

# Impact des pratiques culturales sur la vie du sol

---

**Pascal GUILBAULT**

**Chambre d'Agriculture de la Gironde, Service Vigne et Vin,**  
39 rue M. Montaigne, BP 115, 33294 Blanquefort Cedex

Le sol a longtemps été considéré uniquement comme un substrat minéral dans lequel les plantes plongent leurs racines. Ce n'est qu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle que l'on a commencé à percevoir le sol comme un milieu vivant (DAVET, 1996). Certains organismes du sol sont considérés favorables à la culture (micro-organismes biodécomposeurs, mycorhizes...), d'autres sont perçus défavorables tels que des champignons lignivores (pourridiés) ou des nématodes vecteurs de maladies comme le court-noué de la vigne.

A défaut de pouvoir étudier l'ensemble des populations, plusieurs indicateurs de la qualité biologique des sols ont été développés. En viticulture, la Biomasse Microbienne (BM) s'est révélée être l'indicateur le plus satisfaisant et le plus accessible dans l'état actuel de nos connaissances. De plus, il autorise un suivi annuel. La BM est une mesure globale représentant une quantité de carbone « vivant » dans le sol. La méthode consiste à traiter la terre prélevée sur les 20 premiers centimètres de sol avec des vapeurs de chloroforme qui solubilisent la quasi-totalité des micro-organismes du sol. La différence de carbone organique soluble entre un échantillon fumigé et un témoin non fumigé fournit la quantité de carbone extractible d'origine microbienne (CHAUSSOD, 1996). La biomasse microbienne des sols cultivés varie entre 0 et 800 mg de carbone par kg de terre et peut dépasser 1200 mgC/kg de terre sous prairie (SALDUCCI, 2004). Dans le contexte agricole, la viticulture fait figure de parent pauvre en ce qui concerne la qualité biologique de ses sols, en raison principalement de ses faibles teneurs en matière organique, source de nourriture indispensable aux micro-organismes. D'autres facteurs tels que la destruction des plantes adventices, les taux excessifs de cuivre ou le tassement des sols peuvent également être incriminés. Ainsi, sur plusieurs centaines d'échantillons analysés depuis 7 à 8 ans par le Service Vigne & Vin de la Chambre d'Agriculture de la Gironde, la taille de la BM a rarement dépassé 200 mgC/kg de terre, la valeur médiane étant voisine de 100.

Dans le cadre de ses études sur la composante biologique des sols, la Chambre d'Agriculture de la Gironde a cherché à développer ses connaissances sur l'impact des pratiques culturales sur la biomasse microbienne, afin d'assurer un conseil approprié à la profession viticole, et participer à la mise en place de référentiels viticoles, régionaux et nationaux. Dans le cadre de cet article, nous développerons plus particulièrement les résultats obtenus sur un essai, mené en collaboration avec la société Phalippou-Frayssinet, qui compare des fumures d'entretien organiques et minérales sur vigne.

## Comparaison de fumures organiques et minérales

L'essai est conduit sur une parcelle plane, sableuse (85 % de sables), reposant sur un substrat argileux vers 1 m de profondeur. Le sol est pauvre en matières organiques (9,6 g/kg) et présente une faible capacité d'échanges cationiques (~ 3 Cmol+/kg). Le pH est acide (6,3).

La parcelle, d'une densité de 5700 pieds par hectare, est intégralement travaillée avec chausage et déchaussage.

4 modalités d'apports sont étudiées depuis 1997 :

- TEM : témoin sans fertilisation,
- MIN : fumure minérale seule,
- ORG : amendement organique (végéthumus) avec un complément organique P K,
- OMI : amendement organique (végéthumus) avec un complément minéral N P K.

Le dispositif expérimental choisi comprend 5 blocs donc 5 répétitions de chaque traitement.

