

DIAGNOSTIC DE FERTILITE DU SOL

Hélène VEDIE

1 - BUT ET CONTEXTE :

L'étude de la fertilité des sols a débuté au GRAB en 2001 avec 2 volets principaux :

- l'utilisation et la comparaison de différentes méthodes de diagnostic sur le terrain et en laboratoire,
- l'étude de la faisabilité des engrais verts sous tunnels en été et en interculture hivernale de plein champ : comparaison de différentes espèces, effets sur le salissement par les adventices, la dynamique des nitrates et incidences sur les performances de la culture suivante.

Le présent compte-rendu concerne les résultats du premier volet d'étude, qui a été mis en œuvre en 2004 sur 1 parcelle exploitée en agriculture biologique. L'approche sera suivie de façon dynamique puisque les analyses seront réalisées tous les 4 ans.

2 - PARCELLE ETUDIEE EN 2004 :

Il s'agit d'une parcelle plein champ exploitée par M. Laurent PAILLAT, exploitant en agriculture biologique à Bellegarde (30).

La parcelle est exploitée en maraîchage biologique depuis 7 ans. Elle est située sur une haute terrasse alluviale. La succession culturale type fait alterner 2 salades, l'une plantée en septembre-octobre puis une plantée en février, avec un sorgho fourrager en engrais vert de mai à juillet (2 coupes). Une culture de fraises, de mai à juillet s'intercale tous les 5 ans.

La fertilisation repose sur un apport annuel d'environ 1,3 tonne d'engrais organique de type 6/4/10 et sur la pratique d'un engrais vert estival. Les apports d'amendements ne sont plus réalisés depuis quelques années. Par le passé, un apport de 7 t/ha de fumier composté était pratiqué.

Le travail du sol fait intervenir des sous-solages à environ 60 cm 1 à 2 fois par an, des passages de rotavator à 15 cm et de rotobèche.

3 - METHODES UTILISEES :

Sans être exhaustives de toutes les méthodes de diagnostics pratiquées actuellement, les différentes études réalisées sur la parcelle offrent une bonne vision de la diversité des moyens de diagnostic qui peuvent être employés :

Les méthodes de terrain

- Profil pédologique : description des horizons, texture, couleur, charge en cailloux...
- Etude du profil cultural,

Les méthodes de laboratoire

- Caractérisations physique, chimique par les méthodes d'analyse classiques,
- Caractérisation de la matière organique, du compartiment microbien et de son activité,
- Caractérisation selon une méthode développée par le BRDA Hérody, basée à la fois sur des approches pédologique et agronomique, sur le terrain et au laboratoire.

Intervenant	Organisme	Date	Intervention
Yvan Gautronneau	ISARA Lyon	2/03	Profil cultural
X. Salducci	Alma-Terra	2/03	Analyses de laboratoire
J.C. Lacassin	Société du Canal de Provence	2/03	Profil pédologique
D. Massenet	Amisol	2/03	Méthode Hérody. Diagnostic de terrain et analyses labo

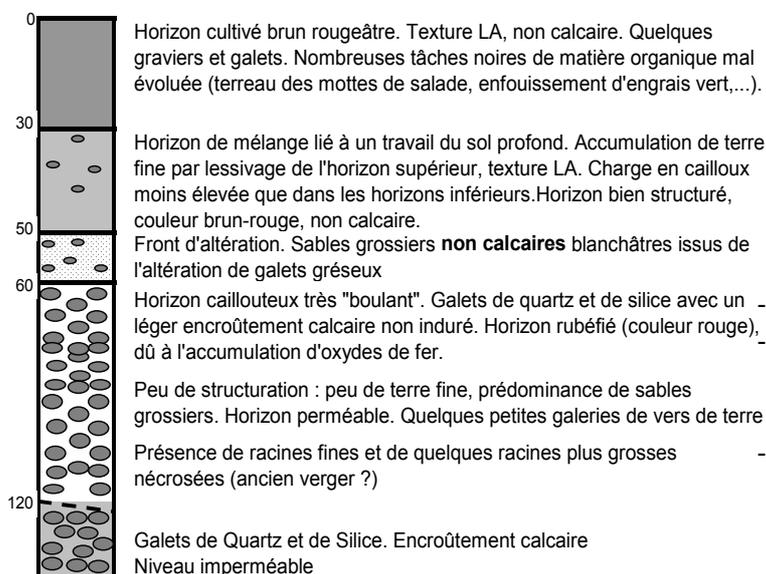
Interventions réalisées en 2004 chez L. PAILLAT. Bellegarde (30)

