

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 81, (**) INRA de Montpellier

Avec la participation financière de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne,
du CAS DAR et de l'Union Européenne.

Novembre 2008

Table des matières

1. Introduction.....	3
2. Méthodologie et caractérisation générale du milieu naturel.....	4
2.1. Comment observer les sols ?.....	4
2.2. Comment réaliser une fosse pour observer le sol ?.....	6
2.3. La fiche de description du sol.....	7
2.4. La région pédologique.....	8
3. Description de certains éléments du sol et synthèses.....	9
3.1. L'estimation des surfaces d'éléments grossiers.....	9
3.2. Les états de surface.....	10
3.3. La texture.....	13
3.4. Le calcaire dans le sol (CaCO ₃).....	14
3.5. La couleur du sol.....	15
3.6. Les traces d'hydromorphie.....	16
3.7. L'état d'humidité.....	17
3.8. Le test du couteau pour estimer la compacité.....	18
3.9. La structure.....	19
3.9.1. Le type de structure.....	19
3.9.2. La taille de la structure.....	21
3.9.3. Le fonctionnement vertical du sol est à favoriser.....	22
3.10. Les galeries.....	23
3.10.1. Le diamètre des galeries de vers de terre ou des racines.....	23
3.10.2. La densité des galeries.....	24
3.10.2.1. Densité des grosses galeries de vers de terre (diamètre de 5 à 13 mm). 24	
3.10.2.2. Densité des petites galeries (diamètre de 0,5 à 1 mm).....	24
3.11. Les racines.....	25
3.11.1. La forme des racines.....	25
3.11.2. La densité des racines.....	26
3.12. La vitesse de dégradation des résidus de récolte.....	27
3.13. Les conclusions sur le sol.....	27
4. Annexes.....	28
Tableau des analyses de terre de l'exploitation.....	29
Comment faire des analyses de terre.....	30
Fiche de renseignements d'un échantillon pour analyse de terre.....	32
Valeurs indicatives pour l'interprétation des analyses de terre.....	32
Autres remarques sur les analyses de terre.....	34
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 du commerce à 30 % 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.

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

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 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, cultures, rotation, 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, dimension (cm), forme (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 ses principaux atouts et contraintes.

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).

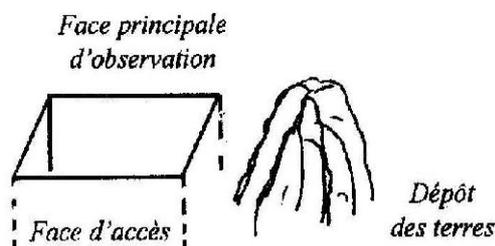
Un petit profil rapide à la bêche (P = 50 cm, L = 40 cm, l = 40 cm) permet de faire déjà beaucoup d'observations.

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 (%) :

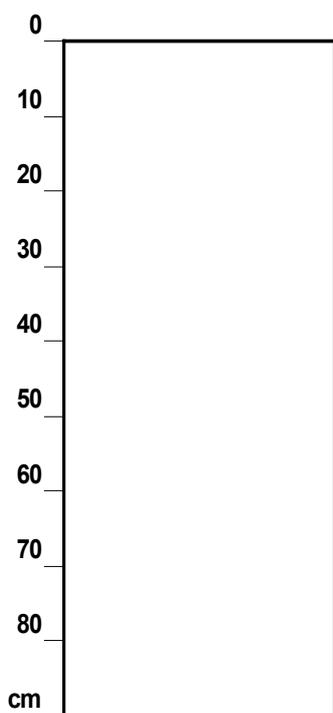
◆ **Occupation du sol** (culture et précédents) :

- 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) :

