. Protocole de description des solums. EPFL.

NABODAT - [Outils pour la description et la cartographie des sols en Suisse](#).

Ruellan, A. & Dosso, M. – 1993. Regards sur le sol. Universités Francophones, Editions Foucher, Paris.

Pauwels, J.M., Van Ranst, E., Verloo, M. & Mvondo Ze, A. – 1992. Manuel de laboratoire de pédologie - Méthode d'Analyses de Sols et de Plantes. Publications Agricoles 28, édité par l'AGCD.

Progrès Sol, Canton de Vaud - 2019. [Guide pratique pour la description du profil de sol agricole](#).

Richard, F., Lüscher, P. & Strobel, T. – 1978ss. Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. IFRF Birmensdorf.

STIPA (Système de Transfert de l'Information Pédologique et Agronomique). – 1982. Notice pour l'entrée des descriptions et analyses de sols en banque de données. INRA Orléans-Montpellier, IRAT.

Zanella, A. et al. (10 co-auteurs) – 2011. A European morphofunctional classification of humus forms. *Geoderma* 164 : 138-145.

Zanella, A. et al. – 2018. Humusica 1 & 2. *Applied Soil Ecology*.

Notes personnelles