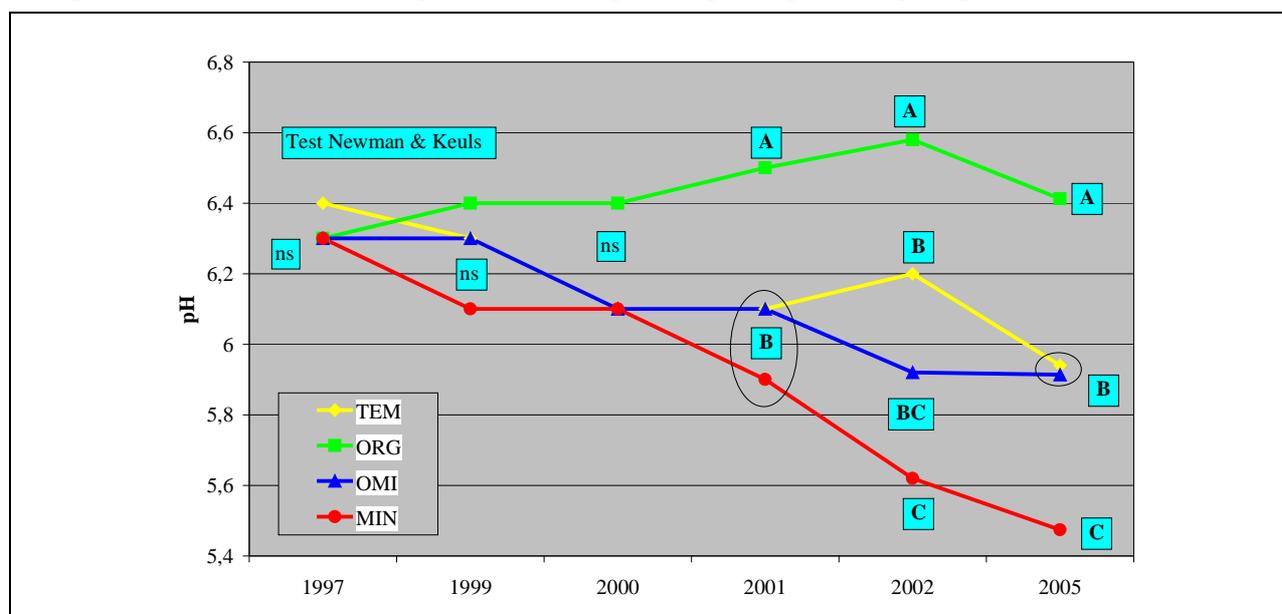
Compte tenu du manque de vigueur observé sur la parcelle, les fumures ont été doublées à partir de 2001, soit : 4 tonnes/ha pour la modalité ORG, 2 tonnes/ha pour OMI et 1 tonne/ha pour MIN. Les doses des différents éléments minéraux apportés sur toutes les modalités traitées sont ainsi devenues : 60 unités d'azote, 40 unités d'acide phosphorique, 120 unités de potasse et 60 unités de magnésie.

## Résultats

### ◆ Evolution du pH

Comme tout sol non calcaire, la modalité témoin, ne recevant pas de fertilisation, tend à s'acidifier naturellement au cours du temps. A partir de 2001, lors de la cinquième année d'apports, des différences deviennent statistiquement significatives entre modalités :

- L'apport de compost sous forme de végéthumus (modalité ORG) a augmenté le pH.
- L'apport d'une fertilisation minérale d'entretien (modalité MIN) a diminué le pH du sol qui est passé de 6,3 à moins de 5,5 en 7 ans.
- La modalité organo-minérale tend à présenter un pH similaire au témoin. L'acidité apportée par les éléments minéraux paraît être compensée par la partie organique.



