

Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols

destiné aux agriculteurs et aux agronomes



Antoine DELAUNOIS

avec la collaboration d'Yves FERRIE, Marcel BOUCHE, Carole COLIN et Cécile RIONDE
Chambre d'agriculture du Tarn et INRA de Montpellier

Avec le concours financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, et du CasDAR

Table des matières

1. Introduction.....	4
2. Méthodologie et caractérisation générale du milieu naturel.....	5
2.1. Comment observer les sols ?.....	5
2.2. Comment réaliser une fosse pour observer le sol ?.....	7
2.3. La fiche de description du sol.....	8
2.4. Les régions pédologiques du Tarn.....	9
3. Description de certains éléments du sol et synthèses.....	11
3.1. L'estimation des rapports de surface.....	11
3.2. Les états de surface.....	12
3.2.1. Les éléments grossiers (EG) (diamètre > 2 mm).....	12
3.2.2. Couverture du sol par les plantes ou par les résidus végétaux.....	12
3.2.3. La battance.....	12
3.2.4. La porosité en surface (sur la surface avec battance).....	13
3.2.5. L'érosion hydrique.....	13
3.2.6. L'action des vers de terre.....	14
3.2.7. La profondeur des ornières et la portance des sols.....	15
3.2.8. Les mousses et les algues.....	15
3.2.9. Autres observations.....	15
3.3. La texture.....	17
3.4. Le calcaire dans le sol (CaCO ₃).....	17
3.5. La couleur du sol.....	18
3.6. L'hydromorphie.....	19
3.7. L'état d'humidité.....	19
3.8. Le test du couteau pour estimer la compacité.....	20
3.9. La structure.....	21
3.9.1. Le type de structure.....	21
3.9.2. La taille de la structure.....	23
3.9.3. Le fonctionnement vertical du sol est à favoriser.....	24
3.10. Les galeries.....	25
3.10.1. Le diamètre maximal des galeries de vers de terre ou des racines.....	25
3.10.2. La densité des galeries.....	26
3.10.2.1. Densité des grosses galeries de vers de terre (diamètre de 5 à 13 mm).....	26
3.10.2.2. Densité des petites galeries (diamètre de 0,2 à 1 mm).....	26
3.11. Les racines.....	27
3.11.1. La forme des racines.....	27
3.11.2. La densité des racines.....	29
3.12. La limite entre les horizons, notamment entre l'horizon A de surface et l'horizon sous jacent.....	29
3.13. vitesse de dégradation des résidus de récolte.....	29
3.14. Les conclusions sur le sol.....	30
4. Annexes.....	31
Tableau des analyses de terre de l'exploitation.....	32
Comment faire des analyses de terre.....	33
Fiche de renseignements d'un échantillon pour analyse de terre.....	35
Valeurs indicatives pour l'interprétation des analyses de terre.....	35
Autres remarques sur les analyses de terre.....	37
Bibliographie et quelques documents utiles	
Lexique	

Le matériel nécessaire pour faire un profil

- une bêche, avec un long fer si possible,
- un couteau pointu à lame épaisse (solidité),
- un mètre,
- une pissette d'acide chlorhydrique (acide concentré du commerce à 30 %, ... qui sera dilué au 1/3).

1. Introduction

Un sol en « bonne santé » permet de faire des économies d'intrants (travail du sol [fuel, matériel, temps de travail], engrais, phytosanitaires, irrigation, drainage, ...). Il permet d'obtenir de belles récoltes en quantité et en qualité. Un sol qui fonctionne bien c'est un sol qui a une bonne activité biologique, avec un comportement favorable à notre environnement (diminution de l'érosion, du ruissellement et des inondations ; qualité des eaux ; dégradation des phytosanitaires ; épuration des déchets et rétentions des nitrates et engrais, ...).

Le sol est essentiel pour le bon fonctionnement agronomique des écosystèmes. Il est un des piliers de l'agriculture durable.

Ce guide vous apporte quelques indicateurs pour mieux connaître vos sols et ainsi mieux les gérer. Il se base principalement sur des observations ou des mesures réalisées sur le Tarn. Il peut s'utiliser dans d'autres régions, moyennant parfois des adaptations.

Photo 1 - Ouverture rapide d'une petite fosse pédologique de 50 cm de profondeur avec une bêche.



ML. Cazenave - 2006

2. Méthodologie et caractérisation générale du milieu naturel

Les agriculteurs font de nombreuses observations sur le sol. Le but du document est d'aller plus loin dans l'observation.

2.1. Comment observer les sols ?

Le sol est un milieu complexe, qui a de multiples fonctions et qui peut être observé de multiples façons, en fonction des objectifs qu'on lui donne.

L'agriculteur, l'agronome peuvent utiliser divers outils, dont nous listons certains ci-après. L'observation du sol se mène comme une enquête policière : l'observateur recherche le maximum d'indices pour tenter de répondre à la question qu'il se pose. Plus les indices sont concordants, plus la réponse est précise. La recherche se fait sur le terrain, avec l'agriculteur, en laboratoire et avec l'aide de la bibliographie.

Voici ci-dessous quelques exemples de questions à se poser. L'ordre des questions n'est pas figé car elles sont interdépendantes.

Quelle est l'histoire du sol, sa pédogenèse ?

La pédogenèse explique les divers processus de formation des sols.

Les sols se forment en fonction du climat, de la roche-mère, de la topographie, des organismes vivants (dont l'homme) et du temps. Il est donc essentiel d'essayer de préciser ces divers facteurs :

- x **Le climat** : il y a 2 climats très différents dans le Tarn. Les Monts de Lacaune ont un climat montagnard, humide et froid, avec une tendance à la podzolisation. Le bassin Aquitain a un climat atlantique sub-méditerranéen : les sols ont tendance à se brunifier et à se lessiver.
- x **La roche-mère** : observer les éléments grossiers (cailloux), les affleurements environnants, la roche apparaissant en profondeur, la carte géologique et la carte des sols, les murs des vieilles maisons (qui sont souvent bâties avec les roches dures locales).
- x **La topographie** : situer le sol dans le paysage, crête, bas de pente, versant, vallée, plateau, ... préciser la pente (%).
- x **La végétation** : prairie, rotation des cultures, forêt.
- x **L'histoire ancienne** depuis plus de 1 000 ans : les labours, l'érosion aratoire, la profondeur du plus vieux labour (couleur), les colluvionnements anthropiques (qui sont confirmés par la présence de morceaux de briques à 50 ou 100 cm de profondeur),
- x **L'histoire culturelle récente** : le dernier labour, le travail du sol, la culture, le précédent.

Quelles sont les caractéristiques du sol et de son fonctionnement ?

Elles sont décrites pour chaque couche homogène (dénommée horizon) du profil du sol.

Les principales sont :

- x **La texture** : sable, limon, argile.
- x **Les éléments grossiers** (supérieurs à 2 mm) : pourcentage de ces éléments, type de roche, dimensions (cm), formes (angulaire ou arrondie).
- x **Le calcaire** total et actif : test à l'acide chlorhydrique.
- x **L'hydromorphie** : les signes de l'excès d'eau s'observent par des taches d'oxydation rouille et de réduction gris-verdâtre, par des concrétions noires ferro-manganiques. L'hydromorphie est-elle actuelle ou ancienne ?
- x **La profondeur du sol** : suivant l'enracinement, la compacité ou la porosité.

- x **La structure** : c'est l'architecture du sol. Elle dépend surtout du fonctionnement du sol. Elle peut-être grumeleuse, polyédrique angulaire ou subangulaire, lamellaire, massive.
- x **La compacité** : estimation de la résistance à la pénétration dans le sol d'une racine ou d'un couteau par exemple.
- x **La porosité** : ce sont les volumes de vide dans le sol : galeries de vers de terre, galeries racinaires et autres pores.
- x **La faune du sol** : vers de terre, carabes, millepattes,
- x **L'enracinement** : profondeur, densité, accidents (racines velues sur sol creux, ...).
- x **La matière organique** : couleur plus ou moins foncée du sol, vitesse de décomposition des résidus de récolte (3 mois ou 2 ans par exemple), mode d'enfouissement par le labour.
- x **Les limites entre les couches** de sol (horizons) Les limites diffuses sont favorables. Les limites nettes sont défavorables (semelles, fond de labour, ...), car elles freinent les échanges verticaux.

Les états de surface sont aussi décrits : ornières (abondance %, profondeur), croûtes de battance (abondance %, épaisseur [mm], présence de couches sédimentaires, porosité de la croûte), porosité en surface (nombre de pores par unité de surface), turricules de vers, résidus de récolte en surface (dimension et abondance %).

Les signes d'érosion hydrique : griffes, rigoles, ravines, atterrissements, dépôts (dimensions et abondance en % de la surface).

Quelles sont les conséquences agronomiques ?

- x L'évaluation du travail du sol.
- x Le fonctionnement biologique du sol.
- x L'intérêt du chaulage.
- x Le calcul de la réserve en eau utile.
- x L'intérêt d'un drainage existant ou éventuel.

Quelles sont les analyses ou observations complémentaires à effectuer ?

Les analyses de laboratoires permettent de préciser et de compléter de nombreux points. Le choix des analyses se diversifie pour les agriculteurs : analyses classiques physico-chimiques, analyses Herody, biomasse microbienne, analyses de plantes,

Les plantes « bio-indicatrice » et le comportement des cultures peuvent donner de très nombreuses informations sur le fonctionnement du sol.

Quelles sont les conclusions des observations réalisées ?

Après une description de sol, il est nécessaire d'écrire en quelques lignes les informations principales que vous en tirez : décrire le sol en une ligne ou deux, préciser les principaux atouts et contraintes observés.

2.2. Comment réaliser une fosse pour observer le sol ?

Le sol s'observe en décrivant son profil, à l'aide d'un sondage à la tarière ou en creusant une fosse.

La fosse est un complément très utile au sondage à la tarière. Elle permet d'observer de plus nombreuses caractéristiques du sol : structure, enracinement, activité biologique, éléments grossiers, porosité, roche-mère, circulation de l'eau, ...

1. Choisir une zone homogène de sol.

2. Choisir un emplacement non perturbé par l'homme :

- x s'écarter de 20 à 50 mètres au moins des bords de la parcelle pour éviter les tournières.
- x s'écarter d'anciens chemins, d'anciennes haies ou talus, d'anciennes rigoles ou dérayures comblées, des bords de ruisseaux (dépôts de terre lors des curages), ...
- x situer le profil de sol par rapport aux passages du tracteur... : par exemple profil sur "une trace de roue au semis" ou "hors trace de roue connue".

3. Pour observer l'enracinement sous les arbres, placer la fosse à environ un mètre des arbres adultes (un peu plus près dans les jeunes plantations).

4. Les dimensions de la fosse varient suivant l'objectif et suivant les moyens disponibles (manuels ou mécaniques, temps disponible).

Elles seront en général de :

- x longueur : 150 cm,
- x largeur : 75 cm,
- x profondeur :
 - 60-80 cm pour un profil cultural (observation du travail de sol),
 - jusque dans la roche-mère pour un profil pédologique (50 cm, 100 cm, ou plus).