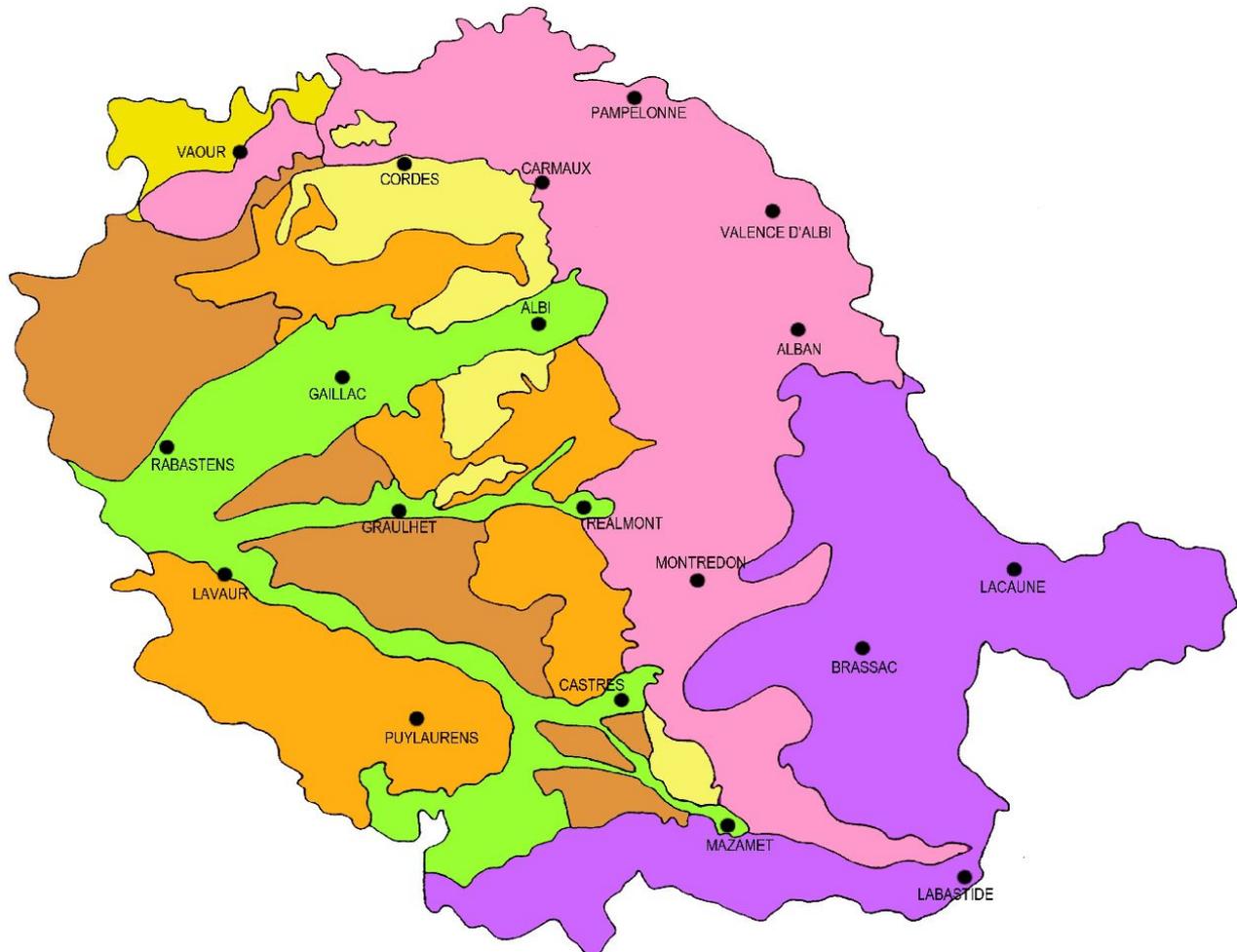
- Éléments grossiers en surface : % nature : ; dimensions (cm) :
- Résidus de récolte : % nature :
- Croûte de battance :
- Porosité en surface :
- Érosion hydrique :
- Turricules (nombre, dimension) :
- Autres observations (mousses, mouillères, ressuyage, ornières, adventices, ...)