4 - DIAGNOSTICS REALISES :

4.1 CARACTERISATION PEDOLOGIQUE

- Substrat : Haute terrasse Villafranchienne. Apports du Rhône et de la Durance.
- Sol : sol d'origine alluviale, bien différencié.

Profil pédologique observé : (synthèse des observations de J.C Lacassin, D. Massenot, Y. Gautronneau)



Profil

Sol développé sur une terrasse d'anciennes alluvions du Rhône et de la Durance. La texture est limono-argileuse dans les horizons supérieurs, grossière avec une charge en galets siliceux élevée dans les horizons inférieurs.

Le lessivage intense se traduit par :

- la descente de terre fine,
- la migration d'oxydes de fer qui donnent au profil la couleur rouge caractéristique des sols de Costière
- le lessivage du calcium qui est absent des horizons supérieurs et s'accumule en profondeur pour former des encroûtements de calcaire à 1,2 m.

L'observation du profil permet de conclure sur un sol moyennement profond doté d'une bonne fertilité potentielle sur les 60 premiers centimètres, mais dont la charge en galets élevée et la présence d'un encroûtement calcaire en profondeur limite la colonisation des horizons inférieurs.

Le test à l'acide sulfurique + thiocyanate de potassium indique une présence de Fer plus importante en profondeur qu'en surface (lessivage).

Certaines matières organiques dans l'horizon supérieur sont de type « Ni-Ni », elles s'accumulent sans participer aux processus de minéralisation ou d'humification. Pour favoriser l'évolution de ces matières, il faudrait augmenter la porosité de cet horizon.

Ce type de sol possède à priori une capacité de fixation réduite, notamment parce que l'altération des galets siliceux ne fournit pas d'argiles « vraies » (minéralogiques) : les apports de matières organiques et de fertilisants doivent donc être réalisés en quantités limitées mais de façon régulière.

4.2 PROFIL CULTURAL (Y. Gautronneau)

Horizon	Caractéristiques structurales
H 1 0-10/12 cm Limite floue	Mottes = Terre fine Structure plutôt grumeleuse Etat interne des mottes : Γ (porosité élevée) et ΔO (compactage modéré) L'horizon est globalement bien poreux, il a été repris récemment.
H 2 10/12-28 cm	Horizon décompacté récemment, non repris. A 28 cm de profondeur, présence de lissages de dents espacées de 50 cm. La structure est continue (C), avec des fissures. Sous les roues du tracteur, on note un état de compaction modérée (ΔO) résultant d'un re-tassement après travail du sol. Hétérogénéité latérale de l'épaisseur de l'horizon cultivé
28-60	Structure continue. Niveau de compaction modéré. Argiles de type montmorillonite (gonflantes) qui permettent une restructuration naturelle. Nombreuses galeries de vers de terre de petite dimension (endogés ?).

Observation de l'activité des vers de terre :

On dénombre les orifices des galeries sur un plan horizontal de 1 m de large sur 20 cm, à une profondeur de 55 cm environ. Dans le cas présent, on a 80 trous/m², ce qui correspond à une activité plutôt faible (bonne activité à partir de 400 trous/m² ? chiffre en cours de calage).