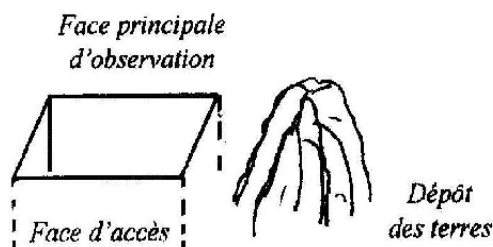
Un petit profil rapide à la bêche (P = 50 cm, L = 40 cm, I = 40 cm) permet de faire déjà beaucoup d'observations.

Une fosse n'ayant pas atteint la roche sous-jacente peut être complétée par un sondage à la tarière.



5. Placer la face d'observation :

- x face au soleil pour bénéficier d'un bon éclairage,
- x perpendiculaire au sens du travail du sol (pour un profil cultural) ou perpendiculaire au semis (pour observer l'enracinement),
- x parallèle à la pente sur les versants.



6. Pour éviter de tasser le sol :

- x mettre la terre d'un seul côté,
- x ne piétiner que la face d'accès.

7. Ne pas mélanger la terre arable (riche en matière organique) et celle du sous-sol, pour ne pas trop perturber le sol en le rebouchant.

2.3. La fiche de description du sol

Date	Description agronomique d'un sol	N°
------	----------------------------------	----

- ◆ Commune : ◆ Nom de l'exploitant :
 ◆ Nom de la parcelle : ◆ Observateur(s) :

- ◆ Réunion pédologique: ◆ Géologie :
 ◆ Relief : ◆ Pente (%) :

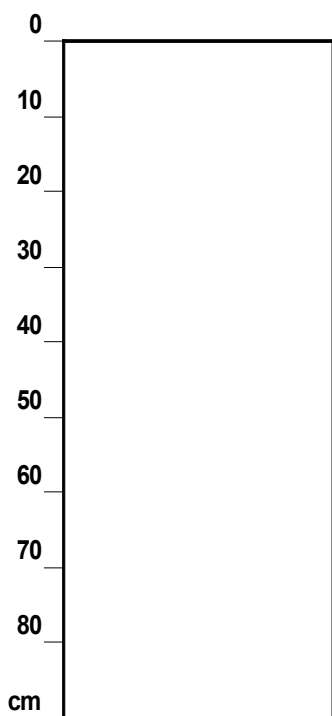
◆ **Occupation du sol** (culture et précédents) :

- Culture en place et stade végétatif :
- Itinéraires culturaux des années précédentes :
- 200...
- 200...
- 200...

◆ **État de surface** (à deux ou trois mètres autour de la fosse) :

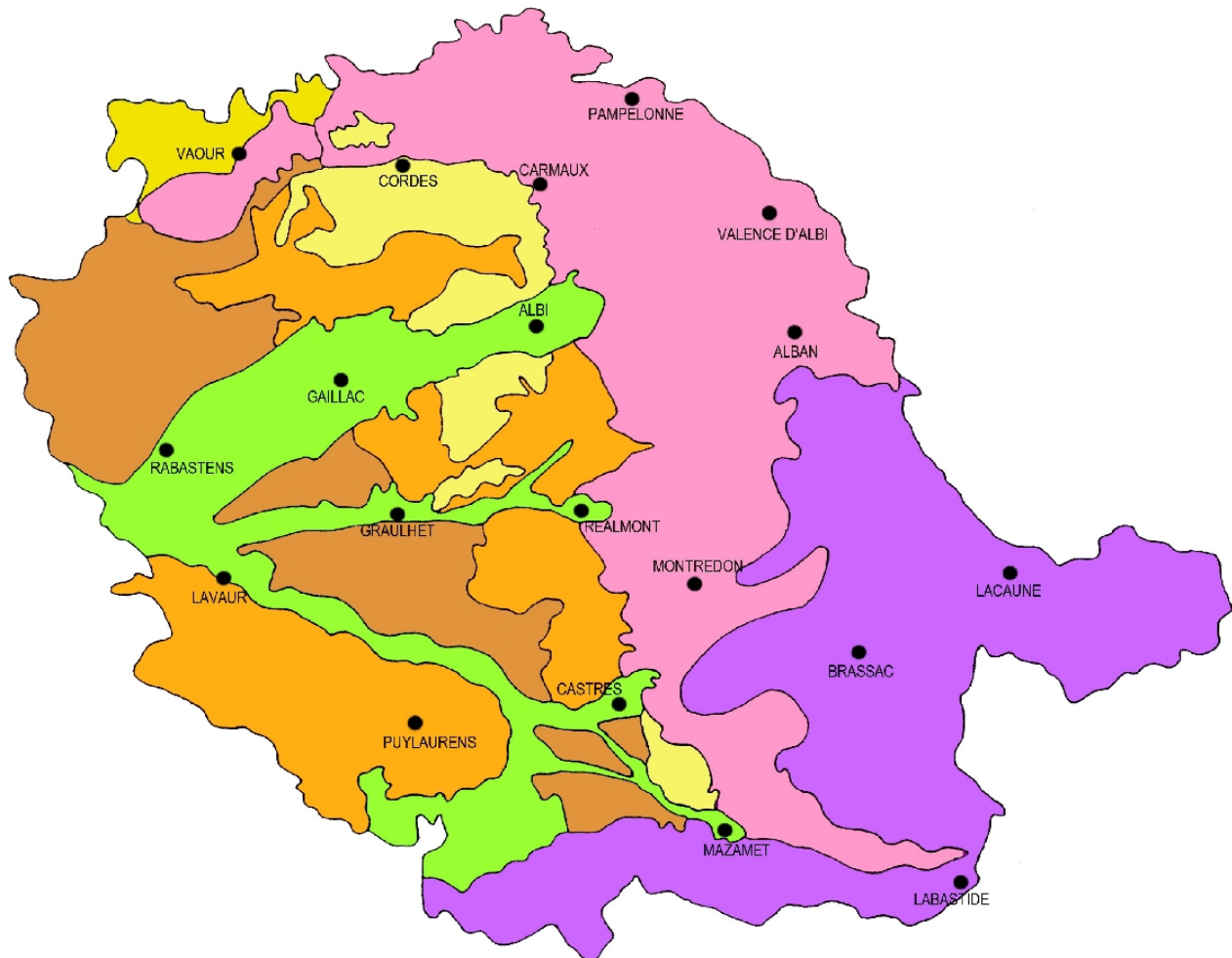
- Éléments grossiers en surface : % nature : ; dimensions (cm) :
- Résidus de récolte : % nature :
- Croûte de battance :
- Porosité en surface :
- Érosion hydrique :
- Turricules (nombre, dimension) :
- Autres observations (mousses, mouillères, ressuyage, ornières, adventices, ...)

- ◆ **Description du profil** : profondeur (cm), horizon pédologique, **texture**, **éléments grossiers** (% nature), réaction **HCl**, couleur, **hydromorphie**, taches et concrétions, **humidité**, **compacité**, **structure** type et taille, **galeries** dimensions et densités, **racines** densité et accidents, roche-mère, limite entre les horizons, limite de l'observation, divers.



- ◆ **Le sol** (synthèse et conclusions) :

2.4. Les régions pédologiques du Tarn



Le Piemont, type Ségala - La Grésigne

Massif central : UCS 27, 34, 35, 36.

- Sols bruns acides à bruns lessivés.
- Sols souvent limoneux, acides, parfois hydromorphes, plus ou moins caillouteux et plus ou moins profonds.
- Sols semblables mais rouges, sur les schistes et grès du Permien de la Grésigne - Les « Rougiers ».

Le Quercy

Massif central : UCS 29, 30, 31.

- Sols calcaires.
- Sols argilo-calcaires sur les molasses et sols superficiels sur calcaires durs sur les causses

Les plaines : alluvions des grandes vallées (basses plaines et terrasses)

Bassin Aquitain : UCS 1, 3, 9, 10, 11, 12, 25

- Sols souvent limoneux, acides, lessivés, hydromorphes, moyennement profonds, très secs en été et très humides en hiver : « les boubènes ».
- Sols parfois caillouteux (graves).
- Sols bruns parfois, peu ou pas lessivés et peu hydromorphes, rarement calcaires, sur la Basse Plaine.

Les coteaux argileux

Bassin Aquitain : UCS 8, 13, 15, 16

- Sols argilo-calcaires dominants : « les terreforts calcaires ».
- Sols argileux, calcaires, parfois calciques, moyennement profonds (80 cm), parfois profonds (colluvions, alluvions), parfois superficiels (ronds blancs,...)

Les coteaux hétérogènes

Bassin Aquitain : UCS 6, 12, 20, 21, 22

- Sols très hétérogènes , le plus souvent argileux, acides, parfois calcaires, souvent hydromorphes, plus ou moins caillouteux, battants.
- « Boulbènes de coteaux »,

Les plateaux calcaires

Bassin Aquitain : UCS 16, 24

- Sols calcaires caillouteux
- Sols souvent superficiels sur calcaires tendres (rendzines), parfois profonds (colluvion).

La Montagne

Massif Central : UCS 25, 38, 39, 40

- Sols bruns acides à sols podzoliques (tendance à la podzolisation).
- Sols limoneux, acides, plus ou moins caillouteux, à teneur élevée en matières organiques souvent peu actives biologiquement, suite au froid (altitude) et à l'acidité.