- ◆ **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.
- « Boubènes 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

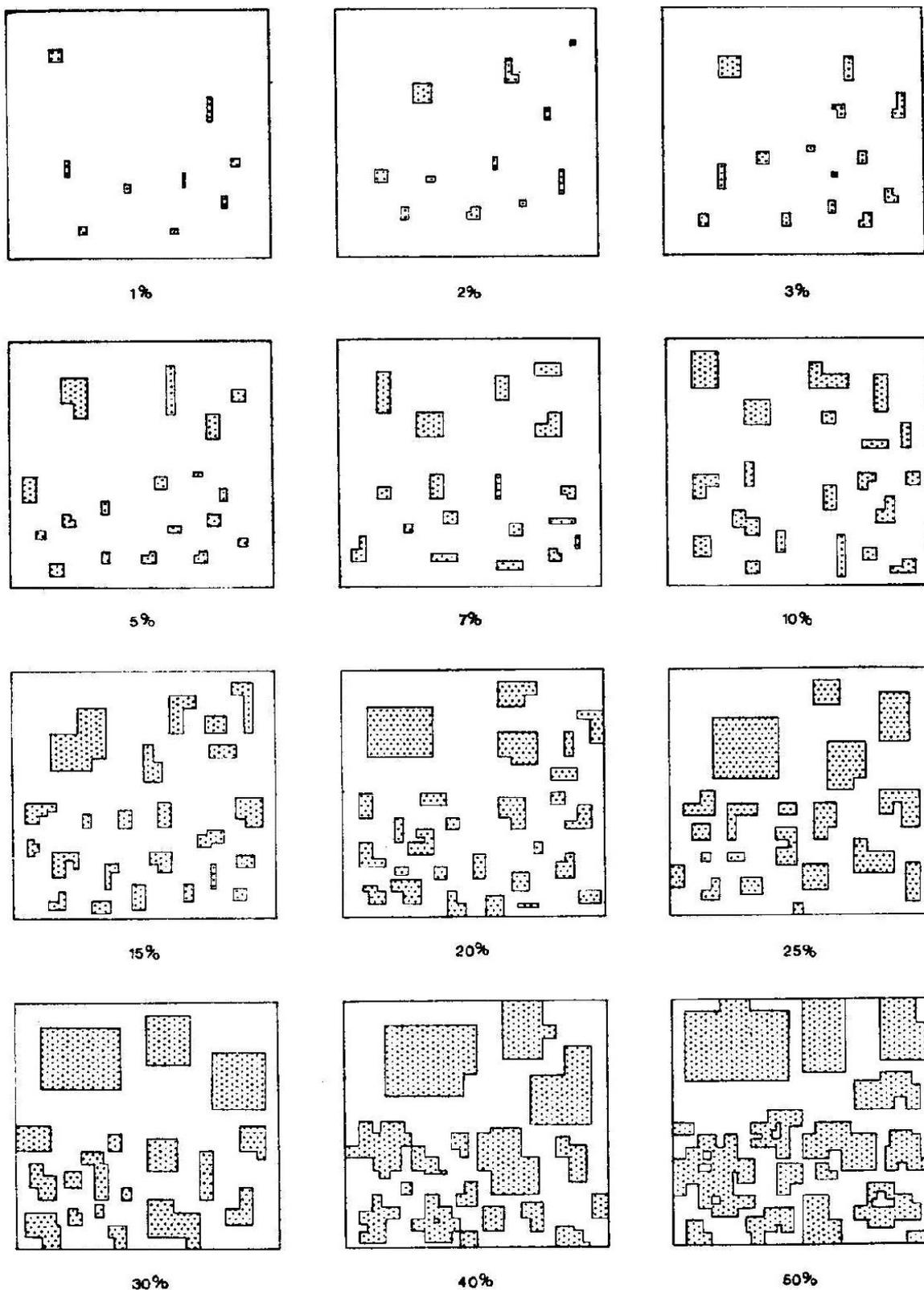
- Sols bruns acides à sols podzoliques (tendance à la podzolisation).
- Sols limoneux, acides, plus ou moins caillouteux, à teneur élevée en matières organiques souvent peu actives biologiquement, suite au froid (altitude) et à l'acidité.

A. Delaunoy, Chambre d'Agriculture du Tarn – Extrait simplifié de la carte des grands ensembles morphopédologiques de Midi-Pyrénées, CRAMP, 1995. **Les UCS indiqués sur ce document sont les Unités Cartographiques de Sol de la carte de 1995 .**
Voir le site internet 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.