Légende :

A, B : Groupes statistiques déterminés par le test de Newman-Keuls

ns : non significativement différent d'après l'analyse de variance (risque de 1<sup>ère</sup> espèce de 5 %)

**Graphique n°1 : Evolution du pH depuis le point « zéro » en 1997**

## ◆ Fractionnement des matières organiques

Un fractionnement des matières organiques a été réalisé sur les 20 premiers centimètres de sol en 2000 et 2006 par le laboratoire Alma Terra. Les matières organiques ont été analysées dans 2 compartiments granulométriques (CHAUSSOD, 1999 ; SALDUCCI, 2004) :

- Compartiment sableux (granulométrie > 50µm), correspondant essentiellement à des résidus végétaux facilement dégradables : **MO libres**.
- Compartiment limono-argileux (granulométrie < 50µm) : **MO liées, humifiées ou en voie d'humification**.

### Matières organiques / granulométrie > 50µm : MO libres

	Cmg/g sol		%Ctot		C/N	
	2006	Evol.%	2006	Evol.%	2006	Evol.%
<b>TEM</b>	2,3 C	-35	35	-9	13 B	-91
<b>ORG</b>	3,2 A	-14	41	-7	20 A	-80
<b>OMI</b>	2,9 B	-17	39	1	19 A	-80
<b>MIN</b>	2,7 B	-29	43	0	21 A	-88
	+++	ns	ns	ns	+++	ns

#### Légende :

A, B : Groupes statistiques déterminés par le test de Newman-Keuls

ns : non significativement différent d'après l'analyse de variance (risque de 1<sup>ère</sup> espèce de 5 %)

+ significatif à 0,05

++ significatif à 0,01

+++ significatif à 0,001

### Matières organiques / granulométrie < 50µm : MO liées

	Cmg/g sol		%Ctot		C/N	
	2006	Evol.%	2006	Evol.%	2006	Evol.%
<b>TEM</b>	4,3	-18	65	5	11 A	-17 A
<b>ORG</b>	4,6	2	59	5	9 B	-27 AB
<b>OMI</b>	4,6	-15	61	-1	9 B	-27 AB
<b>MIN</b>	3,7	-21	57	3	8 B	-40 B
	ns	ns	ns	ns	+++	+

#### C mg/g sol :

Teneur en carbone dans la fraction granulométrique

#### %Ctot :

Pourcentage de carbone par rapport à la teneur totale en carbone du sol des 2 fractions

#### Evol.% :

Evolution entre 2000 et 2006

C/N : Rapport carbone sur azote

## Tableau n°1 : Evolution du fractionnement des matières organiques (2000-2006)

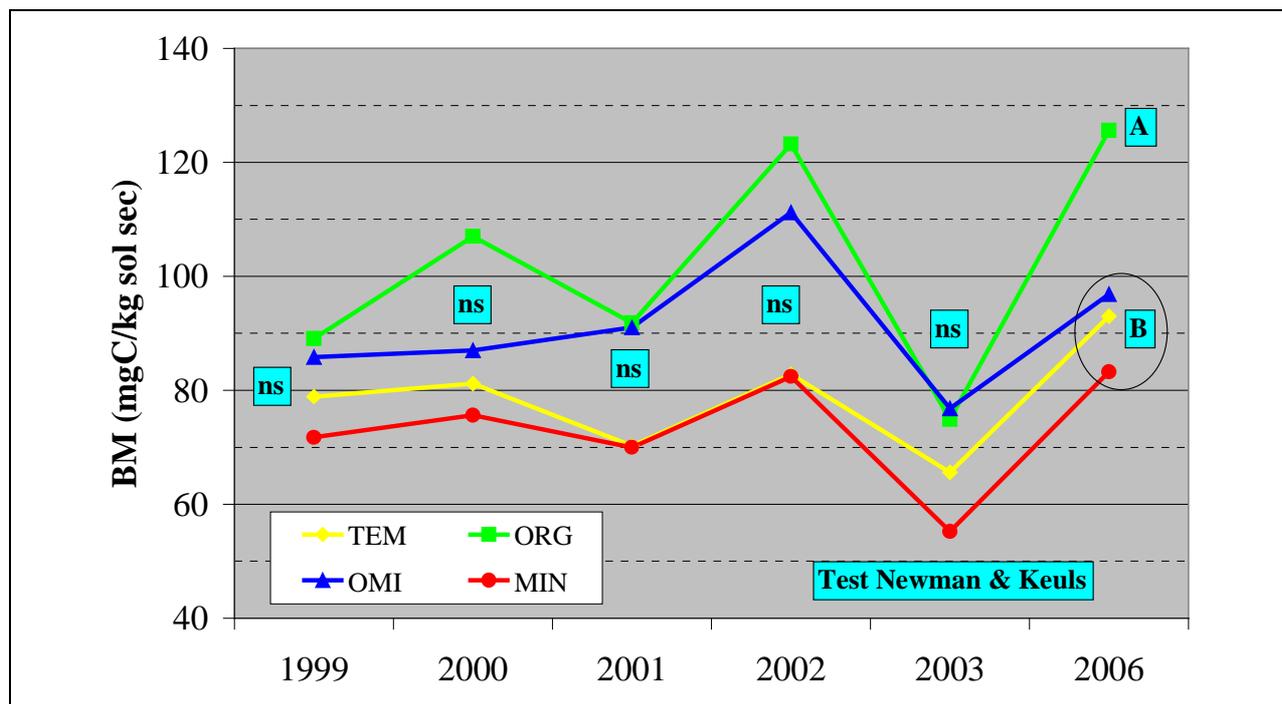
Le tableau n°1 présente les teneurs en carbone relevées dans les 2 fractions granulométriques en 2006 et le pourcentage d'évolution de ces teneurs entre 2000 et 2006.