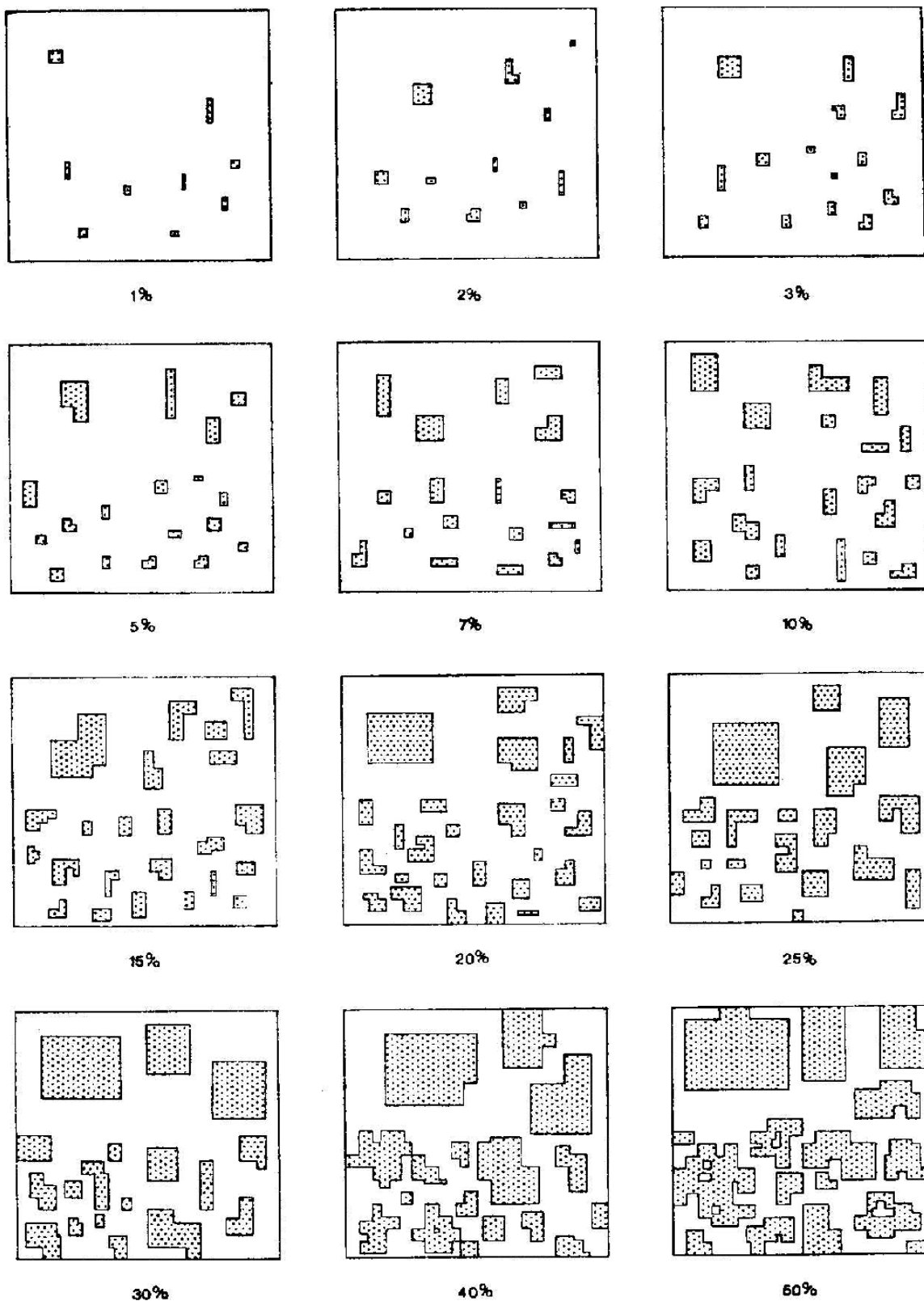
Extrait simplifié de la carte des grands ensembles morphopédologiques de Midi-Pyrénées, CRAMP, 1995-1/500 000^{ème}. **Les UCS indiqués sur ce document sont les Unités Cartographiques de Sol de la carte de 1995 .**

Voir les sites internet www.tarn.chambagri.fr ou www.midipyrenees.chambagri.fr

3. Description de certains éléments du sol et synthèses

3.1. L'estimation des rapports de surface

Ces schémas de référence servent à estimer le volume d'éléments grossiers (particules minérales supérieures à 2 mm de diamètre). Ils sont aussi utiles pour quantifier la croûte de battance (§3.2), les résidus végétaux en surface, ou les taches d'hydromorphie (§3.6).



ORSTOM, Paris, 1969, documentations techniques N°13.

3.2. Les états de surface

De très nombreuses observations peuvent être faites à la surface du sol. Ces observations sont très intéressantes. Elles sont souvent faciles à réaliser. Et elles fournissent de nombreuses indications relatives aux échanges vitaux sol/air ou à l'activité biologique des sols.

Ces observations se font à 2 ou 3 mètres autour du profil.
En voici quelques unes.

3.2.1. Les éléments grossiers (EG) (diamètre > 2 mm)

Pourcentage d'éléments grossiers en surface (voir § 3.1)	Signification agronomique	Classe de fertilité	
0 à 2 %	Sans éléments grossiers (EG)	Pas de contrainte	TE
2 à 5 %	Très peu d'éléments grossiers (EG)	Très peu de contraintes	TE
5 à 15 %	Peu d'éléments grossiers (EG)	Peu de contraintes	E
15 à 30 %	Caillouteux	Contraintes de réserve en eau, de travail du sol, de semis. Sols de très bonne qualité pour certaines cultures (vigne de qualité)	f
30 à 50 %	Très caillouteux		tf
> 50 %	Très très caillouteux		tff

Les éléments grossiers favorisent la portance du sol, l'aération du sol, les capacités d'infiltration. Ils ont un effet défavorable sur la fertilité agronomique en réduisant la réserve en eau du sol, en usant les outils de travail du sol, en favorisant le lessivage des éléments nutritifs (Ca, Mg, K, N, S),

3.2.2. Couverture du sol par les plantes ou par les résidus végétaux

Surface couverte par les plantes et les résidus végétaux	Signification sur la fertilité agronomique		
100,00%	Le sol est très bien protégé	Très très favorable	TTE
80 à 100 %	Le sol est bien protégé	Très favorable	TE
50 à 80 %	Le sol est assez bien protégé	Favorable	E
10 à 50 %	Le sol est modérément protégé	Moyen	Mf
< 10 %	Le sol est peu protégé	Peu favorable	f
0,00%	Le sol n'est pas protégé	Défavorable	tf

3.2.3. La battance

La battance est à interpréter suivant la pluviométrie survenue depuis le dernier travail du sol. On peut aussi distinguer la croûte structurale (une seule couche reprise en masse) et la croûte sédimentaire (plusieurs lits visibles causés par des dépôts successifs, suite à l'érosion hydrique).

La croûte de battance	Signification sur la fertilité agronomique	
Absence de croûte : moins de 10-30 % de la surface avec une fine croûte structurale (épaisseur < 1 mm) - 70 à 100 % de la surface avec une structure grumeleuse, sans battance.	Très bien – Non battant	TE
Fine croûte structurale (épaisseur < 1 mm) sur 30 à 70 % de la surface	Élevé – Peu battant	E
Fine croûte structurale (épaisseur < 1 mm) sur plus de 90 % de la surface	Moyenne – Un peu battant	M
Croûte structurale épaisse (2 à 5 mm) sur plus de 90 % de la surface	Faible – Battant	f
Croûte structurale très épaisse (5-10 mm) sur toute la surface	Très faible – Très battant	tf
Croûte sédimentaire sur 10 à 50 % de la surface	Très faible – Très battant	tf
Croûte sédimentaire sur toute la surface	Très très faible – très battant	tff

3.2.4. La porosité en surface (sur la surface avec battance)

(Hors surface fraîchement travaillée, ou surface couverte de structure grumeleuse)

Elle s'interprète en fonction de la pluviométrie survenue depuis le dernier travail du sol.

Ne compter que les pores arrondis d'origine biologique : hors fissures de sécheresse, hors fissuration par le travail du sol, hors fissuration par le gel.

Nbre de pores par cm ²	Nombre de pores (de Ø > 1 mm) pour 100cm ²	Nombre de pores équivalents pour 1 m ²	Signification sur la fertilité agronomique	
1 à 25	100 - 250	10 000 à 25 000	Excellent	TTE
0,5	50	5 000	Très élevée	TE
-	6 à 20	600 à 2 000	Elevée	E
-	2 à 5	200 à 500	Moyen à faible	M à f
-	1	100	faible	f
-	0	0	très faible	tf

A partir de 3 à 10 pores par cm² environ, la surface peut être considérée comme non battante. Elle est alors souvent couverte d'une structure grumeleuse.

3.2.5. L'érosion hydrique

Historique de l'érosion hydrique : l'absence d'érosion hydrique est le signe de la bonne santé (biologique) du sol en surface. Elle est très liée à la battance

L'érosion hydrique varie suivant les sols (et leur « bonne santé »), mais aussi en fonction de la pente, des cultures pratiquées, des orages, Elle s'observe lors de la description du sol et sur une longue période (historique)

Description de l'érosion hydrique diffuse et linéaire	Signification sur la fertilité agronomique	
Absence de ruissellement	Excellent	TTE
Ruissellement d'eau claire uniquement	Très favorable	TE
Ruissellement d'eau trouble : érosion diffuse	Favorable, à améliorer	E
Présence de quelques griffes (profondeur P < 5 cm), parfois, pas chaque année.	Favorable, à améliorer	E/ M
Présence de griffes (profondeur P < 5 cm), régulièrement (tous les 2 à 4 ans)	Érosion faible à moyenne	M / f
Présence de rigoles peu profondes (P = 5-10 cm), régulièrement (tous les 2 à 4 ans)	Érosion moyenne Modifier les pratiques culturales	f
Présence de rigoles profondes (P = 10-30 cm), régulièrement (tous les 2 à 4 ans)	Érosion forte importante. Il est très important de modifier les pratiques culturales	tf
Présence de ravines (P > 30 cm)	Érosion grave	tff

3.2.6. L'action des vers de terre

Les vers de terre ont de nombreux effets sur les états de surface. Ils créent de la **porosité** de surface par leurs galeries qui débouchent jusqu'à la surface du sol. Ils produisent des **turricules** par leurs déjections en surface. Ils construisent une **structure grumeleuse** en surface grâce à leurs déjections. Ils **fissent** le sol lorsqu'ils circulent juste sous la surface du sol. Ils fabriquent des **resserres** au dessus de leurs galeries. Toutes ces manifestations peuvent être quantifiées. Elles témoignent de l'importance de l'activité lombricienne (masse de vers de terre, taille des vers de terre). Ce sont de très bons indicateurs de l'activité biologique du sol.

Les **resserres** sont des petits monticules de débris végétaux de 1 à 5 cm de hauteur environ, que les vers de terre rassemblent à la surface du sol au-dessus de leurs galeries, pendant la nuit. Les résidus végétaux leur servent de nourriture qu'ils enfouissent ainsi progressivement dans le sol.

Importance des turricules de vers de terre	Signification sur la fertilité agronomique	
50 à 100 % de la surface recouverte de turricules et de structures grumeleuses	Activité lombricienne très élevée	TE
10 turricules par m ²	Activité élevée	E
1 turricule par m ²	Activité moyenne	M
1 turricule pour 10 m ²	Activité faible	f
Aucun turricule observé	Activité très faible	tf
L'activité lombricienne (des vers de terre), et notamment la fabrication des turricules, varie en fonction de la qualité biologique du sol, en fonction du tassement et en fonction des saisons. Les vers de terre ne sont pas actifs par temps froid ou sur sols sec. Si le sol présente des cavités (labour creux par exemple), une partie des turricules se feront dans les cavités du sol, et non pas seulement à la surface du sol.		

Hauteur des turricules et taille des déjections	Signification sur la fertilité agronomique	
5 cm, grands turricules	Activité de gros vers de terre. Présence de gros agrégats (ou déjections) de 5 à 10 mm de diamètre.	E - Elevé
3 cm, turricules moyens	Activité de vers de terre moyens à gros	M - Moyenne
1 cm, turricules petits	Activité de vers de terre petits à moyens. Présence de petits agrégats (ou déjections) de 1 à 3 mm de diamètre	f - faible

3.2.7. La profondeur des ornières et la portance des sols

La profondeur des ornières (laissées par le passage du tracteur)	Signification agronomique		
	0 – 1 cm	Très bien	Sol très portant - Situation très favorable
1 – 3 cm	Normal	Sol portant - Situation favorable	E
3 – 5 cm	Faible	Sol moyennement portant suite au travail du sol ou à l'humidité du sol - Situation moyenne	M
5 – 10 cm	Moyenne	Situation défavorable à très défavorable Intervenir sur un sol ressuyé Drainage souvent utile	M
10 – 20 cm	Elevée		f
20 – 40 cm	Très élevée		tf

Le passage des tracteurs et des engins a souvent des effets défavorables sur les sols. La profondeur des ornières varie selon la capacité du sol à porter des engins (portance) et selon le poids des engins. La portance varie en fonction de l'humidité du sol et de la solidité de la structure du sol. Les ornières sont un indicateur du compactage réalisé. Le non- labour et le semis direct augmentent la portance des sols. Les mouillères, les sols plus hydromorphes de la parcelle ont des ornières plus profondes.

