

Vitis 15, 11—23 (1976)

Centre Technique Expérimental de l'Institut Technique du Vin, Tours, France

Essai d'utilisation de la microbiologie des sols pour tester l'efficacité des agents fertilisants

par

C. CUINIER, J. PUISAIS et P. GALZY

Using soil microbiology for testing fertilizers' efficacy

Summary. — In five different soils of a Touraine vineyard, four fertilizers were compared: farm manure, waste compost, mineral fertilizer and organic fertilizer. During two years' observations physico-chemical and microbiological parameters were measured over three seasons. Viticultural features were determined once a year.

In addition to differences caused by seasons, years and soils, statistical analysis of results shows that the fertilizers used are responsible for modifications, particularly of soil microflora, of soil physico-chemical features and, to a lower extent, of viticultural features.

Analogy between the effect of waste compost and farm manure is remarkable. Both increase the amount of organic matter, stimulate microflora and restrict acidification. Mineral and organic fertilizers bring down pH value. Little differences are noted between those two fertilizers.

It appears that microflora reacts very quickly to modification of the soil by cultural practices. For this reason, using soil microbiology in viticulture would permit to predict phenomena in soil.

Introduction

La fertilisation des sols viticoles est un domaine délicat. Pour une production déterminée, en fonction du cépage, du type de sol, du climat, des pratiques culturales et des rendements escomptés, on sait très grossièrement quels sont les besoins de la vigne et quelle doit être la composition chimique du sol (DELMAS 1971, GÄRTEL 1971). Mais actuellement les connaissances concernant la physiologie de la vigne font défaut pour savoir comment alimenter judicieusement cette plante. Le problème de la matière organique est souvent crucial en sols viticoles. VIDAL et LEBORGNE (1963) attribuent leur dégradation à la diminution du taux de matière organique, d'humus et de la valeur du pH. Pour POUCHON *et al.* (1962) cet appauvrissement serait lié aux façons culturales et aux traitements sulfocupriques et non aux excréments radicaux de la vigne. BERTRAND (1972) a montré le rôle chélateur de la matière organique vis à vis des éléments minéraux et en particulier du cuivre. L'action classique de la matière organique sur la capacité d'échange, la structure du sol et la productivité est rappelée par MAC SHEEHY et RAWLINGS (1973).

L'objectif de l'expérimentation entreprise est de montrer, quels sont les effets d'agents fertilisants différents, utilisés en viticulture. Il n'a pas été recherché de norme de fertilisation, mais la répercussion de l'apport de matière organique et d'azote organique en particulier sur le sol et la vigne.

Matériel et Méthodes

I. Cadre de l'expérience

Les essais ont été mis en place en 1970 en Touraine. Les mesures effectuées portent sur les années 1971 et 1972.

I.A. Caractéristiques physiques et chimiques du sol et caractéristiques viticoles des terroirs étudiés

Les caractéristiques physiques et chimiques principales des cinq terroirs étudiés sont rassemblées sur les graphiques de la Figure 1 (moyennes par terroir pendant les années 1970 à 1972).

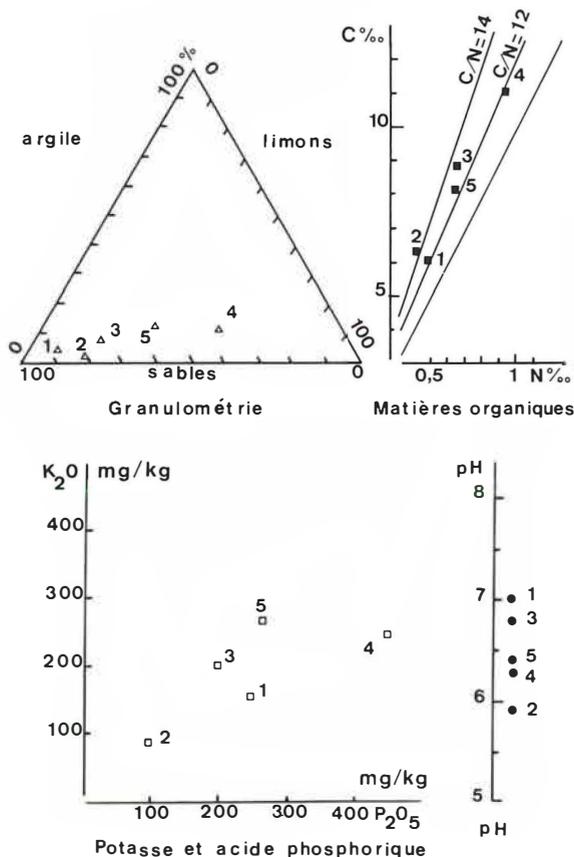


Fig. 1: Caractéristiques des terroirs.