La croûte de battance	Signification agronomique
Absence de croûte : moins de 10-30 % de la surface avec une fine croûte structurale (épaisseur \leq 1 mm)	Très bien – non battant
Fine croûte structurale (épaisseur \leq 1 mm) sur moins de 70 % de la surface	Bien – peu battant
Fine croûte structurale (épaisseur \leq 1 mm) sur plus de 90 % de la surface	Moyen – un peu battant
Croûte structurale épaisse (2 à 5 mm) sur plus de 90 % de la surface	Battant
Croûte structurale très épaisse (5-10 mm) sur toute la surface	Très battant
Croûte sédimentaire sur 10 à 50 % de la surface	Très battant
Croûte sédimentaire sur toute la surface	Très très battant
A interpréter suivant la pluviométrie survenue depuis le dernier travail du sol. 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)	

Porosité en surface

A interpréter suivant la pluviométrie survenue depuis le dernier travail du sol.

Nombre de pores (de $\varnothing > 1$ mm) pour 100cm²	Nombre de pores équivalents pour 1 m²	Signification agronomique
100	10 000	Excellent
50	5 000	Très bien
6 à 20	600 à 2 000	Bien
2 à 5	200 à 500	Moyen à faible
1	100	Faible
0	0	Très faible

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 agronomique
Absence de ruissellement	Excellent
Ruissellement d'eau claire uniquement	Très bien
Ruissellement d'eau trouble : érosion diffuse	Bien, à améliorer
Présence de quelques griffes (profondeur P < 5 cm), parfois, pas chaque année.	Bien, à améliorer
Présence de griffes (profondeur P < 5 cm), régulièrement (tous les 2 à 4 ans)	Érosion faible à moyenne
Présence de rigoles peu profondes (P = 5-10 cm), régulièrement (tous les 2 à 4 ans)	Érosion moyenne Modifier les pratiques culturales
Présence de rigoles profondes (P 10-30 cm), régulièrement (tous les 2 à 4 ans)	Érosion importante. Il est très important de modifier les pratiques culturales
Présence de ravines (P > 30 cm)	Érosion grave

Les turricules des vers de terre	Signification agronomique
50 à 100 % de la surface recouverte de turricules et de structures grumeleuses	Très bonne activité biologique
10 turricules par m ²	Bonne activité lombricienne
1 turricule par m ²	Activité moyenne
1 turricule pour 10 m ²	Activité faible
Aucun turricule observé	Activité très faible
L'activité lombricienne (des vers de terre) 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	
Hauteur des turricules : 1 cm petit ; 5 cm grand.	
« Cabanes de vers de terre » : pendant la nuit, les vers de terre rassemblent en surface au-dessus de leurs galeries des petits monticules de débris végétaux de 1 à 5 cm de hauteur environ.	

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).

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 (M.B. Bouché). **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 (M.B. Bouché)).

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

Photo 3. 1. a - Sol très battant sans pore en surface ni turricule. Érosion diffuse.



Photo 3. 1. b - Un turricule de quelques centimètres de haut.



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 3. 5. - 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. Les traces d'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.
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.
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, ...).
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, ...).
Taches d'oxydo-réduction d'intensité moyenne (10-30 %) dans les horizons de surface (0-40 cm).	Sol hydromorphe. Drainage souvent utile.
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.
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).

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 "boulant" 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.

Intérêt :

L'appréciation de l'humidité est indispensable si l'on veut faire une mesure de la compacité du sol.

Des différences d'humidité entre les horizons sont le plus souvent **un indicateur du drainage interne du sol**.
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 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.
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.
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.
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
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.