3.2.8. Les mousses et les algues

Des mousses et algues abondantes présentes à la surface du sol ne sont pas un signe favorable pour la fertilité du sol : risques de battance, d'excès d'eau en surface, de minéralisation du sol, d'activité biologique faible ou ralentie (d'excès d'azote ?), (d'excès d'acidité ?).

La mousse indique la pauvreté (Bouché M.). **Les algues** indiquent l'absence d'activité biologique (les lombriciens mangent activement celles-ci... et elles ne s'observent alors pas, quoique présentes mais broutées (Bouché M.)).

3.2.9. Autres observations

D'autres observations de surface sont possibles comme par exemple : l'importance des mouillères, la vitesse de ressuyage des sols, la présence d'algues ou de mousses en surface, la profondeur des ornières, les plantes bioindicatrices (cf. Ducerf dans la bibliographie).

Photo 2. : Sol très battant sans pore en surface ni turricule
Érosion diffuse.



Photo 3 : Un turricule de quelques centimètres de haut.



Photo 4. : Les vers de terre se promènent sous la croûte de battance et ainsi la fissure (maïs, juin 2010)



Photo 5 : Absence de battance 100 % de structure grumeleuse en surface grâce aux turricules de vers de terre



Photo M.J. : Blazian 2007 parcelle en semis direct pour le maïs

Photo 6. : Turricule blanchâtre dans les boubènes : les vers de terre remontent en surface de la terre blanchâtre du sous-sol (mars 2012)



Photo 7 : Resserres constituées de débris de cannes de tournesol accumulés par de gros vers anéciques (avril 2009)



Photo 8. : Mousse très abondante sur un chaume de blé



3.3. La texture

La texture, c'est la caractérisation de la dimension des particules minérales du sol.

On distingue :

- Les éléments grossiers (diamètre des particules > 2 mm) : cailloux, pierres, ... (cf. § 3.1 pour les estimer).
- La terre fine (diamètre < 2 mm) : sable, limon, argile.

Pour donner **le nom de la classe texturale** de la terre fine, on parle par exemple de sols argileux, limono-argileux, argilo-caillouteux, limoneux, limono-sableux ou limono-sablo-argileux. Le premier nom correspond à la classe texturale dominante : un sol limono-argileux contient plus de limons que d'argiles.

Evaluation empirique (au doigté) lorsque le sol est plastique (humide à frais) :

Les sables (> 0,050 mm, > 50 µm)

- A l'état humide (humecter la terre), le toucher est rugueux grossier (pour les sables grossiers) ou fin (pour les sables fins).
- Aucune rugosité entre les doigts : moins de 15 % (?) de sable.
- Forte rugosité, grains de sable visibles à l'oeil nu, effritement rapide de l'échantillon entre les doigts : plus de 50 % (?) de sable.

Les limons (entre 2 et 50 µm)

- Toucher doux, soyeux, comme du talc.

Les argiles (inférieures à 2 µm [0,002 mm])

- Toucher collant.
- Plus de 17-20 % (?) d'argile : il est possible de faire un boudin.
- Plus de 30 % (?) d'argile : il est possible de faire un anneau avec le boudin. La terre colle fortement aux doigts. Le sol forme une plaquette, souvent brillante, à la surface de l'un des doigts sur lequel il colle.

3.4. Le calcaire dans le sol (CaCO₃)

Test de terrain avec HCl : acide chlorhydrique **du commerce à 30% environ (acide concentré)**, et dilué au 1/3.

A l'aide d'une pissette, déposer des gouttes d'acide dilué sur une motte de terre, et observer la réaction (dégagement du gaz CO₂ en bulles).

Code	Intensité	Test HCl	Signification agronomique
0	Nulle	Aucune réaction	Pas de calcaire dans le sol. Sol acide. pH eau < 7 (de 4 à 6,5 environ). Chaulage souvent obligatoire.
0,5	Très faible	Réaction très faible, décelable à l'oreille ou avec quelques bulles localisées.	Très peu de calcaire total (< 2 % ?). Sol neutre. pH autour de 7 à 7,5.
1	Faible	Une à deux couches de petites bulles. Réaction faible.	Un peu de calcaire total (2 à 10 % ?). Sol peu calcaire. pH eau autour de 7,5 / 8.
2	Moyen	Plusieurs couches de bulles. Réaction moyenne.	Sol modérément calcaire (10 à 25 % de CaCO ₃ total ?).
3	Forte	Nombreuses couches de bulles, en général salies par des éléments de terre fine. Réaction vive.	Sol très calcaire (25 à 55 % de CaCO ₃ total ?). pH eau de 8,3 à 8,5. Présence importante de calcaire actif. Risques de chlorose (manque de fer assimilable).
4	Très forte	Nombreuses couches de bulles Réaction violente, très vive. Parfois de très grosses bulles.	Sol très calcaire (> 55 % de CaCO ₃ total ?). pH eau de 8,3 à 8,5. Présence très importante de calcaire actif. Risques de chlorose élevés.

3.5. La couleur du sol

La couleur plus foncée est généralement due à la matière organique. Elle nous renseigne par exemple sur le plus profond labour fait il y a 20 ou 30 ans. Une limite diffuse entre l'ancien labour et le sous-sol indique souvent une bonne activité des vers de terre qui diffusent la matière organique en profondeur par leurs nombreux turricules dans le sol.

La surface des agrégats peut être de couleur plus foncée que la masse du sol suite à une diffusion en profondeur des matières organiques. Des revêtements organiques recouvrent alors les éléments structuraux du sol.

Les couleurs plus blanches sont souvent associées au calcaire.

Le **brun** correspond à la brunification des sols qui est la pédogenèse commune sous nos climats tempérés (formation d'hydroxyde de fer).

La couleur **rouge** est due à l'oxydation du fer. Dans le Tarn, elle est héritée de sols anciens formés au Tertiaire sous climat plus chaud (tropical). Elle peut aussi être héritée de la roche-mère comme dans le cas des « rougiers » de la Grésigne.

Photo 9 - La couleur hétérogène de ces sols indique ici, qu'ils ont subi une forte érosion : la couleur de la roche-mère se devine en observant la surface des sols.



3.6. L'hydromorphie

Ce sont les marques de l'excès d'eau temporaire ou permanent dans les sols. Il faut décrire la densité des traces d'hydromorphie, leur profondeur d'apparition et éventuellement leur intensité.

- Décrire **les taches de rouille** (fer ferrique oxydé Fe^{+++})
- Décrire **les taches plus floues de décoloration** (taches grises / verdâtres suite à la disparition du fer ou à la présence de fer ferreux réduit Fe^{++})
- **Les taches d'oxydo-réductions** correspondent à une juxtaposition de taches rouilles et de taches grises verdâtres décolorées.
- Prendre en compte **les concrétions noires ferromanganiques**.

Description de l'hydromorphie	Signification agronomique	
Absence de taches rouilles ou grises ou de concrétions noires ferromanganiques sur l'ensemble du profil.	Très bon drainage naturel des sols.	TE
Taches d'oxydo-réduction de densité moyenne (10 à 30 %) de la surface) en profondeur (à plus de 80 cm)	Sol frais en profondeur. Peu ou pas de contraintes agronomiques.	E
Taches d'oxydo-réduction de densité faible (< 10 % de la surface) apparaissant en dessous de 40 cm de profondeur.	Sol modérément hydromorphe. Contraintes agronomiques modérées, ressuyage plus lent, léger excès d'eau pour certaines cultures (ail, ...). Drainage utile pour certaines cultures	M
Quelques taches de rouille (< 5-10 %) dans les horizons de surface (0 – 40 cm).	Sol modérément hydromorphe. Drainage nécessaire si cultures exigeantes. Aptitudes culturales plus faibles si les cultures sont très sensibles à l'hydromorphie (ail, ...).	f
Taches d'oxydo-réduction d'intensité moyenne (10-30 %) dans les horizons de surface (0-40 cm).	Sol hydromorphe. Drainage souvent utile.	f
Plus de 30 % de taches d'oxydo-réduction dans les horizons de surface (0-40 cm).	Sol très hydromorphe. Drainage très utile ou nécessaire pour la plupart des cultures.	tf
Couleur grise ou gris-bleu-vert continue d'un horizon.	Présence d' une nappe d'eau permanente dans cet horizon, même en été (nappe alluviale par exemple).	tff

3.7. L'état d'humidité

C'est une appréciation portée à l'aide de sensations tactiles mais aussi à l'aide d'autres perceptions telles que le comportement mécanique : un échantillon plastique et malléable paraît humide ou plus, un échantillon friable ou fragile semble seulement "frais" ou sec, un sable "bouillant" est sec.

Description :

Cinq modalités sont reconnues par le glossaire STIPA 1982 :

- **Sec** : pas d'humidité décelable.
- **Frais**.
- **Humide** : échantillon malléable, humidité voisine de la capacité au champ (le sol est ressuyé) ; absence d'eau libre.
- **Très humide** : début d'eau libre (eau suintante, brillante).
- **Noyé** : présence d'eau libre, saturant tout ou partie de la porosité (eau gouttante et remplissant les pores).

Les modalités «frais» et «très humide» sont des appréciations intermédiaires.

Intérêts :

L'appréciation de l'humidité est indispensable si l'on veut interpréter la mesure de la **compacité du sol**. Des différences d'humidité entre les horizons sont le plus souvent **un indicateur du drainage interne du sol**. Par exemple, un fond de labour «très humide» et une semelle de labour «frais à sec» confirment un mauvais ressuyage du sol.