On remarque des différences de teneurs en carbone hautement significatives entre modalités au sein de la fraction libre. C'est sur la modalité ORG que les teneurs sont les plus élevées puis sur OMI et MIN. Les teneurs les plus basses sont relevées sur le témoin. Les teneurs en carbone ont diminué sur toutes les modalités entre 2000 et 2006, sans présenter de différences significatives entre modalités. Sur la fraction fine, les teneurs ne sont pas significativement différentes.

En ce qui concerne les rapports C/N, si les rapports obtenus sur sol non fractionné sont semblables entre modalités, le témoin présente des C/N notablement plus faibles dans la fraction grossière et plus forts dans la fraction fine. On peut remarquer une diminution importante du C/N de la fraction fine sur la modalité recevant une fertilisation minérale.

## ◆ Evolution de la Biomasse microbienne

Les premières analyses de biomasse ont été réalisées en 1999 soit 2 ans après le début des apports. Nous ne possédons donc pas de véritable « point zéro ».



Légende :

A, B : Groupes statistiques déterminés par le test de Newman-Keuls

ns : non significativement différent d'après l'analyse de variance (risque de 1<sup>ère</sup> espèce de 5 %)

### Graphique n°2 : Evolution de la biomasse microbienne en mg de C microbien/kg terre

En 2006, pour la première fois, la biomasse relevée sur la modalité ORG est significativement plus élevée que sur les autres modalités.

## ◆ Autres indicateurs du fonctionnement organique et biologique du sol

### \* Activités hydrolytiques

Des indices d'activité microbienne ont été mesurés en se basant sur les activités hydrolytiques globales du sol (enzymes en partie impliquées dans la digestion de la matière organique). Les valeurs obtenues sont toutes très faibles et les différences ne sont pas significatives entre modalités.

### \* C et N potentiellement minéralisables en conditions contrôlées de température et d'humidité

Nous avons constaté peu de variations entre modalités. Lorsque des différences statistiques sont relevées, les niveaux restent néanmoins similaires entre modalités.