Conclusion :

L'état structural du profil observé est très favorable sur 60 cm. Le sol est bien aéré et ne nécessite pas de décompaction. L'activité des vers de terre, bien que modérée, est significative et principalement assurée par les endogés.

Le sol est bien prospecté par les racines et laisse circuler l'eau jusqu'au niveau d'encroûtement (1,2 m), Pour améliorer l'évolution de la matière organique dans les horizons supérieurs, il faut éviter l'apport de matières organiques stables, et privilégier les engrais organiques et les engrais verts peu lignifiés.

4.3 ANALYSES DE LABORATOIRE (Alma-Terra et Amisol)

4.3.1. Caractérisation physique

Profondeur (cm)	% A	% L	% S	% M.O	CEC (Cmol ⁺ /kg)	pH _{eau}	% Ca total	C/N	Texture
0-30	24,7	49	26,3	2,2	13,6	8,6	0,3	9,6	Las
30-50	23,7	43,1	33,2	1,4	11,4	8,6	0,3	7	Las

Tableau 1 : Caractérisation physique - Alma-Terra

Profondeur (cm)	Coefficient de Fixation (CF)		%Fines	Bases (Alcalino-Terreux : AT)			Acidité	
	Valeur	Echelle		Valeur	Besoin AT/CF	% Mg	Taux de saturation	Mg/AT
0-30	1,5	0 à 7	19 %	0,5	0,6	24	83 %	24 %
30-50	1,7		19 %	0,45		30	(réf. : 100)	(réf. : 10-15)

Tableau 2 : Caractérisation physique - Amisol

- ☞ La texture est Limono-argilo-sableuse, homogène sur les 50 premiers centimètres.
- ☞ La teneur en Matière organique totale est correcte.
- ☞ La CEC, de l'ordre de 12-13 Cmol⁺/kg, est moyenne. Le CF (coefficient de fixation) est faible.
- ☞ **L'état calcique :**

- est jugé correct en analyse classique (Alma Terra) sur les 50 cm : le pH est basique et la CEC est quasi saturée par le Calcium (94 à 97 %). Le taux de saturation de la CEC est de 117 %.

- est jugé déficient en analyse Hérody (Amisol) : le Complexe Organo Minéral amorce sa désaturation en bases (AT/CF de 0,5 pour une valeur souhaitable de 0,6) et le taux de saturation est de 83 %. Il faut prévoir des apports d'entretien.

Rappelons que sur le terrain, les tests à l'acide chlorhydrique dilué ne faisaient pas effervescence sur ces 2 premiers horizons. Le calcium est entraîné en profondeur par lessivage (sol décarbonaté). L'état calcique de ce sol est donc à surveiller.

4.3.2. Caractérisation chimique

Prof (cm)	% P ₂ O ₅ (JH)		% K ₂ O		% MgO		% CaO	% NaO
0-30	0,28	R	0,40	TR	0,37	TR	3,72	0,02
30-50	0,14	BP	0,21	R	0,35	TR	3,0	0,03

Tableau 3 : Caractérisation chimique - Alma-Terra - P : pauvre - BP : bien pourvu - R : riche - TR : très riche

Prof (cm)	P	K	Mg	Echelle
0-30	5	3	3	0 à 5
30-50	4	3	3	

Tableau 4 : Caractérisation chimique - Amisol

☞ La parcelle est riche à très riche en phosphore, potassium et magnésium dans l'horizon cultivé.

L'horizon sous-jacent assure aussi une réserve importante en ces 3 éléments.

☞ Les deux types d'analyses sont cohérents, mais l'analyse du BRDA-Hérody (Amisol) donne des richesses plus faibles en potassium et surtout magnésium.

4.3.3. Le Fer

Dans l'approche développée par le BRDA-Hérody, c'est le Fer (2 formes) qui assure la liaison de la fraction organique humifiée sur des particules fines de type argile ou limon (Complexe Organo Minéral - COM). Cette liaison est stabilisée par le calcium ou le magnésium.