3.8. Le test du couteau pour estimer la compacité

(Tester la compacité sur un sol frais, ni trop humide, ni trop sec (cf § 3.7))

Type de compacité	Test du couteau	Signification sur la fertilité agronomique	
Meuble	Le couteau pénètre facilement. Le matériau n'est pas cohérent.	Risque de sol trop creux, mal rappuyé, avec des racines velues qui adhèrent mal au sol.	M à TE
Peu compact	Un léger effort est nécessaire pour enfoncer le couteau jusqu'à la garde.	Compacité faible, normale. Bonne pénétration des racines Sol peu portant sauf s'il y a une bonne structuration biologique.	TE
Moyennement compact	Un effort important est nécessaire pour enfoncer le couteau jusqu'à la garde.	Bonne pénétration des racines si le sol est poreux. Sol portant.	M à TE
Compact	Le couteau ne pénètre pas complètement, même sous un effort important.	Sol trop compact Les racines vont pénétrer plus difficilement dans le sol (sauf si le sol est très poreux ?) L'eau percole plus lentement Risque d'hydromorphie	f à tf
Très compact	Le couteau ne peut pénétrer que de quelques millimètres dans le sol.	Horizon très compact empêchant l'eau et les racines de pénétrer : excès d'eau en hiver et sécheresse en été.	tff

Remarque : il y a souvent confusion entre les adjectifs «massif» (relatif à la structure) et « compact ». Un horizon massif, qui présente donc une structure continue (pas d'agrégats), peut n'opposer qu'une faible résistance à la pénétration des outils




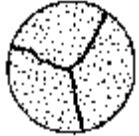
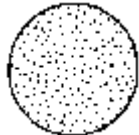

Le pénétromètre. Il est aussi possible de tester la compacité en enfonçant verticalement une tige dans le sol. Le sol doit être sans « cailloux » et frais (ni trop sec, ni trop humide) pour permettre une bonne interprétation agronomique de la compacité. La bêche ou la tarière pédologique permettent aussi d'observer la compacité des sols.

3.9. La structure

3.9.1. Le type de structure

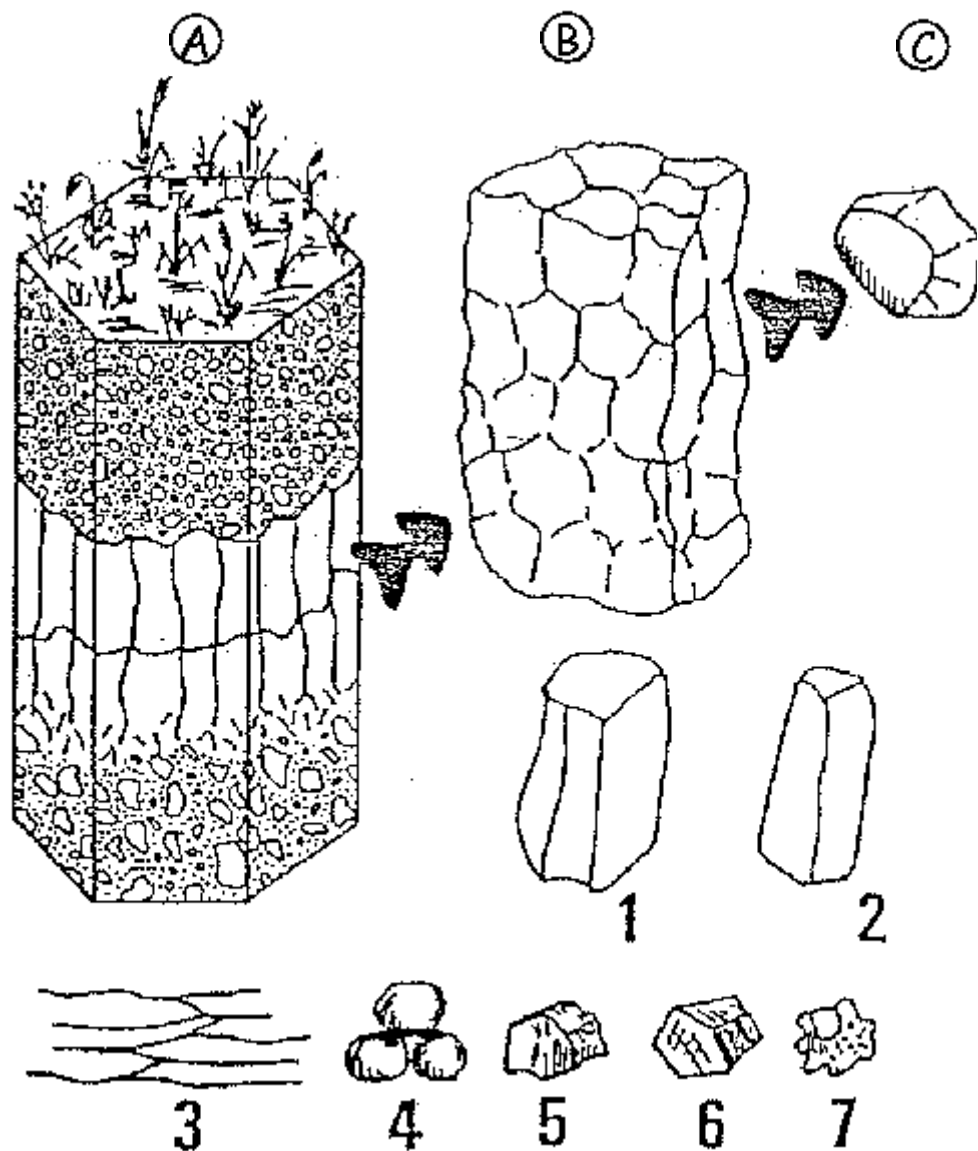
La structure, c'est l'architecture du sol, le mode d'agrégation de ses composants physiques, biologiques et chimiques.

C'est une caractéristique essentielle du sol qui exprime son mode de fonctionnement et qui détermine fortement ses qualités agronomiques.

Type		Signification sur la fertilité agronomique	
Grumeleux		TE - Très bien	Structuration biologique par les fèces lombriciennes, par les racines,...
Mixte Grumeleux à polyédrique		E / TE - Elevé à très Elevé	Début de structuration biologique
Polyédrique angulaire		E - Elevé	Structuration par la fissuration des argiles
Polyédrique subangulaire		E - Elevé	Structuration par la fissuration des argiles et des limons
Massive fissurée		f - faible	Compactage ou reprise en masse. Compactage partiel ou début de restructuration.
Massive non fissurée (cassure nette de la motte ou de l'élément structural)		tf - très faible	Disparition des agrégats suite à un compactage intense ou à une reprise en masse
Lamellaire		tf - très faible	Compactage intense, croûte de battance sédimentaire.

Principaux types de structure
(d'après Baize, Jabiol – 1995, Soil Survey Manual – 1951, ...)

Autre structure que l'on peut trouver dans l'horizon travaillé : des mottes, plus ou moins poreuses, plus ou moins fissurées, sans sous-structure grumeleuse ou polyédrique observable. Décrire la taille de la motte et sa porosité interne, par exemple un pore ou une fissure tous les x mm. La fertilité agronomique est fonction de la porosité interne de la motte.



Différentes échelles de structuration du sol :

Ⓐ Structuration du profil de sol

Ⓑ Élément de la sur-structure

Ⓒ Élément de la structure

Types d'éléments structuraux Ⓒ

1. prismatique
2. colonnaire
3. en plaquettes (feuilletée)
4. grenu
5. polyédrique subangulaire
6. polyédrique angulaire
7. grumeleux.

(d'après Boulaïne, INAPG, 1976)

3.9.2. La taille de la structure

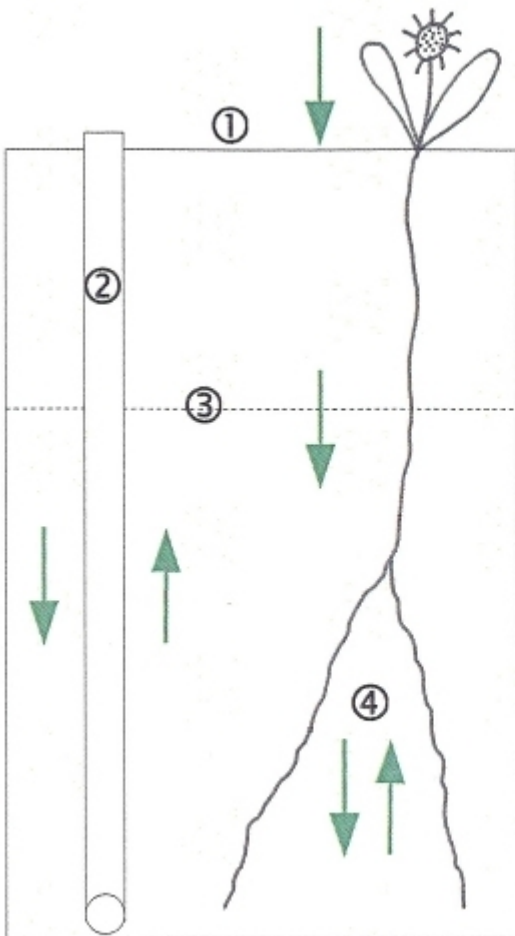
Type et dimension	Signification sur la fertilité agronomique	
Grumeleuse 3 à 10 mm	TE - Très Elevé	Les gros vers de terre anéciques (1) font de gros grumeaux
Polyédrique 2 à 5 mm	E - Elevé	Structuration fine du sol
Polyédrique 5 à 10 mm	M - Moyenne	Structuration moyenne
Polyédrique 10 à 30 mm	f - faible	Structuration grossière
Polyédrique 30 à 100 mm	tf - très faible	Présence de mottes grossières à structure interne massive
Massive	tff - très très faible	Horizon très peu fissuré, peu perméable pour l'eau, l'air et les racines

Photo 10 : Etat de surface : structure grumeleuse, turricules, fissuration du sol, pores et galeries suite, principalement, à l'activité des vers anéciques.



(1) « Les anéciques » sont des vers de terre de taille assez grosse (15 cm de long) à très grosses (100 cm) qui vivent « verticalement » . leurs galeries verticales leur permettent de s'alimenter en surface (feuilles, cadavres, bouses,...) et de s'abriter en profondeur (humidité, températures tempérées). Ils représentent 80% en masse des lombriciens,... et 60 % des animaux terrestres (M.B. Bouché).

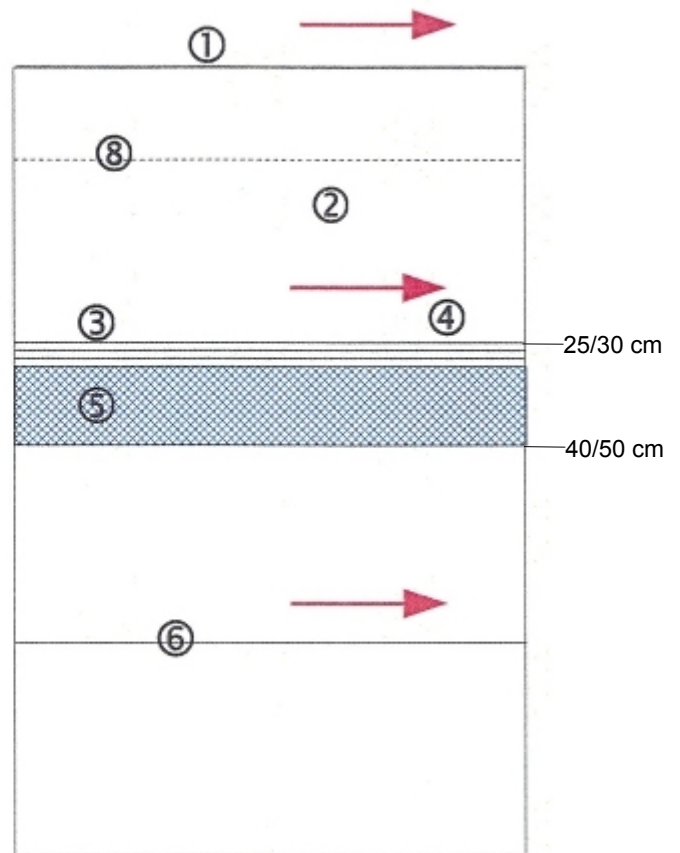
3.9.3. Le fonctionnement vertical du sol est à favoriser



Sol à fonctionnement vertical

Favorable

- ① Absence de croûte de battance.
- ② Galeries de vers de terre de 10 mm de diamètre sur 1 à 2 mètres de profondeur.
- ③ Fond du labour invisible : diffusion progressive de la matière organique en profondeur.
- ④ Des racines verticales ou obliques



Sol à fonctionnement horizontal

Défavorable

- ① **Croûte de battance** qui favorise les ruissellements de surface.
- ② **Absence de galeries de vers.**
- ③ **Limite nette** entre l'horizon travaillé et l'horizon sous-jacent non travaillé (couleur, structure, ...) ce qui favorise les écoulements d'eau hypodermique.
- ④ **Semelle de labour** à structure feuilletée.
- ⑤ **Semelle de labour** à structure massive.
- ⑥ **Changement brutal** des horizons du sol : par exemple, du limons à une argile compacte, ou apparition d'une dalle rocheuse.
- ⑧ **Discontinuité structurale** : par exemple, un horizon superficiel travaillé sur un horizon poreux, structuré naturellement (galeries, racines, ...).