## ◆ Analyses multidimensionnelles

Le tableau n°2 présente les corrélations obtenues entre les différents paramètres analysés en 2006 sur les 20 premiers centimètres de sol.

	pH	C libre	C lié	Nlibre	Nlié	C/N libre	C/N lié	BM	BM/C	Cmin	Nmin	MgO	Cu	Mn
pH	1					0,53	-0,48	0,71	0,58		0,64			
C libre		1			0,47	0,56				0,45		0,70	-0,57	
C lié			1		0,50			0,53				0,46		
Nlibre				1				0,48			0,52			
Nlié		0,47	0,50		1							0,70	-0,69	
C/N libre	0,53	0,56				1	-0,73	0,74			0,64	0,75	-0,64	-0,61
C/N lié	-0,48					-0,73	1	-0,88			-0,72	-0,49		0,52
BM	0,71		0,53	0,48		0,74	-0,88	1	0,52		0,91	0,53	-0,53	-0,54
BM/C	0,58							0,52	1		0,57			
Cmin		0,45								1	0,45			
Nmin	0,64			0,52		0,64	-0,72	0,91	0,57	0,45	1	0,52	-0,54	
MgO		0,70	0,46		0,70	0,75	-0,49	0,53			0,52	1	-0,86	
Cu		-0,57			-0,69	-0,64		-0,53			-0,54	-0,86	1	
Mn	-0,77					-0,61	0,52	-0,54						1

Valeurs significatives (hors diagonale) au seuil  $\alpha=0,05$  (test bilatéral)

(Remarque : Les teneurs en argile, limon et sable ne sont pas corrélées avec les paramètres de ce tableau. La texture n'entraîne donc pas de biais dans l'étude de la biomasse sur cet essai)

**Tableau n°2 : Table de corrélation entre différents paramètres du sol analysés en 2006**

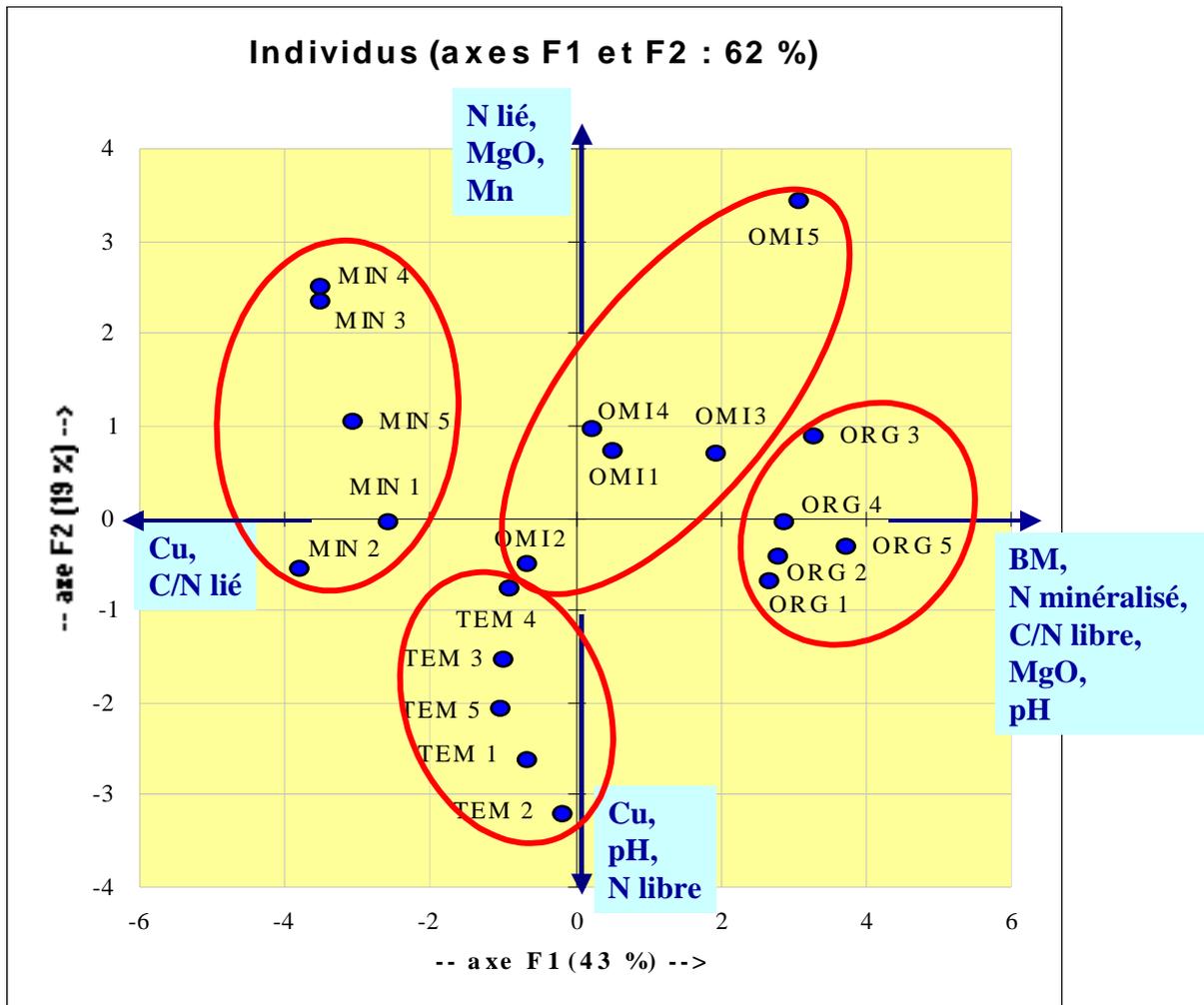
A la lecture du tableau n°2, nous pouvons observer que la biomasse microbienne est significativement corrélée par ordre décroissant avec le potentiel de minéralisation en azote, le rapport C/N de la fraction sableuse, le pH, la teneur en carbone de la matière organique liée, la teneur en magnésie, le rapport BM/C et la teneur en azote de la matière organique libre. Elle est en revanche corrélée négativement avec le C/N de la matière organique liée et les teneurs en cuivre et manganèse échangeables.