Soil features.

Terroir 1 : Il est situé dans la région de Bourgueil. Le sol dépourvu de gravier et de cailloux est sableux. Le pH est neutre, les teneurs en matière organique et en azote sont faibles. C'est un sol très profond, bien exploré par les racines de la vigne. Le vignoble a été constitué de Cabernet Franc greffé sur 93.5 Couderc.

Terroir 2 : Il appartient à la vallée du Cher. Il est proche de Francueil. Le sol, provenant d'alluvions anciennes, est un sable limoneux, très pauvre en argile. Il est peu caillouteux, légèrement acide, pauvre en matière organique. Les taux de potasse et d'acide phosphorique sont faibles. L'enracinement de la vigne est pro-

fond. Le cépage est le Grolleau, le porte greffe est le *Vitis riparia* × *V. rupestris* 3309 C.

Terroir 3 : Il appartient au vignoble de Montlouis. Le sol est un sable limoneux peu argileux reposant sur argile à silex. Le pH est neutre, les teneurs en matière organique et en azote sont normales. Les taux d'acide phosphorique et de potasse sont suffisants. Cette plantation a été réalisée avec le Pineau de la Loire greffé sur *V. riparia* × *V. rupestris* 3309 C.

Terroir 4 : Il est situé à proximité de Francueil au sud de la vallée du Cher. Le sol est un limon sableux caillouteux, il est très bien pourvu en matière organique, acide phosphorique et potasse. Les racines de vigne explorent bien le sol et le sous-sol. Le cépage est le Gamay Noir à jus blanc greffé sur *V. riparia* × *V. rupestris* 3309 C.

Terroir 5 : Il fait partie du vignoble d'Amboise. Il est constitué de sables miocènes décalcifiés portés par l'argile à silex. Le sol est sablo-limoneux, peu argileux. Il est neutre et bien pourvu en matière organique. L'enracinement de la vigne est profond, mais les racines sont surtout abondantes de 45 cm à 55 cm. La vigne est formée de Gamay Noir à jus blanc greffé sur Teleki 5 BB.

I.B. Caractéristiques climatiques

Elles ont été décrites par ailleurs (CUINIER *et al.* 1976 (voir aussi Fig. 2).

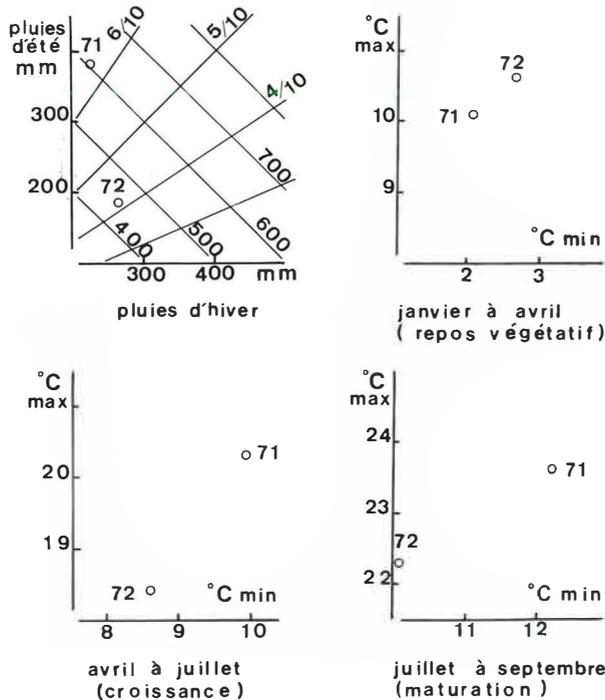


Fig. 2: Caractéristiques climatiques des années 1971 et 1972 à Tours.