3.10. Les galeries

3.10.1. Le diamètre maximal des galeries de vers de terre ou des racines

Le diamètre des galeries de vers de terre est un très bon indicateur du fonctionnement biologique du sol.

Diamètre (mm)	Origine	Signification agronomique
10 - 13	Galerie formée par de très gros vers anéciques	Très bonne activité lombricienne. Présence de gros vers de terre âgés de 10 ou 20 ans probablement (Bouché 2009).
5 - 10	Galerie formée par de gros vers anéciques	Bonne activité lombricienne.
3 - 5	Galerie formée par des vers anéciques de taille moyenne	Moyenne activité lombricienne, à développer. Absence de très gros vers adultes.
1 - 3	Galerie formée par des petits vers (anéciques juvéniles ou endogés âgés)	Faible activité lombricienne. Petites galeries créées surtout par des petits vers juvéniles.
0,5 à 1	Galerias réalisées par les vers ou les racines	Très faible activité lombricienne. Petites galeries créées par les petits vers ou par les fines racines

Photo 11 : Galerie de 12 mm de diamètre fait par un gros vers anécique de 10 ou 20 ans probablement (Bouché 2009). Photo de Y. Ferrié.



Photo 12 : Galerias et taches brunes-noires dans ce sol de couleur brun rougeâtre. Les vers de terre, par leurs déjections, diffusent progressivement la matière organique en profondeur.



3.10.2. La densité des galeries

3.10.2.1. Densité des grosses galeries de vers de terre (diamètre de 5 à 13 mm)

La densité des galeries de vers est un bon indicateur de la quantité de vers de terre présents (biomasse lombricienne) et donc du fonctionnement biologique du sol.

Densité	Signification sur la fertilité agronomique		
Une grosse galerie tous les 3 à 5 cm (soit 625 galeries par m ²)			TE
Une grosse galerie tous les 5 à 10 cm (soit 178 galeries par m ²)	Continuer à favoriser cette bonne activité.	Activité lombricienne Elevée	E
Une grosse galerie tous les 20 à 40 cm (soit 11 galeries par m ²)	Activité lombricienne à améliorer.	Moyenne activité lombricienne	M
Une grosse galerie tous les 50 à 100 cm (soit 2 galeries par m ²)	Continuer à favoriser le développement des vers de terre	faible activité lombricienne	f
Pas de grosses galeries	Absence de gros vers de terre.	très faible activité lombricienne	tf

3.10.2.2. Densité des petites galeries (diamètre de 0,2 à 1 mm)

La densité des petites galeries est un autre indicateur de la qualité structurale du sol.

Densité		Signification sur la fertilité agronomique	
(nombre de galeries sur 1 cm ²)	(nombre de galeries sur 100 cm ²)		
> 10	> 1000	Excellente	TTE
5 à 10	500 à 1000	Très bien	TE
2,5 à 5	250 à 500	Bien	E
0,75 à 2,5	75 à 250	Moyenne	M
0,25 – 0,75	25 à 75	Faible	f
< 0,25	< 25	Très faible	tf

Des pores de 0,1 cm de diamètre sont visibles à l'oeil nu (Revel JC, 2008, ENSAT, communication orale).

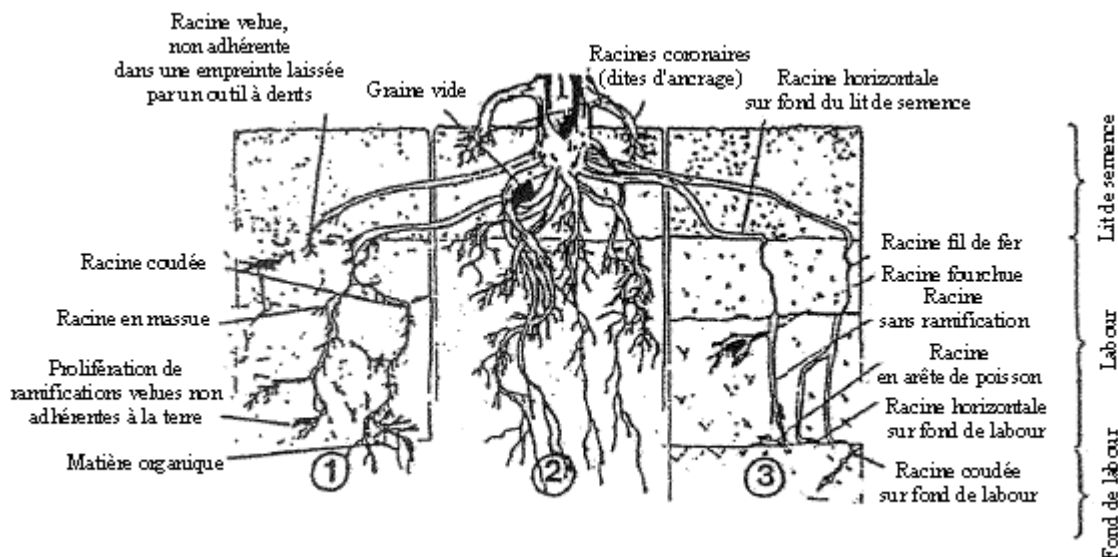


Très forte activité lombricienne avec une grosse galerie tous les 3 à 5 cm (photo MJ. Blazian, 2008).

3.11. Les racines

3.11.1. La forme des racines

La forme des racines est un très bon indicateur de la structure du sol.



① Zone creuse

Causes possibles :

- reprise en conditions humides (trace d'outil, lissage),
- horizon travaillé non rattaché (cas d'un labour de printemps),
- creux sur fond de labour (présence de matière organique).

② Zone normale

Bonne structure et bonne préparation du sol.

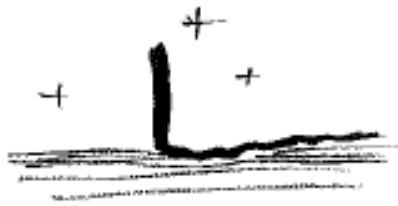
Colonisation dense grâce à une ramification abondante des racines.

- effet très favorable sur l'alimentation hydrique et la nutrition minérale,
- utilisation maximale des engrais,
- peu de risques de sécheresse.

③ Zone tassée

Causes possibles :

- horizon dur et compact,
- façons superficielles et conditions humides,
- passages fréquents d'outils lourds,
- bande de labour non reprise,
- récolte du précédent en conditions humides,
- fonde raie de labour tassé par la roue.



Racine coudée au niveau d'une semelle



Racine fil de fer dans une motte compactée



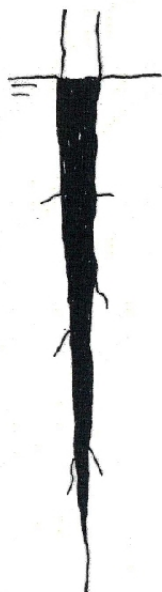
Racines en arrête de poisson à la surface des structures compactées



Racines velues dans les creux

Observation du pivot du tournesol et du colza :

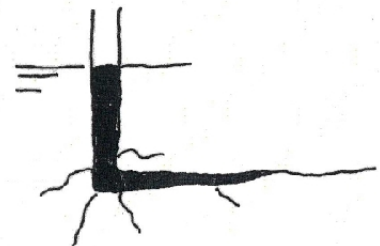
- Des pivots droits, fourchus, obliques et coudés à l'équerre
- Des pivots de 2 cm à 20 cm de long ou plus. Pour le colza, un pivot fourchu est normal.



① Pivot droit



② Pivot fourchu oblique



③ Pivot coudé

3.11.2. La densité des racines

C'est aussi un très bon indicateur de la structure du sol.

Nombre de racines sur 4 cm ²	Nombre de racines sur 100 cm ²	Signification sur la fertilité agronomique	
> 20	> 500	Densité excellente	TTE
10 à 20	205 à 500	Très élevée Les éléments fertilisants du sol N, P, K, Ca, Mg, oligoéléments, sont très bien valorisés	TE
5 à 10	125 à 250	Élevée	E
5	125	Moyenne C'est un minimum pour une bonne valorisation de l'azote du sol	M
2 à 5	50 à 125	faible	f
1	25	Très faible L'azote du sol est très mal valorisé	tf

3.12. La limite entre les horizons, notamment entre l'horizon A de surface et l'horizon sous jacent

Épaisseur	Signification sur la fertilité agronomique	
> 20 cm, diffuse	Très très élevée	TTE
10 à 20 cm	Très élevée	TE
5 à 10	Élevée	E
1 à 5 cm	Moyenne	M
1 cm	faible	f

3.13. vitesse de dégradation des résidus de récolte

Les résidus de récolte se dégradent plus vite lorsqu'ils sont mélangés à la surface du sol ou recouverts par une végétation dense (couverts végétaux ou cultures). La dégradation est plus rapide en conditions chaudes et humides. Elle est fortement ralentie en conditions sèches ou très rapides.

L'enfouissement profond (20-30 cm) des résidus de récolte par le labour réduit leur vitesse de décomposition surtout si le sol est asphyxié (compactage) et/ou hydromorphe. Plus les résidus de récolte se décomposent vite, plus le sol est actif biologiquement. Le tableau ci-dessous doit être interprété avec prudence vu la grande diversité des facteurs en jeu.