Prof (cm)	Fer de Liaison		Fer Amorphe	
	Valeur	Optimum	Valeur	Optimum
0-30	50	75	15	70
30-50	50		15	

Tableau 5 : Dosage du fer - Amisol

☞ Les niveaux de Fer de Liaison (Fer L) et surtout de Fer Amorphe (Fer A) sont insuffisants par rapport aux besoins de construction du COM. Des apports organiques labiles (engrais verts, composts réducteurs) et de petits chaulages, conjugués avec une bonne aération du sol, permettraient de réguler les disponibilité des formes fer L et fer A.

4.3.4. Caractérisations organo-biologiques

• matières organiques (MO)

		Profondeur (cm)	
		0-30	30-50
MO libre	Granulométrie (%)	26,3	33,2
	% C total	28,5	23,8
	% M.O	0,63	0,32
	% N total	20,4	16,5
	C/N	13,4	10,2
MO liée	Granulométrie (%)	73,7	66,8
	% C total	71,5	76,2
	% M.O	1,58	1,04
	% N total	79,6	83,5
	C/N	8,6	6,4

Tableau 6 : Caractérisation des matières organiques - Alma-Terra

☞ **En surface**, la structure de la M.O est bien équilibrée avec des teneurs en MO libre (facilement minéralisable) et MO liée (matières humiques) satisfaisantes.

La « qualité » de la MO libre est bonne avec un C/N de 13,4. La « qualité » de la MO liée est aussi satisfaisante avec un humus bien stabilisé et intégré dans la matrice minérale.

☞ **Dans l'horizon 30-50**, la structure de la MO est aussi bien équilibrée. La MO libre, bien qu'en proportion importante, est assez évoluée et stabilisée dans cet horizon inférieur.

Profondeur (cm)	Humus Stable (HS) = MTO-MOF		Matière Organique Facilement minéralisable (MOF)		3°F	MO insolubilisée	MTO
	Valeur	Optimum	Valeur	Optimum	(0,3 à 0,6)	(100 à 200)	
0-30	3,7	1,9	12 %	20%	0,35	145	4,2
30-50	3,3		11 %		0,20	110	3,7

Tableau 7 : Caractérisation des matières organiques - Amisol

☞ La teneur en matières organiques est élevée, avec une prédominance des formes stables (HS), alors que la teneur en matières organiques facilement minéralisables (MOF) est un peu en deçà de l'optimum, 20 %. La teneur en MTO dans l'horizon inférieur traduit cependant des phénomènes de lessivage.

☞ Les niveaux de 3^{ème} fraction et de MO sous forme insolubilisée sont réduits, signe que la matière organique évolue bien.

• **Biomasse microbienne**

Dans l'horizon 0-30, la taille du compartiment biomasse microbienne est bonne en valeur absolue et forte en valeur relative par rapport au stock de MO du sol. L'environnement sol et la qualité des restitutions organiques est favorable à la production de biomasse microbienne. Les activités biologiques sont satisfaisantes, avec des potentiels de minéralisation qui laissent présager une très forte fourniture en azote (147 u N/ha/an).

Profondeur (cm)	0-30		30-50	
C total (‰ de Terre Sèche)	12,8	C	7,9	f
% C microbien (BM Biomasse Microbienne)	2,2	F	3,3	F
Indice d'Activité Microbienne (I.A.M)	0,05	f	0,02	f
C minéralisé (Cm) (mg/kg/28 jours)	296	C	49	Tf
Indice de minéralisation du Carbone (%)	2,3	C	0,6	Tf
Cm/BM (activité de la biomasse microbienne)	38	C	7	f
N minéralisé (Nm)	28,1	F	9,6	f
Indice de minéralisation de l'azote N (%)	2,1	F	0,9	f

Tableau 8 : Caractérisation de la biomasse microbienne - Alma-Terra

Tf : très faible - f : faible - C : correct - F : fort - TF : très fort

Dans l'horizon 30-50, la teneur en biomasse microbienne est correcte en valeur absolue mais très forte en valeur relative (3,3 % du C, contre 2,2 % dans l'horizon supérieur), ce qui est surprenant. La biomasse est peut-être stimulée par des exsudats racinaires en profondeur ou par une accumulation de MO soluble, lessivée depuis la surface. Le travail du sol profond, par des sous-solages à 60 cm 1 à 2 fois par an, favorisent aussi la descente de MO soluble et l'activité de la biomasse microbienne par augmentation de l'aération.