Climatic features, years 1971 and 1972, at Tours.

I. C. Description de l'essai

Les cinq terroirs décrits précédemment sont divisés en quatre parcelles. A partir de 1970 dans chacune de ces parcelles est appliqué l'un des agents fertilisants indiqués au Tableau 1. L'agent fertilisant 4 est appelé engrais organique uniquement

Tableau 1
Agents fertilisants utilisés
Fertilizers used

Fumure	Poids/ha	Formule minérale		
		N	P	K
1 Fumier de ferme (tous les 3 ans)	30 t	40	70	105
Superphosphate	100 kg			
Sulfate de K	100 kg			
2 Compost d'ordures ménagères	10 t	30	80	100
Superphosphate	100 kg			
Sulfate de K	100 kg			
3 Engrais complet (5 — 13 — 25)	500 kg	25	65	125
4 Engrais organique (3 — 7 — 10)	1000 kg	30	70	100

parce que une partie de l'azote qu'il contient se trouve sous forme organique. Les fumures sont équilibrées en N, P et K à l'aide d'engrais minéraux. Les niveaux de N, P et K apportés correspondent aux doses usuelles utilisées en Touraine dans les vignes d'AOC.

II. Méthodes analytiques

Le mode de prélèvement du sol, les analyses microbiologiques, physiques et chimiques du sol, les analyses au niveau de la vigne et la méthode statistique employés ont été décrits précédemment (CUINIER *et al.* 1976).

Résultats expérimentaux

I. Influence sur la microflore du sol

La méthode des plans plurifactoriels permet de mettre en évidence l'effet des facteurs contrôlés sur la microflore du sol. On voit apparaître une hiérarchie entre ces facteurs. La microflore du sol dépend par ordre décroissant d'importance: du terroir, de la saison, du traitement (pratique culturale) et de l'année (Tableau 2).

Les pratiques culturales mises en oeuvre exercent donc une influence aussi importante que les facteurs climatiques.

I.A. Effet direct des agents fertilisants sur la microflore du sol

Sur le Tableau 3 sont indiquées les moyennes des densités microbiennes mesurées dans les parcelles ayant reçu les mêmes agents fertilisants pour l'ensemble de l'expérimentation. Sont mentionnées également les plus petites différences significatives au seuil de 5%.

La flore totale, les bactéries aérobies fixatrices d'azote, les germes protéolytiques et ammonifiants et les bactéries nitreuses et dénitrificatrices et les germes cellulolytiques aérobies ne sont pas influencés directement par les traitements.

Par contre neuf groupes microbiens sont directement influencés: les champignons et les actinomycètes, les bactéries anaérobies fixatrices de l'azote, les bactéries nitrifiques et les germes amylolytiques, pectinolytiques et cellulolytiques anaérobies, et les bactéries du cycle du soufre (réducteurs du soufre oxydé et oxydants du soufre).

A part les bactéries aérobies fixatrices de l'azote dont l'importance est discutée, les bactéries nitreuses, germes essentiels au niveau de la nitrification, et les germes cellulolytiques aérobies, les groupes microbiens qui ne sont pas influencés sont des germes appartenant à plusieurs espèces dont la fonction recherchée est très répandue. Parmi les germes influencés par les agents fertilisants on rencontre ceux qui sont responsables de réactions essentielles dans le sol: humification, minéralisation de l'azote et de la matière organique, dynamique du soufre.

I.B. Effets complexes des agents fertilisants sur la microflore

Des interactions incluant le traitement se sont révélées significatives (Tableau 1). Mais elles sont généralement difficiles à interpréter d'autant plus que l'étude ne porte que sur deux ans.

Cependant l'existence d'interactions traitement \times terroir pour les champignons, les actinomycètes, les bactéries aérobies fixatrices de l'azote, les germes protéolytiques, les réducteurs du soufre oxydé et oxydants du soufre laisse prévoir la nécessité d'une adaptation des pratiques culturales au terroir. En particulier pour les champignons, il apparaît que la stimulation de ces microorganismes par les traitements 1 (fumier), 2 (compost), 3 (engrais organique) est forte dans les terroirs 3, 4 et 5 qui sont les plus riches en éléments fins (argiles + limons), alors qu'elle est nulle dans les terroirs 1 et 2 qui sont sableux.

