

FERTILITE DU SOL : QUELS INDICATEURS COMPLEMENTAIRES ?

BILAN 2012

C. CARDET
A. CHALINE

CDDL

ARELPAL
8.02.01.51 CC

I - But de l'essai

La fertilité des sols est une composante importante du système légumier et maraîcher en agriculture biologique. Cette étude multi site pluriannuelle a pour objectif la compréhension de la complémentarité des utilisations de la méthode « analyse BRDA-Hérody », analyse chimique classique et du profil cultural. Nos résultats doivent aussi permettre de comprendre, améliorer ou maintenir une fertilité optimale des différents types de sols à la fois en production sous abri et en culture plein champ dans le contexte agronomique de l'Anjou.

II - Matériel et Méthodes

Dispositif expérimental

Modalités de 1 à 5 : sites conduits en agriculture biologique en terre sableuse et sablo limoneuse en culture de plein champ ou sous abri.

Modalité 6 : site en production conventionnelle avec une succession de cultures radis/mâche.

Modalité	Mode de culture	Type de sol	Situation géographique	Mode production (nombre d'année en BIO)
1-	Abri (Tunnel 3)	Sol sableux (marne à huitre)	Beaufort en Vallée	AB (25 ans)
2-	Abri (Tunnel 5)	Sol sableux (sable éolien)	Beaufort en Vallée	AB (25 ans)
3-	Plein champ	Sableux	Longué Jumelles	AB (35 ans)
4-	Plein champ (parcelle A)	Limono sableux	St Georges / Layon	AB (20 ans)
5-	Plein champ (parcelle B)	Limono sableux	St Georges / Layon	AB (20 ans)
6-	Abri (Multichapelle)	Limono sableux	Villebernier	conventionnel

Caractéristiques des prélèvements et analyses

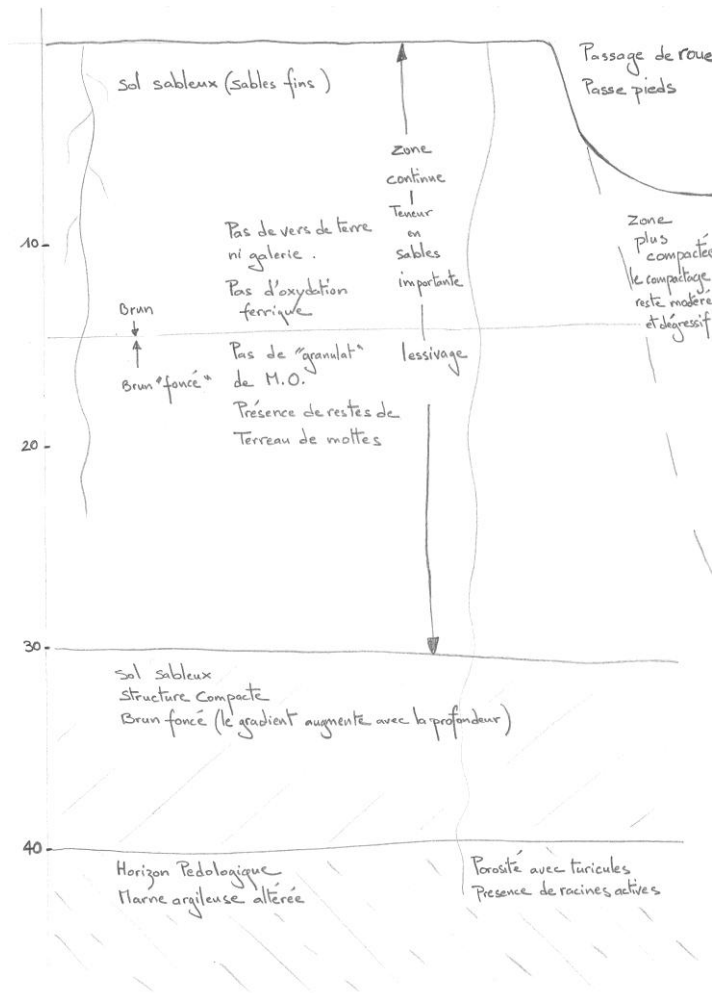
Les prélèvements pour les analyses Herody ont été effectués en mai 2012, envoyés au BRDA dans le Jura pour analyse et les commentaires effectués par Virginie Riou agropédologue à la Chambre d'Agriculture du Maine et Loire. Les profils de sol ont été effectués par le CDDL en octobre 2012 sur les modalités 2, 4 et 6 (annexes 1, 2 et 3).