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

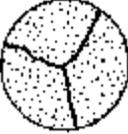
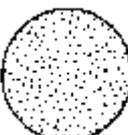
Le pénétromètre. Il est aussi possible de tester la compacité en enfonçant verticalement une tige dans le sol. Le sol doit être sans « cailloux » et frais (ni trop sec, ni trop humide) pour permettre une bonne interprétation agronomique de la compacité. La bêche ou la tarière pédologique permettent aussi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

3.9. La structure

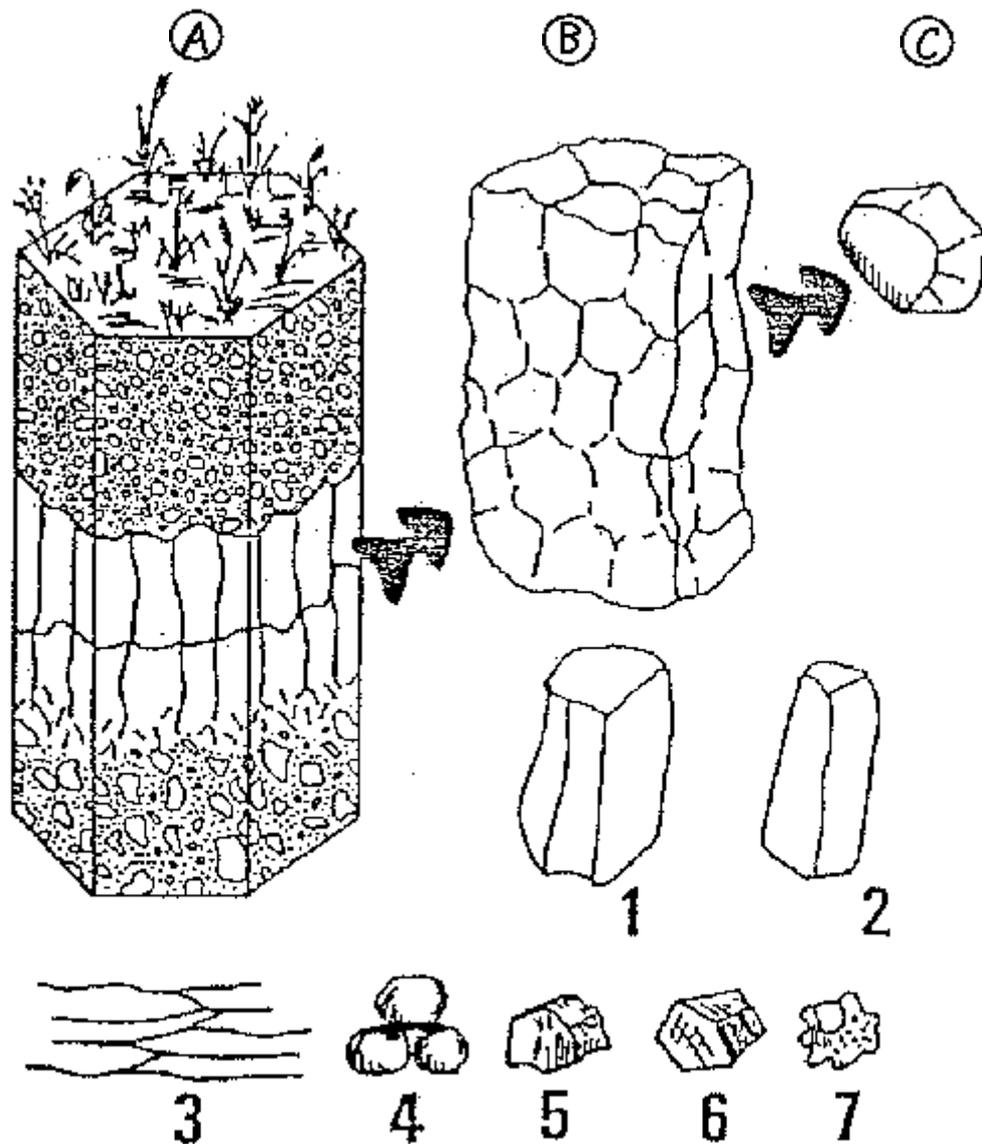
3.9.1. Le type de structure

La structure, c'est l'architecture du sol, le mode d'agencement de ses composants.