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a également été effectuée à partir des variables quantitatives mesurées sur le sol en 2006.

Le premier axe factoriel explique 43 % de la variabilité totale. Cet axe représente principalement la valeur de BM, croissante vers la droite de l'axe et corrélée comme nous l'avons constaté sur le tableau n°2, à des paramètres tels que le potentiel de minéralisation en azote et le C/N de la fraction sableuse. A l'opposé, vers la gauche, ce sont les teneurs en cuivre et le C/N de la matière organique liée qui contribuent le plus à la formation de l'axe.

Le second axe factoriel n'explique que 19 % de la variabilité totale. Les placettes situées vers le haut de l'axe, présentent des teneurs plus élevées en azote dans la fraction liée de la matière organique, ainsi que des teneurs plus élevées en magnésie et en manganèse. A l'opposé, on retrouve des teneurs plus élevées de cuivre, de pH et de teneurs en azote dans la fraction sableuse.

Cette ACP permet une bonne distinction des 4 modalités suivies. On remarque notamment la forte opposition sur l'axe 1 entre les placettes ayant reçu une fertilisation minérale et celles ayant reçu une fertilisation organique. La modalité organo-minérale est intermédiaire. L'axe 2 permet de distinguer le témoin des modalités traitées.



TEM : Témoin sans fertilisation      MIN : fumure minérale      ORG : fumure organique      OMI : fumure organo-minérale  
 N libre, N lié : Teneurs en azote des fractions > et < à 50µm, BM : Biomasse Microbienne, N minéralisé : Potentiel de minéralisation en 28jours  
 Cu, Mn, MgO : Teneurs en cuivre, manganèse et magnésie, C/N libre, C/N lié : C/N des fractions > et < à 50µm

**Graphique n°3 : Analyse en Composantes Principales (données 2006)**

## Conclusions

Cet essai a permis la mise en évidence de l'impact à moyen terme du mode de fertilisation sur certains paramètres physico-chimiques et biologiques d'un sol sableux. Ainsi, selon que l'on opte pour une fertilisation annuelle, organique, minérale, organo-minérale ou une absence de fertilisation, des conséquences notables sont mesurables au niveau du sol après seulement 5 à 10 ans. Nous avons notamment observé des différenciations de pH et des modifications des caractéristiques des différents compartiments de matières organiques du sol entre les 4 modalités suivies.