TABLEAU 1

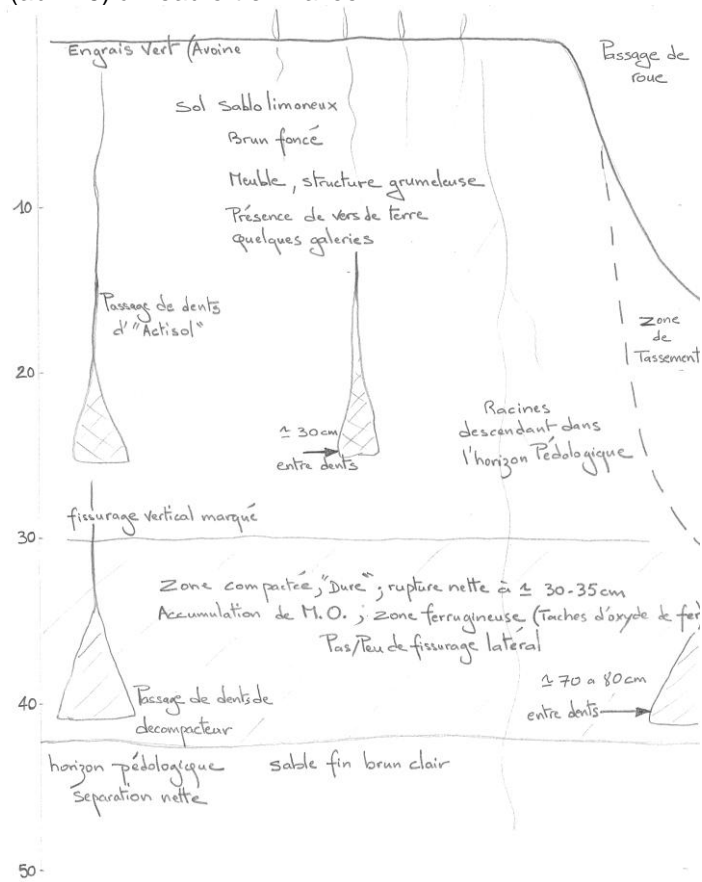
	printemps 2011	été 2011	automne 2011	hiver 2011-12	printemps 2012	été 2012	automne 2012	hiver 2011-12
abri sable T3	pomme de terre	solarisation	mache	radis navet	tomate aubergine poivron		salade persil	
abri sable T5	tomate aubergine poivron			carde persil	tunnel débâché	carotte botte radis		
PC sable	blé	couvert spontané						
PC limono sableux	pomme de terre echalote oignon haricot		engrais vert		courgette celeri fenouil		engrais vert	
PC limono sableux	courgette		engrais vert		carotte panais celeri rave		engrais vert	
	courgette fenouil haricot celeri		engrais vert		salade		engrais vert	
Abri limono sableux	mache		radis		mache		radis	
	analyse chimique ↑		↑ profil cultural		↑ profil cultural		↑ profil cultural	
Abri argileux bitonne B2								

III – Résultats/Discussion

Les 4 analyses Herody (2006, 2008, 2010, 2012) sur chaque parcelle sont à relier aux analyses chimiques (2006, 2007, 2009 et 2011) et aux profils de sol effectués sur les parcelles. Les modalités 1 et 2 gardent une disponibilité importante en éléments du fait de la richesse du sous-sol. Les parcelles 4 et 5 maintiennent une richesse en éléments minéraux très correcte qui est liée au type de texture de sol et au système de production maraîchère plein champ. La parcelle plein champ en sable a atteint un niveau plancher tant pour la matière organique que pour les éléments nutritifs. La modalité 6 avec des successions rapides de cultures (radis/mâche) maintient une disponibilité satisfaisante en éléments nutritifs.