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

Type		Qualité	Signification
Grumeleux		Très bon	Structuration biologique par les fèces lombriciennes, par les racines,...
Mixte Grumeleux à polyédrique		Bon à très bon	Début de structuration biologique
Polyédrique angulaire		Bon	Structuration par la fissuration des argiles.
Polyédrique subangulaire		Bon	Structuration par la fissuration des argiles et des limons.
Massive fissurée		Mauvais	Compactage ou reprise en masse. Compactage partiel ou début de restructuration.
Massive non fissurée (cassure nette de la motte ou de l'élément structural)		Très mauvais	Compactage intense.
Lamellaire		Très mauvais	Compactage intense, croûte de battance sédimentaire.

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



Différentes échelles de structuration du sol :

(A) structuration du profil de sol (B) élément de la sur-structure (C) élément de la structure

Types d'éléments structuraux (C)

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

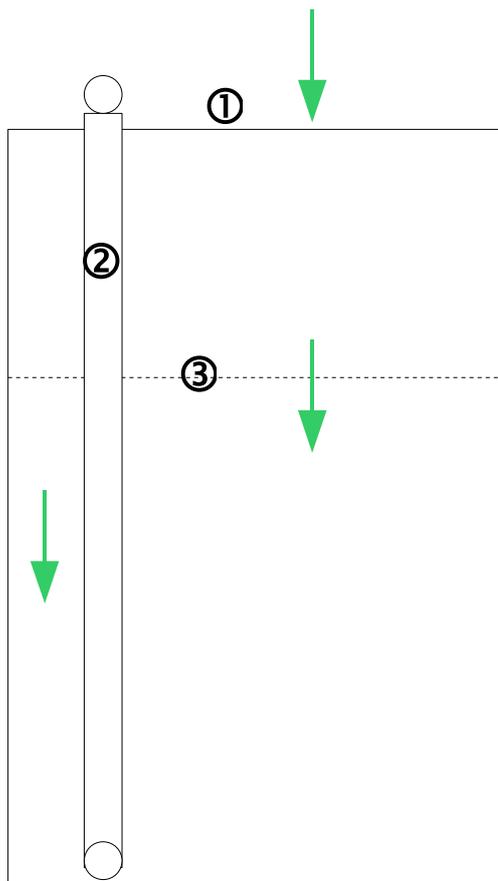
Type et dimension	Qualité agronomique	Signification
Grumeleuse 3 à 10 mm	Très bon	Les gros vers de terre anéciques (1) font de gros grumeaux.
Polyédrique 2 à 5 mm	Bon	Structuration fine du sol.
Polyédrique 5 à 10 mm	Moyen	Structuration moyenne.
Polyédrique 10 à 30 mm	Faible	Structuration grossière.
Polyédrique 30 à 100 mm	Très faible	Présence de mottes grossières à structure interne massive.
Massive	Très très faible	Horizon très peu fissuré, peu perméable pour l'eau, l'air et les racines

Photo 3. 9. - **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).

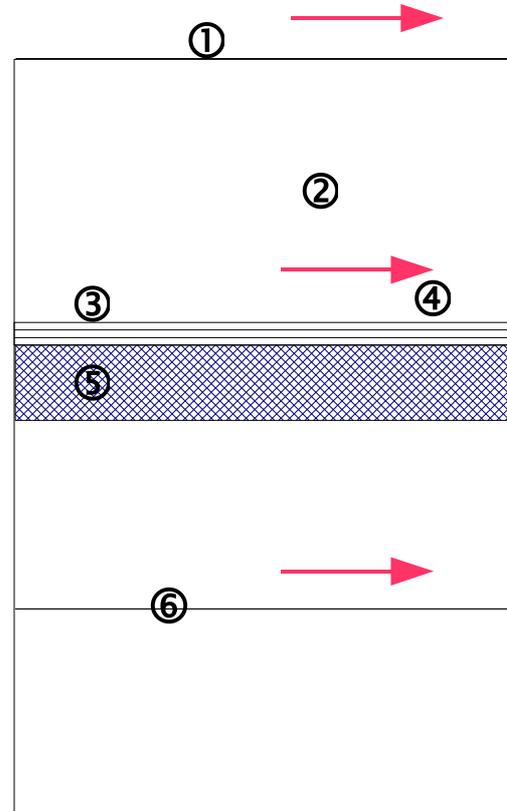
3.9.3. Le fonctionnement vertical du sol est à favoriser



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.