Diffusion de la matière organique (couleur brun foncé) sous le labour grâce à la forte activité lombricienne

Vitesse de décomposition ou d'enfouissement des résidus de récolte	Signification sur la fertilité agronomique	
	Pour les résidus mélangés au sol ou couverts d'une végétation	Pour les résidus libres à la surface du sol
Pailles de céréales fortement dégradés après moins de 3 mois. Disparition de 50 % des pailles de surface après moins de 2 mois	Très Elevée (TE)	Excellent (TTE)
Paille de céréales fortement dégradés après 3 à 6 mois	Elevée (E)	Très Elevée (TE)
Rafles de maïs de couleur brune au centre, en cours de décomposition après 6 mois	Elevée à Moyenne (E/M)	
Rafles de maïs peu décomposées après 6 mois	Moyenne (M)	Normal ?
Fumier ou pailles présents après 1 à 2 ans	Activité biologique faible (f)	
Rafles de maïs peu décomposées après 1 an	Activité biologique faible (f)	
Cannes de maïs après 3 ans	Enfouissement profond par le labour. Sol qui "roupille" !	
Fumier après 5 ans	Activité biologique très faible (f)	

3.14. Les conclusions sur le sol

Il est très important de terminer l'observation du sols par une conclusion synthétique qui résume les principales caractéristiques observées. Ceci évite de se perdre dans trop de détails. Cette conclusion peut se faire sur différents thèmes :

Les caractéristiques du sol :

- Qualité structurale.
- Texture, cailloux (éléments grossiers).
- Calcaire.
- Activité biologique.
- Profondeur, enracinement, RU.

Le fonctionnement du sol (pédogenèse) : calcaire, brunifié, lessivé, podzolisé, hydromorphe, jeune ou vieux.

Les choix agronomiques :

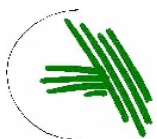
- Le travail du sol : choix du matériel, profondeur de travail, période de travail.
- Les rotations : choix des cultures.
- La gestion des intrants : la fertilisation, les apports d'eau, les phytosanitaires.
- Les aménagements fonciers utiles : drainage, irrigation.

4. Annexes



La couleur foncée des vers de terre anécique leur permet, la nuit, de prélever en surface la litière. Cette couleur les protège des prédateurs lorsqu'ils viennent « tirer » vers le sol profond cette matière nutritive (Bouché MB. 2007).

Mettre, sur un tableau, tous les résultats des analyses faites depuis 10, 20 ans , ou plus. Les regrouper par parcelle.



**CHAMBRE
D'AGRICULTURE
TARN**

Tableau des analyses de terre de l'exploitation

Nom de l'agriculteur :

Commune :

Commune	Parcelle	Culture ou précédent	N°	Laboratoire	Date	Prof cm	Sol	Eléments grossiers (cailloux) %	Argile	Mat. Organ.	CaCO3 total	pH Eau	P205 Olsen	P205 JH	P205 DYER	K20 ECH	Mg0 ECH	Cu EDTA	Zn EDTA	Bore EAU		
									g/kg				mg/kg				mg/kg					

COMMENT FAIRE DES ANALYSES DE TERRE

Quand prélever ?

La 1^{ère} fois, n'importe quand, en respectant un délai de 2 mois après un apport d'engrais minéral (contenant P, K, Mg, oligo-éléments), et 4 mois après un amendement calcique ou organique.

La période de prélèvement idéale correspond au développement des premières racines de la culture :

- au semis général,
- ou avant le début du tallage des céréales,
- ou au stade verdissement de la prairie (février ou mars selon la région).

Les fois suivantes : si possible **le même mois que la dernière analyse et sur le même précédent** (par exemple 15 jours ou 1 mois après la récolte de la céréale à paille).

Comment prélever ?

Le matériel :

- Prendre un **sac plastique neuf** (sac de congélation).
- Prendre une gouge (tarière tubulaire, matériel le plus efficace), une **tarière** ou une bêche et un **seau propre**.

Où prélever ?

La 1^{ère} fois :

- Repérer une **zone de sol homogène** (ne pas mélanger des sols différents). Pour caractériser une parcelle, on choisit la zone homogène la plus importante en surface ; ou à égalité de surface, la moins fertile a priori.
- Éliminer les endroits anormaux : bordures de champs, anciennes haies, anciens tas de fumier, anciens chemins...

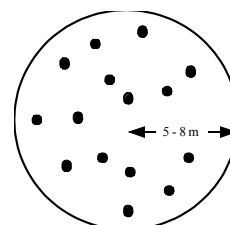
Les fois suivantes : **toujours au même endroit** selon la méthode ci-dessus.

Faire un plan précis du lieu de prélèvement et garnir la fiche de renseignements ; les conserver précieusement (ou utiliser un GPS).

Une fiche de renseignements est disponible à la Chambre d'agriculture du Tarn.

Comment prélever ?

- Faire **15 prises** (de sol) sur une surface d'environ 100 à 200 m² (soit un rayon de 5 à 8 mètres).
- Profondeurs de prise :
 - x **En non-labour**, le sol n'est pas retourné ; les prises se feront entre 0 et 10 cm de profondeur.
Les normes d'interprétation seront peut-être modifiées dans l'avenir car il n'existe pas de référence actuellement.
 - x **En prairie permanente** ou de longue durée, les prises se feront entre 0 et 5 cm de profondeur, matelas racinaire compris.
 - x **En labour**, les prises se feront sur l'épaisseur de la couche labourée ou moins, jamais en dessous (ex : prises de 0 à 20 cm pour un labour de 25/30 cm.)



Comment préparer l'échantillon ?

- Bien mélanger la terre et envoyer **400 g à 700 g maximum** au laboratoire.
- Étiqueter le sac (nom de l'exploitant, nom de la parcelle ou numéro, date de prélèvement).

Quelle analyse demander ?

- **Soit l'analyse complète** : physique + chimique.
- **Soit l'analyse chimique** : matière organique, calcaire total, calcaire actif, pH eau, P₂O₅ (Joret-Hébert ou Dyer + si possible Olsen), éléments échangeables (K₂O, MgO, CaO, Na₂O).

Il est parfois intéressant d'ajouter une demande complémentaire par rapport aux oligo-éléments : Cu (EDTA), Zn (EDTA), Bo.

D'autres analyses sont possibles, mais elles sont encore peu utilisées : Hérody, biomasse microbienne.

Où envoyer l'échantillon ?

Parmi les laboratoires agréés, vous pouvez contacter par exemple :

Laboratoire Centre Atlantique LCA
2, avenue de Fétilly - 17074 LA ROCHELLE
Tél : 05.46 43 45 45

Laboratoire des Sols
ZA de Sautès à Trèbes
11878 CARCASSONNE Cedex 9
Tél. 04 68 78 69 97

Interprétation des résultats

Nous vous conseillons de ne pas tenir compte de l'interprétation agronomique donnée par le laboratoire, mais d'utiliser la fiche de conseil réalisée par la Chambre d'Agriculture du Tarn et Arvalis Sud-Ouest.



Fiche de renseignements d'un prélèvement de terre pour analyse

Analyses demandées

Exploitant

Adresse

Code Postal Commune

Nom de la parcelle (ou n°).....

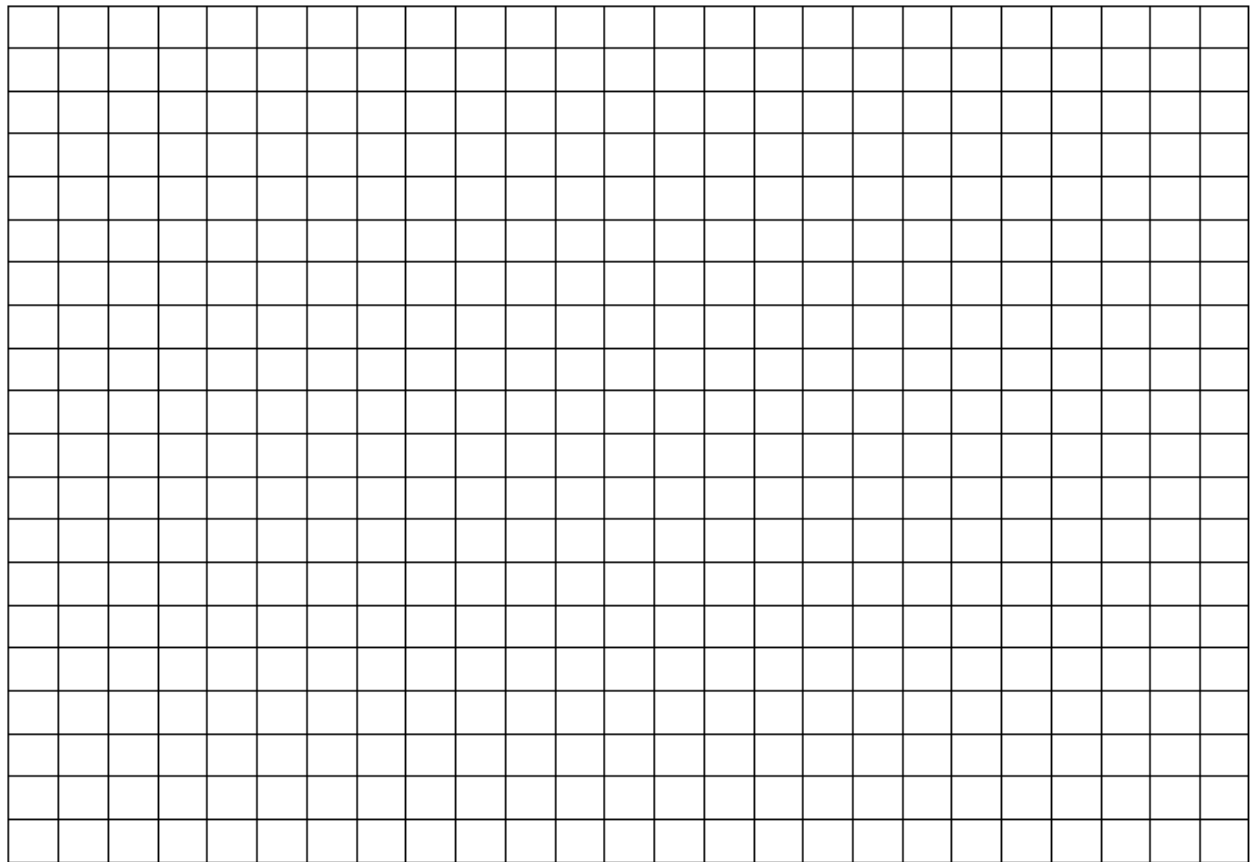
Tél..... Fax.....

Coordonnées IGN (Lambert III)

X = Y =

Plan de la parcelle et localisation du prélèvement :

Date du prélèvement :



Nombre de prises constituant le prélèvement :

Profondeur de prélèvement : de 0 ? cm à cm

Non-labour fixe : oui non

Si non, profondeur des labours : cm

Nom du préleveur :

Superficie de la parcelle : ha.

Éléments grossiers en surface : %

Date et dose des derniers apports PK minéraux :

Date et dose des derniers apports d'amendements organique :

Date et dose des derniers apports d'amendements calciques :

Type de sol :

Le sol est-il caillouteux hydromorphe drainé irrigué battant compact en pente %

Conserver ce plan, il vous permettra de faire un prélèvement pour une analyse de contrôle dans 4 ou 5 ans, au même endroit et de mesurer ainsi avec précision l'évolution de la fertilité sur cette parcelle.