Annexe 1 : profil cultural (abri T5) à Beaufort en Vallée



Annexe 2 : profil cultural (parcelle A) St Georges/Layon

TABLEAU 2

modalité	type sol	année	surface										profondeur									
			AT	MTO	HS	optimum HS	pourcentage MOF	3F	NiNi	P	K	Mg	AT	MTO	HS	optimum HS	pourcentage MOF	3F	NiNi	P	K	Mg
1	abri sable T3	2006	10	1.7	1.4	3.2	21	2,00	365	5	5	5	6,8	1,9	1,4	NS	21	1,00	95	4	5	5
		2008	7,4	2,5	2,2	3,1	12	1,35	475	4	2	5	8,1	2,3	2,1	3,2	9	0,75	190	3	3	5
		2010	6,6	3,1	2,7	3	11,5	1,25	530	5	5	5	8	3,3	2,8		15,1	0,95	390	3	5	5
		2012	6,8	2,3	1,8	3,1	23,5	0,90	365	5	4	5	7,7	1,95	1,5		23,5	0,60	170	3	3	5
2	abri sable T5	2006	1,2	1	0,9	1,7	14	1,00	230	5	4	4	0,4	0,9	0,8	NS	11	0,00	75	5	5	2
		2008	1,2	2,2	2	1,75	9	0,35	185	5	2	3	0,9	1,4	1,4	2,9	3,5	0,15	45	5	5	5
		2010	1,3	3,4	3	1,8	10,4	0,80	300	5	4	5	0,9	1,8	1,6		11	0,20	85	5	4	4
		2012	1,7	2,7	2,3	2,1	14,7	0,55	255	5	4	4	1	1,5	1,2		16,7	0,20	100	5	3	3
3	PC sable	2006	0,2	1,7	1,4	1,5	21	1,00	225	4	3	1	0,15	0,9	0,8 / NS	NS	16	0,00	215	3	2	1
		2008	0,25	2,4	2,2	1,45	10	0,30	115	4	3	4	0,15	1,1	0,9	1,45	14	0,20	95	3	3	3
		2010	0,15	1,8	1,7	1,4	6	0,25	100	4	3	1	0,15	1	1		0	0,10	115	4	3	1
		2012	0,25	1,8	1,6	1,5	11	0,30	100	4	3	2	0,2	1,4	1,2		14	0,20	95	4	3	1
4	PC limono sableux	2006	0,6	2,8	2,5	2,6	11	2,00	330	5	4	2	0,6	1,4	1,2	NS	17	0,00	120	3	4	2
		2008	0,6	3,4	3,2	2,5	6	0,50	150	5	4	2	0,4	0,9	0,9	1,8	0	0,25	75	4	3	2
		2010	0,7	3,8	3,5	2	6,6	0,75	200	5	3	2	0,45	2	1,9		7,4	0,40	130	5	3	2
		2012	0,45	2,9	2,7	2,6	5,2	0,70	125	5	4	2	0,55	2,3	2,3		0	0,45	75	5	3	2
5	PC limono sableux	2006	0,55	1,7	1,5	2,6	12	1,00	250	5	5	2	0,35	1,2	1,1	NS	9	0,00	170	3	3	1
		2008	0,6	3,4	3,1	2,9	7,5	0,25	190	5	5	2	0,55	2,3	2,1	3,2	9	0,35	100	4	3	1
		2010	0,6	2,9	2,7	2,6	6,8	0,60	155	5	3	2	0,5	2,1	2		4,7	0,20	130	5	3	2
		2012	0,3	3,05	2,85	2,6	6,5	0,70	195	5	5	3	0,2	2,4	2,2		8,3	0,55	135	5	4	2
6	Abri limono sableux	2006	0,4	2,1	1,8	1,8	12	1,00	120	4	5	4	0,35	1,5	1,2	NS	17	0,00	55	3	3	3
		2008	0,35	2,3	2,1	1,7	9	0,30	105	4	5	5	0,4	1,7	1,6	2,5	6	0,15	45	3	1	3
		2010	0,3	2,1	1,9	1,7	9,6	0,30	85	4	5	5	0,3	2,1	1,9		7,2	0,30	80	3	1	3
		2012	0,3	2,1	1,9	1,9	9,3	0,45	70	5	5	3	0,3	2,2	2,2		0	0,35	50	5	5	4
excès		carence																				

Parcelle Beaufort en Vallée

Pour les deux parcelles, la richesse en éléments et oligo-éléments ne varie pas et reste très importante avec des excès en phosphore, calcium, magnésium et potasse du fait du type de sous-sol constitué de marne argileuse (argile coquiller). Le sol est calcaire et dispense de tout chaulage d'entretien sur ces tunnels.