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 sol 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.

3.10. Les galeries

3.10.1. Le diamètre 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
5 - 10	Galerie formée par de gros vers anéciques	Bonne activité lombricienne.
3 - 5	Galerie formée par des vers anéciques de taille moyenne	Activité lombricienne moyenne, à développer.
1 - 3	Galerie formée par des petits vers	Activité lombricienne insuffisante. Petites galeries créées surtout par de petits vers.
0,5 à 1	Galeries réalisées par les vers ou les racines	Petites galeries créées par les petits vers ou par les fines racines

Photo 3. 10. a – Galerie de 12 mm de diamètre



Photo 3. 10. b - Galeries et taches brunes-noires dans ce sol de couleur rouge. 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	Activité des vers de terre	Signification
Une grosse galerie tous les 3 à 5 cm	Excellente	
Une grosse galerie tous les 5 à 10 cm	Très bonne	Continuer à favoriser cette bonne activité.
Une grosse galerie tous les 20 à 40 cm	Moyenne	Activité lombricienne à améliorer.
Une grosse galerie tous les 50 à 100 cm	Faible	Continuer à favoriser le développement des vers de terre.
Pas de grosses galeries	Très faible	Absence de gros vers de terre.

3.10.2.2. Densité des petites galeries (diamètre de 0,5 à 1 mm)

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

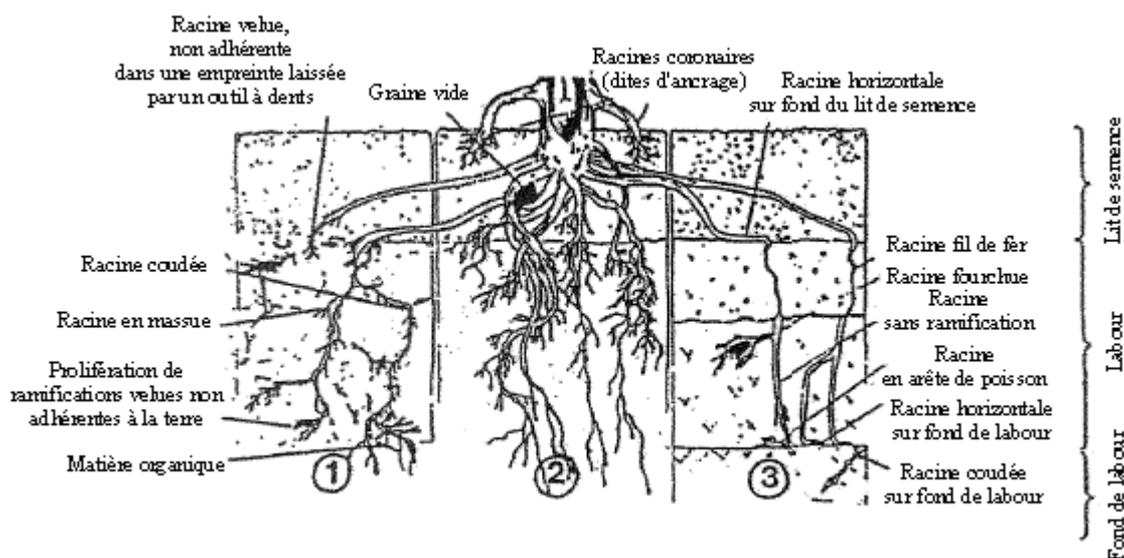
Densité		Intensité de la porosité par les galeries
(nombre de galeries sur 4 cm ²)	(nombre de galeries sur 100 cm ²)	
> 40	> 1000	Excellente
20 à 40	500 à 1000	Très forte
10 à 20	250 à 500	Forte
3 à 10	75 à 250	Moyenne
1 – 3	25 à 75	Faible
< 1	< 25	Très faible

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

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 rappuyé (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.