Cultures précédentes : Cultures à venir :

200 200

200 200

200 200

Au-delà de 3 ans, indiquer s'il y a eu un retournement de prairie ou un arrachage de vergers, de vignes, de friches, de bois.

Préciser l'année :

Valeurs indicatives pour l'interprétation des analyses de terre

	Très faible	Faible	Un peu faible	Bien pourvu	Élevé	Très élevé ou toxique
Matière organique (g/kg)		10	15	20	30	
pH eau Sols acides des plaines, coteaux et piémont	5.0 Risque de toxicité de l'aluminium	5.5	Un peu faible pour certaines plantes exigeantes et pour le sol (1)	6.0 pH conseillé (2)	6.5 Attention	7.0 aux risques de blocage d'oligo-éléments Cu, Zn, B, Mn (ne pas dépasser le pH 7)
Sols de montagne	5.0 Risque de toxicité de l'aluminium. Possible pour prairies naturelles extensives	5.5 Prairies naturelles plus intensives	6.0 Prairies temporaires, cultures annuelles, orge, triticale, seigle, avoine, maïs	6.5 Luzerne et autres cultures	7.0 Risques de blocage d'oligo-éléments. Coût élevé du chaulage	
P₂O₅ Dyer (mg/kg) (sols acides)	60 Pas d'impasse fumure renforcée sur culture exigeante		Pas d'impasse	120 Impasse possible sur culture peu à moyennement exigeante	180	400 impasse possible sur cultures exigeantes
P₂O₅ Joret-Hébert (mg/kg) (sols calcaires)	"	50	"	80	"	120
P₂O₅ Olsen (mg/kg)	"	15	"	30	"	45
K₂O échangeable (mg/kg)	"	60	"	100	"	180
MgO échangeable (mg/kg)			50 Un peu faible (3) Apport de dolomie si chaulage	100	150 Entretien. Apport de dolomie si chaulage	300 Éviter les excès de fumure magnésienne
K₂O/MgO	- Optimum vers 2,5 - K ₂ O/MgO > 2,5 : ne pas apporter d'engrais potassique si le K ₂ O échangeable est élevé - De trop forts apports de potassium peuvent parfois provoquer une carence magnésienne dans les sols pauvres en MgO (exemple : vigne, arboriculture). - A corriger éventuellement par des apports de MgO					
Cu - EDTA (mg/kg)	- Faible si Cu EDTA / MO (%) < 0,5 pour les céréales et le maïs - Faible si (Cu EDTA) X (% d'argile) < 40 sur céréales en sols calcaires					
Zn - EDTA (mg/kg)	- Faible si (Zn EDTA < 1 pour pH < 6,3) ou (Zn EDTA < 2 si pH > 6,3)					
Bore eau (mg/kg)	- Faible si B < 0,3 (voire < 0,5 en sols calcaires) - Faible si B < 0,5 sur tournesol (carence visuelle)					
Estimation des besoins en chaulage (BEC) en sol acide	- Pour remonter le pH d'une demi-unité (5) : BEC (Kg eqCaO/ha) = 5,5 (A + 5 MO) A (argile), MO (matière organique), exprimés en g/kg					

Profondeurs des prises de sol :

En non-labour le sol n'est pas retourné ; les prélèvements se feront entre 0 et 10 cm de profondeur.

Les normes d'interprétation seront peut-être modifiées car il n'existe pas de référence actuellement.

En prairie permanente ou de longue durée, les prélèvements se feront entre 0 et 5 cm de profondeur, matelas racinaire compris.

En labour, les prélèvements se font sur l'épaisseur de la couche labourée ou moins, jamais en dessous.

Ex : prélèvement de 0 à 20 cm pour un labour de 25/30 cm.

Autres remarques sur les analyses de terre

- (1) Un pH eau de 5,5 est un minimum pour toutes les cultures.
 - (2) Une meilleure activité biologique de certains organismes (bactéries cellulolytiques ou nitrificatrices, lombriciens...) et une meilleure structuration du sol (stabilité structurale plus élevée grâce à l'effet probable du calcium Ca) sont observées entre les pH 6 et 6,5.
Le pH eau de 6 est la limite inférieure pour la luzerne au moment du semis.
 - (3) Il y a un risque de carence en magnésium s'il y a un excès de potassium dans le sol.
Entre 50 et 80 mg/kg de MgO éch., des carences en magnésium sont observées.
 - (4) **Des sols trop riches en éléments minéraux peuvent entraîner des déséquilibres dans le sol**, voire des toxicités. Des antagonismes peuvent apparaître :
 - l'excès de P peut bloquer le Zn, Cu, Fe, Ca ?, K ?
 - l'excès de K peut bloquer le Mg, B ?Il faudra donc éviter de dépasser les valeurs suivantes (ces valeurs sont indicatives et restent à vérifier) :
- P_2O_5 Dyer > 400 mg/kg, P_2O_5 Joret-Hébert > 250 mg/kg.
 P_2O_5 Olsen > 100 mg/kg : K_2O échangeable > 300 mg/kg, MgO échangeable > 300 mg/kg.
- Excès de phosphore** : les sols trop riches en phosphore entraînent un risque de pollution des eaux (entraînement du P par ruissellement, érosion hydrique ou lessivage).
- (5) **Exemple de calcul des besoins en chaulage** : soit un sol avec 180 g/kg d'argile et 15 g/kg de matière organique : $BEC = 5,5 (180 + 5 \times 15) = 1\ 402,5$ kg eq CaO/ha pour remonter le pH eau de 0,5 unité.

pas **Attention aux unités de mesure** : les laboratoires d'analyses, les documents techniques n'utilisent tous les mêmes unités.
Exemple : 0,100 mg/kg de K_2O = 100 mg/kg = 100 ppm

Bibliographie utilisée et quelques documents utiles

- Arvalis, Chambre d'Agriculture du Tarn, 2005 - Phosphore et potassium. La fertilisation P et K des cultures. Chambre d'Agriculture du Tarn, 5p.
- Baize D, Jabiol B., 1995 - Guide pour la description des sols - INRA éditions, 375 p.
- Delaunois A. , 2006 - Guide simplifié pour la description des sols. Chambre d'Agriculture du Tarn, 37 p. Disponible sur le site <http://www.agritarn.com>
- Delaunois A., Hérody Y., Robert J.P., 2006 - La méthode Hérody. Méthode d'étude agronomique des sols mise au point par le BRDA Hérody. Application au département du Tarn. Chambre d'Agriculture du Tarn, Bureau de Recherche sur le Développement Agricole, 42.
- Delaunois A., Longueval C., Penalver F. et al, 1995 - Les grands ensembles morphopédologiques de la région Midi-Pyrénées. Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées, 2 cartes à 1/50 000ème, notices 537 p et 30 p. Disponible sur le site <http://www.midipyrenees.chambagri.fr/>
- Delecourt F., 1978 - Initiation à la pédologie. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat de Gembloux (Belgique), 69 p.
- Diwo Allain S., Rougon D. et al., 2004 - Carabes : auxiliaires des cultures, indicateurs de la biodiversité d'un milieu. CRITT INNOPHYT, Orléans, 4 p.
- Ducerf G., 2006 – L'encyclopédie des plantes bio-indicatrices alimentaires et médicinales. Guide de diagnostic des sols. Editions Promonature, 352 p.
- Ducerf G., 2006 – Conditions de levée de dormance des principales plantes bio-indicatrices. Editions Promonature, 30 p.
- Soltner D., 2003 - Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol et son amélioration. Coll. Sciences et Techniques Agricoles, 472 p.
- TCS, Techniques Culturelles Simplifiées – La revue spécialiste des techniques culturelles simplifiées et du semis direct, Groupe ATC, Metz.

Quelques sites net sur le sol :

<http://www.tarn.chambagri.fr/a-votre-service/agronomie-environnement/un-sol-vivant.html>

<http://www.agritarn.com/rubriques/agronomie.asp#sols>

<http://www.cra-mp.org/-Carte-des-sols-.html#B#>

<http://www.inra.fr/dpenv/faunedusol.htm#lombrics>

<http://www.isara.fr/fr/profilcultural/default.htm>

<http://www.bretagne-environnement.org/rubrique/le-sol-un-patrimoine-vivant>

<http://www.inra.fr/afes/>

<http://www.agriculture-de-conservation.com>

<http://www.geoportail.gouv.fr> ; cartes géologiques au 1/50 000^{ème} du BRGM.

Le scarabe doré (*Carabus auratus*) est un excellent prédateur de limaces, escargots, vers de terre, chenilles, ... Il est commun en France, mais sa présence diminue fortement, suite aux pesticides et aux labours profonds. (Diwo Allain et al, 2004).



Photo de M. Chevriaux in aramel.free.fr, 2007

Lexique

- Anécique (vers)** Lombricien, vers de terre de grosse taille qui forment des galeries verticales (cf § 3.9.2).
- Brunifié :** Sol brunifié : sol des climats tempérés, de couleur brune suite, notamment, à la présence d'hydroxydes de fer (goethite, limonite, ...).
- Hydromorphe :** Les sols hydromorphes sont des sols qui sont marqués par un excès d'eau temporaire ou permanent : taches de fer rouille ou gris-vert, concrétions noires ferromanganiques, horizon gris décoloré, ...
- Horizon :** Couche de sol horizontale ou subhorizontale ayant ses caractéristiques propres. Le profil de sol peut être découpé en plusieurs couches ou horizons, précisant ainsi les variations verticales du sol.
- Pédogenèse :** C'est l'ensemble des processus qui forment le sol. C'est donc le fonctionnement ancien et actuel du sol. On parle par exemple de sols bruns, de sols lessivés, de podzol, de sols hydromorphes, de sols calcaires, de sols caillouteux, ... ce qui permet de typer le fonctionnement principal de ces sols.
- Podzol :** Nom d'origine russe, de pod (sous) et zolá (cendre). Ce sont des sols où la podzolisation est intense, avec présence d'un horizon décoloré et cendreau.
- Podzolisation :** C'est un processus d'altération intense des minéraux de la roche-mère en milieu très acide. Cette pédogenèse s'observe notamment sur les roches granitiques des Monts de Lacaune.
- Roche-mère :** Roche dure ou meuble sur laquelle le sol s'est formé.
- RU (Réserve utile en eau) :** C'est la quantité d'eau utile que le sol est capable de stocker pour l'alimentation en eau des plantes. C'est la différence entre le volume d'eau stocké à la capacité de rétention (après le ressuyage du sol) et le volume d'eau restant au point de flétrissement (sol très sec).
La RU peut être calculée rapidement en comptant 1 mm d'eau par cm de sol sableux, 1,6 mm par cm de sol limono-sableux et 2 mm par cm de sol limoneux ou argileux. Il faut déduire de cette RU le pourcentage d'éléments grossiers (non poreux).
La RU se calcule sur la profondeur du sol correctement enraciné. Cette profondeur peut être variable : 20 cm (sol très superficiel), 100 cm (sol assez profond), 300 cm (tournesol très bien enraciné sur un sol très profond). Des racines de luzerne peuvent être observées à plusieurs mètres de profondeur et des racines de chêne vert à plusieurs dizaines de mètres.