Pour le tunnel 5, on note une accumulation de matière organique inutilisable (NiNi) surtout en surface, ce qui peut s'expliquer par l'utilisation de plants en motte. La part de matière organique fraîche (MOF) est correcte. La texture sableuse de ce sol et le manque de fer de liaison, font que ce sol n'a pas une si grande « capacité réservoir ». Les apports sous forme de compost jeune ou fumier seront sur la base de 15-20 T/ha de matière organique fraîche.

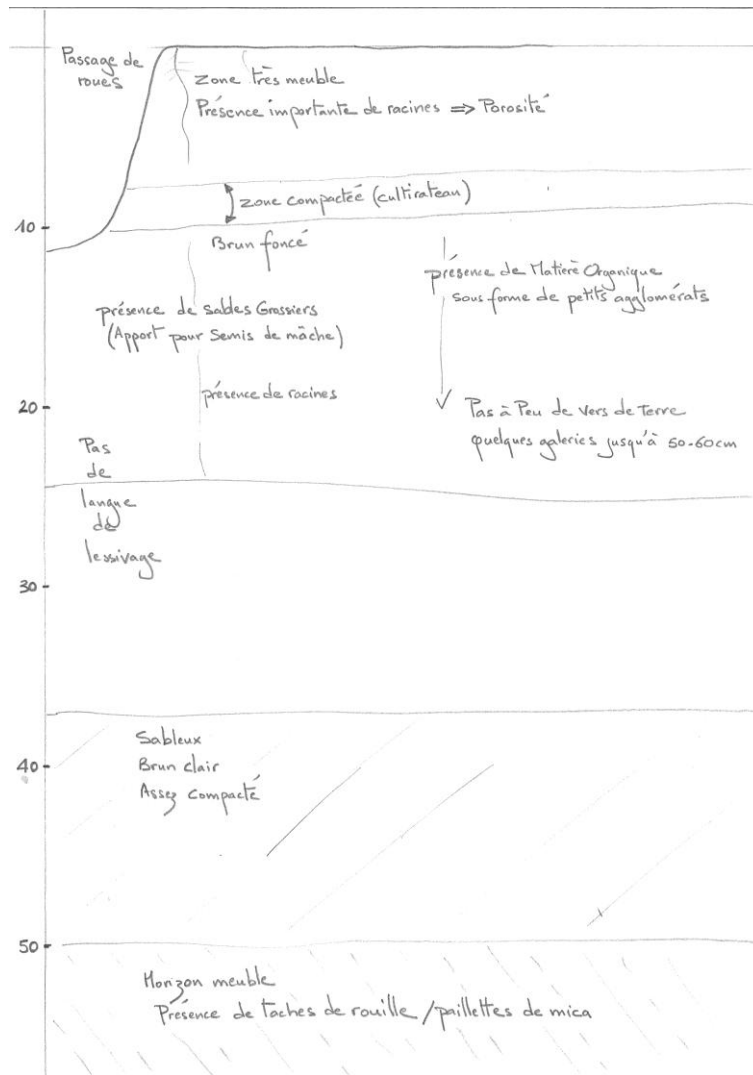
Depuis 2006 dans le tunnel 3, on note toujours une part importante de matières organiques non fonctionnelles (NiNi et 3^{ème} fraction). Est-ce dû aux anciens apports de marc de raisin qui deviennent détectables à l'analyse ou de l'utilisation importante de plants en motte (tourbe utilisée) ? La part de MOF avait tendance à diminué avec une augmentation en 2012 : y-a-t-il eu des changements de pratiques ? Par contre, la dégradation du taux HS comparativement à 2010 s'explique peut-être par des apports insuffisants de matière organique (10-15 T/ha fumier). Selon les résultats de l'analyse Hérody pour maintenir un bon fonctionnement et une bonne activité biologique du sol, les apports devraient être de 30 t/ha de fumier frais.