La vie du sol, étudiée principalement par l'intermédiaire de la biomasse microbienne est également influencée de façon directe ou indirecte par l'itinéraire de fertilisation. La taille de la biomasse microbienne croît avec les apports organiques qui, bien que fortement compostés, augmentent la fourniture en azote et s'opposent à l'acidification du sol. Les apports organiques permettent également de limiter sensiblement la toxicité du cuivre qui s'avère très préjudiciable à l'activité biologique (CHAUSSOD *et al.*, 2004).

Les résultats obtenus dans le cadre de cet essai ne sont pas transposables à tous les sols viticoles. Ainsi, sur une parcelle sablo-argileuse de pH 8 et de teneur en matières organiques de 13,5 g/kg, des apports de 10 tonnes/ha/an de fumier frais ou composté n'ont pas permis la mise en évidence de différences de pH ou de taille de la BM après 6 années d'étude.

## Discussion sur certaines pratiques culturales

La présentation de l'ensemble des observations effectuées sur la thématique de l'impact des pratiques culturales sur la vie du sol n'étant pas possible dans le cadre de cet article, nous présentons brièvement quelques constatations obtenues.

\* **Matières organiques** : En constituant une source d'énergie pour les micro-organismes, l'apport de matières organique est favorable au développement de la biomasse. En revanche, si les sols pauvres en matières organiques (moins de 1,5 % sur les 20 premiers centimètres) présentent toujours une faible biomasse, ce ne sont pas les sols possédant les taux les plus élevés qui présentent les valeurs de biomasse les plus fortes. Une teneur « élevée » en matières organiques n'est, en effet, pas suffisante pour créer un environnement favorable au développement microbien. Le pH et l'aération du sol par exemple sont également des paramètres limitants. A côté de son rôle biologique directe, la matière organique joue un rôle physique (structure, porosité, rétention en eau) et chimique (action sur la fourniture et le stockage d'éléments minéraux, complexation des Eléments Traces Métalliques et rétention des micro-polluants et des pesticides). Des recherches ont également montré qu'en stimulant l'activité microbienne, l'addition de compost au sol augmentait la vitesse de dégradation de certains herbicides (DUAH-YENTUMI *et al.*, 1980, cité par BARKER & BRYSON, 2002).

\* **Aération des sols** : La diminution de l'aération réduit la diffusion des gaz et la circulation de l'eau, ce qui limite la vie microbienne et peut asphyxier les racines. Les zones compactées par le passage des roues ou au niveau des semelles de labour ne sont donc pas propices à un fonctionnement optimal du sol.

\* **pH** : La différence de pH entre modalités semble être un facteur explicatif notable sur un site d'essai pour un millésime donné. En revanche, nous n'avons pas constaté de corrélation entre la BM et le pH sur l'ensemble des sites d'expérimentation et des millésimes étudiés. Cependant, la BM reste faible dans les situations où le pH du sol est inférieur à 5,8.

\* **Enherbement** : En augmentant les teneurs en matières organiques du sol et en améliorant l'aération du sol, l'enherbement stimule sensiblement le développement de la BM. On peut néanmoins supposer que dans des situations où il engendre un dessèchement trop important du sol, son effet puisse être défavorable sur la vie du sol durant certaines périodes.