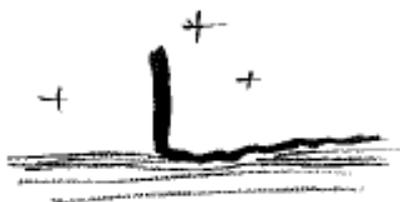
Colonisation dense grâce à une ramification abondante des racines.

- 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 :

- Tournesol : un pivot unique et droit sur 10 cm est recommandé.
- Colza : un pivot fourchu est normal.

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 agronomique
> 20	> 500	Densité excellente
10 à 20	205 à 500	Très bonne utilisation des éléments fertilisants du sol N, P, K, Ca, Mg, oligoéléments,
5 à 10	125 à 250	Bonne
5	125	Moyenne C'est un minimum pour une bonne valorisation de l'azote du sol
2 à 5	50 à 125	Faible
1	25	Très faible Azote du sol très mal valorisé

3.12. La 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.

Vitesse de décomposition des résidus de récolte	Signification 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	Très bien	Excellent
Paille de céréales fortement dégradés après 3 à 6 mois	Bien	Très bien
Rafles de maïs de couleur brune au centre, en cours de décomposition après 6 mois	Bien	
Rafles de maïs peu décomposées après 6 mois	Moyen	Normal ?
Fumier ou pailles de céréales encore présents après 1 an	Activité biologique insuffisante	
Rafles de maïs peu décomposées après 1 an	Activité biologique insuffisante ?	
Cannes de maïs après 3 ans	Enfouissement profond par le labour. Sol qui « roupille » !	

3.13. Les conclusions sur le sol

Il est très important de terminer l'observation du sol 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.
- 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).

COMMENT FAIRE DES ANALYSES DE TERRE

Quand prélever ?

La 1ère 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 1ère 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...

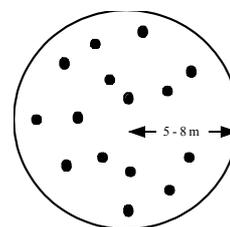
Les fois suivantes : **toujours au même endroit** selon la méthode ci-dessus.

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, les 2 plus proches du Tarn sont :

LABORATOIRE D'ANALYSES AGRICOLES
Chambre d'Agriculture - 130, av. Marcel Unal - 81017 MONTAUBAN
Tél : 05.63.63.30.25

LARA EUROPE ANALYSES
1 impasse de Lisieux – BP 82553
31025 TOULOUSE Cedex 3
Tél. : 05.61.16.15.00

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.

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	5.5	Un peu faible pour certaines plantes exigeantes et pour le sol (1)	6.0	6.5	7.0
	Risque de toxicité de l'aluminium			pH conseillé (2)	Attention aux risques de blocage d'oligo-éléments Cu, Zn, B, Mn (ne pas dépasser le pH 7)	
pH eau Sols de montagne	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
	Risque de toxicité de l'aluminium. Possible pour prairies naturelles extensives	Prairies naturelles plus intensives	Prairies temporaires, cultures annuelles, orge, triticale, seigle, avoine, maïs	Luzerne et autres cultures	Risques de blocage d'oligo-éléments. Coût élevé du chaulage	
P₂O₅ Dyer (mg/kg) (sols acides)	60		120	180	400	
	Pas d'impasse fumure renforcée sur culture exigeante	Pas d'impasse		Impasse possible sur culture peu à moyennement exigeante	impasse possible sur cultures exigeantes	
P₂O₅ Joret-Hébert (mg/kg) (sols calcaires)	50		80	120	250	
P₂O₅ Olsen (mg/kg)	15		30	45	100	
K₂O échangeable (mg/kg)	60		100	180	300	
MgO échangeable (mg/kg)		50	100	150	300	
	Apport de magnésium indispensable	Un peu faible (3) Apport de dolomie si chaulage	Entretien. Apport de dolomie si chaulage	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.

Attention aux unités de mesure : les laboratoires d'analyses, les documents techniques n'utilisent pas 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.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>

Photo -

Ce carabe 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.