Le profil est réalisé dans le tunnel 5 après une période estivale où le tunnel a été non cultivé du fait de son débachage (annexe 1). Le sol a une coloration brune un peu plus foncée à 15-30 cm qu'en surface. La texture très sableuse du sol en surface provoque un lessivage modéré de la matière organique vers cet horizon mais sans observation de « paquet » de matière organique. Avant l'horizon pédologique, une zone brun foncée compacte indique une accumulation de matière organique que le travail du sol ne perturbe pas du fait de la compaction des mottes. L'horizon pédologique à partir de 40 cm est constitué d'altération de marne très friable avec une porosité importante où les racines vont capter l'eau.

Longué Jumelles

La modalité 3 très sableuse présente une texture du sol avec peu de capacité de réserve. Depuis 2006, la quantité de matière organique totale (MOT) n'a pas évoluée. Par contre, le compartiment matière organique fraîche (MOF) et celui des matières organiques non évoluées (NiNi) ont beaucoup diminué. Dans ce type de sol, à faible réservoir, il est indispensable de maintenir à la fois une bonne activité biologique et un minimum de matière organique. Les résultats semblent montrer un « déstockage » de NiNi pour alimenter les besoins du sol en humus stable. Il est donc indispensable de faire des apports de fumier frais, de compost jeune ou d'engrais vert (com. Pers V. Riou). Le sol est aussi en voie de désaturation et le taux d'aluminium présent dans le sol le confirme engendrant une toxicité pour les plantes. Un chaulage d'entretien sous forme de calcaire broyé à la dose de 400 kg/ha/an est nécessaire au vu des deux points constatés précédemment. Sans apport depuis 4-5 ans ce sol arrive à un niveau critique pour son utilisation en maraîchage et des apports conséquents devront être effectués avant la remise en place d'une production maraîchère.

Le profil de sol en 2011 montrait un lessivage modéré comparativement à 2009 ce qui se confirme avec les résultats d'analyses en surface et en profondeur qui n'indique pas de lessivage de la matière organique (HS, 3F et NiNi). Ce sol a une faible capacité hydrique et fonctionne par à-coup du fait que la vie microbienne s'arrête rapidement en absence d'humidité ou d'hydromorphie. Avec les mouvements ascendants et descendants de l'eau issue de la pluviométrie, le couvert végétal est le seul moyen de maintenir une bonne structuration du sol et une activité biologique convenable.



Annexe 3 : profil cultural Villebernier

St Georges / Layon

Comparativement à l'analyse chimique, le phénomène de désaturation du sol en calcium reste le point d'amélioration essentiel malgré un chaulage en 2011 (400 kg/ha parcelle A et 600 kg/ha parcelle B) pour stopper le phénomène de désaturation observé par les analyses dès 2010. Les assolements maraîchers sollicitant fortement le sol des apports réguliers d'entretien (500 kg/ha parcelle A et 800 kg/ha parcelle B) doivent être effectués d'autant plus que l'on observe de l'aluminium libre dans le sol. Les compartiments des différentes formes de matières organiques sont bien équilibrés sauf pour les matières organiques permettant de stimuler l'activité microbienne (MOF). Il faut continuer à avoir des pratiques qui favorisent les MOF : engrais vert, fumier frais, compost jeune sans pour autant négliger les apports de matières organiques qui servent à entretenir le « stock » du sol. En année normale, la parcelle B présente une hydromorphie hivernale importante, ce qui peut bloquer l'activité microbienne temporairement et faire augmenter les NiNi. Ces dernières années sont plutôt sèches excepté 2012, accompagnées de bonnes pratiques qui peuvent expliquer la diminution des NiNi.

Sur le profil de la parcelle A (annexe 2), nous avons jusqu'à 30 cm un sol brun foncé de coloration homogène avec une structure souple fine à assez grumeleuse et le passage des dents de l'Actisol s'observe bien. A partir de 30 cm la texture du sol est plus compacte jusqu'à 45 cm mais elle est réameublie par le passage du décompacteur mais entre les dents la structure reste très dense. L'exploration racinaire de ces deux horizons est bonne jusqu'à l'horizon pédologique. Ensuite, la structure de la zone P1 (sable brun clair) est dense mais pas compactée avec quelques taches rouille d'hydromorphie. Le travail du sol en planches permanentes ne provoque pas de phénomène de compactage important même au niveau des passes pieds.