\* **Fertilisation azotée** : Chaussod (CHAUSSOD, 1996) rapporte les résultats d'un essai de 27 ans conduit par Schnürer *et al.* (1985) où l'apport de 80 kg d'azote par hectare augmente de 30 % le niveau de biomasse microbienne par rapport aux parcelles non fertilisées. Ces résultats ont été confirmés dans nos essais sur un sol viticole enherbé de texture sablo-argileux à argilo-sableux de pH 6,5 lorsque la fertilisation azotée était apportée en plein durant 5 années. En revanche, l'effet positif a rapidement disparu lorsque la fertilisation a été localisée sous le rang, ne profitant plus à l'enherbement de l'inter-rang. L'effet de la fertilisation azotée est même devenu significativement dépressif sur la biomasse après 6 années d'apports azotés localisés. Le niveau moyen de BM des modalités ayant reçu 60 ou 90 unités d'azote par hectare et par an, a ainsi été diminué respectivement de -15 et -25 % par rapport aux parcelles non fertilisées. Parallèlement, nous avons pu mettre en évidence une augmentation significative des teneurs en carbone du sol sur les parcelles fertilisées par rapport au témoin. Ainsi, la BM étant significativement plus faible alors que la teneur en carbone est plus élevée, le rapport BM/C est significativement plus faible sur les modalités ayant reçu 60 ou 90 unités d'azote. Des résultats similaires ont été observés sur une parcelle sableuse, désherbée, de pH 6 recevant 50 unités d'azote par hectare et par an, où la différence de BM avec le témoin non fertilisé est de -23% après 10 ans d'apport. Malgré l'effet positif de la fertilisation azotée sur les teneurs en carbone du sol dans les 2 essais, l'acidification résultant des apports semble avoir une influence prépondérante. Les différences de pH observées entre modalités traitées avec au moins 50 unités

d'azote par hectare et par an et le témoin sont ainsi de l'ordre d'une demi unité à près d'une unité pH.

\* **Désinfection des sols** : Dans les sols infectés par le court-noué, hormis le repos du sol, il n'existe pas actuellement d'alternatives à la lutte chimique. Une expérimentation concernant le 1,3-dichloropropène et prenant en compte l'impact sur la vie du sol a débuté en gironde fin 2005. Les premiers résultats obtenus indiquent l'absence d'effet négatif sur la taille de la BM, 7 mois après fumigation.

**Attention** : Si l'on peut supposer que l'augmentation de la vie des sols va dans le sens d'une amélioration du fonctionnement du sol, elle ne présume nullement de l'amélioration de la qualité des vins. A contrario, une augmentation significative de la minéralisation liée au développement microbien peut être préjudiciable à la qualité des baies de raisin.

---

## Bibliographie

BARKER A.V., BRYSON G.M., 2002. Bioremediation of heavy metal and organic toxicants by composting. *The Scientific World Journal*. Février 2002, pp 407-420.

CHAUSSOD R., 1996. La qualité biologique des sols : Evaluation et implications. *Etude et Gestion des sols*, 3,4, pp 261-278.

CHAUSSOD R. et al, 1999. La fertilité des sols viticoles : indicateurs microbiologiques. In Euroviti : 12<sup>e</sup> colloque viticole et œnologique. I.T.V. France, pp 15-22.

CHAUSSOD R., NOUAIM R., BREUIL M.C., NOWAK V., CAHUREL J.Y., 2004. Influence du type de sol et des pratiques agro-viticoles sur les caractéristiques biologiques des sols : état actuel des connaissances et premiers résultats en Beaujolais. *Les 13<sup>e</sup> Entretiens du Beaujolais*. I.T.V. France.

DAVET P., 1996. Vie microbienne du sol et production végétale. INRA ed. 383 p.

DUAH-YENTUMI S., KUWATSUKA S., 1980. Effect of organic matter and chemical fertilizers on the degradation of benthocarb and MCPA herbicides in soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 26, pp 541-549.

SALDUCCI X., 2004. La biomasse microbienne des sols : de précieux petits indics. PHM-*Revue Horticole*. N° 454, pp 31-33.

SCHNÜRER J., CLARHOLM M., ROSSWALL T., 1985. Microbial biomass and activity in agricultural soil with different organic matter contents. *Soil Biology and Biochemistry*, 17, pp 611-618.