Les activités biologiques sont très faibles. La quantité d'azote potentiellement minéralisable est estimée à 50 u N/ha/an. Le fonctionnement de cet horizon est globalement équilibré et concordant avec ce que l'on attend d'un horizon inférieur.

Les Indices d'Activité Microbienne (IAM) ne semblent pas adaptés pour caractériser le fonctionnement du sol car cet indice est toujours très faible quelle que soit la profondeur (très peu d'enzymes actives dans le sol), contrairement à ce qu'indiquent les résultats précédents.

☞ **les conclusions des 2 types d'approche organo-biologiques ne sont pas tout à fait concordantes.**

Les analyses pratiquées par Alma-terra indiquent de bonnes teneurs en MO, une bonne répartition entre MO libres et MO liées et une biomasse microbienne bien active (bonnes activités de minéralisation). Les analyses réalisées sur le même profil par Amisol concluent à des taux de MO plutôt élevés, avec prédominance des formes humifiées (HS), et des matières organiques facilement minéralisables (MOF) un peu faibles.

Les 2 types d'analyses conduisent donc à des préconisations un peu différentes :

- politique d'entretien selon les résultats de l'analyse Alma Terra, avec des épandages de MO moyennement stables, de façon à apporter à la fois des MO précurseurs de MO liées et de MO libres.
- privilégier les MO à minéralisation rapide de façon à apporter davantage de précurseurs de MOF, quelque peu déficientes dans ce sol selon l'analyse Hérody. Un apport de compost peut être réalisé de façon complémentaire à l'automne.

5 - CONCLUSIONS - conséquences pratiques sur la conduite de la parcelle

☞ L'observation des profils pédologiques et culturaux permet de conclure sur un **sol moyennement profond doté d'un bon potentiel**. La texture, limono-argilo-sableuse, rend ce sol assez sensible à la compaction et aux tassements mais l'état structural observé sur le terrain est très satisfaisant : porosité importante, vers de terre relativement actifs, seuls quelques lissages sans gravité à 28 cm de profondeur.

☞ L'état calcique est à surveiller.

☞ Les teneurs en éléments nutritifs sont élevées. Des impasses sont possibles. Ensuite, les apports doivent être réalisés de façon régulière en petites quantités car la CEC et le CF sont assez faibles. Notons que les analyses Hérody donnent des richesses moins importantes que les analyses classiques, notamment en K_2O et MgO .

☞ Les diagnostics sur les teneurs en MO et la répartition entre les formes divergent quelques peu. L'analyse Hérody préconise d'augmenter la part relative de MOF par des apports de MO minéralisant assez rapidement (composts jeunes, fientes, guano, engrais verts) alors que l'analyse Alma Terra donne des résultats satisfaisants entre les formes de MO.

ANNEE DE MISE EN PLACE : 2001 - ANNEE DE FIN D 'ACTION : non définie

ACTION : nouvelle ○ en cours ● en projet ○

Renseignements complémentaires auprès de : H . Védie - GRAB - Agroparc BP 1222 84911 Avignon cedex 9 - tel 04 90 84 01 70 - fax 04 90 84 00 37 - mail marachage_grab@freesbee.fr

Mots clés du thésaurus Ctifl : fertilité / diagnostic de parcelle / profil cultural / analyse de sol

Date de création de cette fiche : novembre 2004