Villebernier

Depuis le début de l'expérimentation, cette parcelle sous abri multichapelle utilise le sol sans discontinuité avec en été de la mâche (4 cultures) et durant l'automne-hiver du radis (3 cultures). Ce type d'assolement nous indique l'évolution des différents compartiments de la matière organique dans le cadre d'un système intensif.

Depuis 2006, on note une diminution de NiNi (matière organique très stable) qui était déjà à un niveau faible au départ. Cette matière organique, souvent non utilisée, a été, ici, mobilisée. On peut alors s'interroger sur l'appauvrissement à terme du « stock de réserve » de matière organique du sol. La part de MOF est toujours à un niveau insuffisant, surtout dans ce type de sol où les micro-organismes jouent un rôle prépondérant dans la stabilité structurale. Il faut apporter de la matière organique au sol sous forme « fraîche » (fumier frais, compost jeune ou engrais verts), en petite quantité et de façon fractionnée. Mais ne faudrait-il pas également et de façon ponctuelle, faire un apport de matière organique « plus structurant » (ISB plus élevé) pour renforcer le stock de sol (qui semble lentement s'épuiser) et assurer une stabilité structurale dans le temps. Depuis 2010, on observe la présence d'aluminium qui peut être due à une libération d'aluminium qui était lié au calcaire auparavant (ou à de la matière organique stable ?). Il est donc nécessaire d'effectuer un chaulage d'entretien régulier pour maintenir un niveau d'aluminium en dessous du risque de toxicité et des apports de matières organiques équivalent à 15-20 t/ha de fumier.

Sur le profil post récolte de mâche (annexe 3), nous observons toujours les 3 mêmes horizons agricoles et 1 horizon pédologique sur 35-40 cm de profondeur. L'intensité de la couleur brune est plus marquée dans les 35 premiers centimètres avec une structure continue du fait de la texture sablo-limoneuse du sol avec du sable grossier accumulé à 15-20 cm de profondeur. En dessous de la zone de travail de sol à 35 cm, l'horizon pédologique P₁ de type limono-sableux brun clair présente pendant 10-15 cm une zone compactée puis meuble avec des concrétions ferro-manganiques du fait d'une hydromorphie temporaire au printemps.

IV - Conclusions

Nos résultats pluriannuels multi site indiquent les évolutions suivantes :

- Dans les sols les plus sableux et les plus sollicités sur le plan de l'assolement le risque de décalcification du sol s'observe par la diminution des bases alcalino-terreuses (AT) et la libération d'aluminium lié au calcaire ou à de la matière organique. Les apports d'entretien en calcium sont en général insuffisants du fait de cette sollicitation permanente du sol à toutes les saisons.
- Lorsque l'horizon pédologique riche en éléments nutritifs est proche de la surface, le sol cultivé exprime nettement l'influence du sous-sol (calcaire, mica) avec une teneur élevée en éléments fertilisants.
- Les taux globaux de matière organique semblent stables même dans le cas de la parcelle très sableuse en plein champ où on atteint un niveau plancher. Du fait de l'utilisation permanente du sol, les compartiments de la matière organique sont entretenus généralement sans excès. L'humus stable reste à un niveau correct mais le compartiment matière organique fugitive (MOF) utile pour la vie biologique du sol reste insuffisant voire diminue de 2007 à 2012. La matière organique normalement très stable NiNi et 3F ont souvent un niveau faible qu'en 2007 et sont donc utilisés pour le fonctionnement du sol.
- Les profils pédologiques montrent que les sols restent fragiles en cas de rotation courte et les phénomènes de lessivage et d'hydromorphie apparaissent rapidement et à n'importe quel moment.

En conclusion, le profil de sol permet d'optimiser le travail du sol et confirmer le caractère indispensable du couvert végétal hivernal. La compréhension de l'évolution des compartiments de la matière organique stable (HS, MOF, NiNi, 3F) nous amène à réfléchir sur la pertinence de la quantité et la qualité des apports de matière organique fraîche ou compostée pour maintenir le meilleur état de fertilité des sols d'Anjou.