II. Influence sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol

Le Tableau 4 montre les effets directs et les interactions significatives pour les paramètres étudiés. Le terroir, la saison, le traitement et l'année sont dans l'ordre d'importance responsables du niveau des paramètres mesurés.

II.A. Effet direct des agents fertilisants sur les caractéristiques physiques et chimiques

Sur le Tableau 5 sont portées les moyennes des valeurs obtenues pour chaque paramètre dans l'ensemble des parcelles ayant reçu le même traitement pour toute l'expérimentation. Les différences significatives au seuil de 5% sont indiquées également.

II.B. Effet direct des agents fertilisants sur les caractéristiques physiques et chimiques

Les valeurs du facteur eau et du rapport C/N n'ont pas été modifiées par le traite-

Tableau 2
 Caractéristiques microbiologiques: effets du traitement (1), du terroir (2), de la saison (3)
 et de l'année (4), et interactions de premier ordre.
 Microbiological features: effects of treatment (1), soil (2), season (3) and year (4), and
 first order interactions.

	Trait.				Sais.				An.				Interactions			
	1	2	3	4	1 × 2	1 × 3	1 × 4	2 × 3	2 × 4	3 × 4	1 × 2 × 3	1 × 2 × 4	1 × 3 × 4	2 × 3 × 4	1 × 2 × 3 × 4	
Flore totale	*	*	*	*											*	
Champignons	*	*	*	*	*		*				*			*		
Actinomycètes	*	*	*	*	*		*				*			*		
Bactéries aérobies																
fixatrices de l'azote	*	*	*	*	*		*				*			*		
Bactéries anaérobies																
fixatrices de l'azote	*	*	*	*	*		*				*			*		
Germes protéolytiques		*	*	*	*		*				*			*		
Germes ammonifiants	*	*	*	*	*		*				*			*		
Bactéries nitreuses		*	*	*	*		*				*			*		
Bactéries nitriques	*	*	*	*	*		*				*			*		
Bactéries dénitrificatrices		*	*	*	*		*				*			*		
Germes amylolytiques	*	*	*	*	*		*			*	*			*	*	
Germes pectinolytiques	*	*	*	*	*		*			*	*			*	*	
Germes cellulolytiques aérobies		*	*	*	*		*				*			*	*	
Germes cellulolytiques anaérobies	*	*	*	*	*		*				*			*	*	
Germes réducteurs du soufre oxydé	*	*	*	*	*		*				*			*	*	
Germes oxydants du soufre	*	*	*	*	*		*			*	*			*	*	

* significatif au seuil de 5%

Tableau 3
Moyennes des densités microbiennes exprimées en logarithmes décimaux de la population par gramme de sol sec
Means of microbiological densities, given in decimal logarithms of population in gram of dried soil

	Fumier 1	Compost 2	Engrais minéral 3	Engrais organique 4	P.p.d.s. P = 5%	Signi- fication
Flore totale	7,43	7,38	7,45	7,42	0,22	NS
Champignons	4,77	4,85	4,66	4,73	0,13	S
Actinomycètes	6,31	6,20	6,13	6,23	0,11	S
Bactéries aérobies fixatrices de l'azote	6,18	6,08	6,02	6,16	0,22	NS
Bactéries anaérobies fixatrices de l'azote	3,90	3,51	3,53	3,60	0,31	S
Germes protéolytiques	6,57	6,54	6,66	6,54	0,24	NS
Germes ammonifiants	8,15	8,13	7,93	7,99	0,44	NS
Bactéries nitreuses	3,02	3,06	2,86	3,04	0,32	NS
Bactéries nitriques	3,86	3,94	3,67	3,50	0,34	S
Bactéries dénitrificatrices	4,74	4,88	4,62	4,70	0,34	NS
Germes amylolytiques	6,15	6,08	5,82	6,10	0,28	S
Germes pectinolytiques	5,97	5,87	5,79	5,70	0,22	S
Germes cellulolytiques aérobies	4,03	4,09	3,80	3,87	0,36	NS
Germes cellulolytiques anaérobies	4,06	4,09	3,32	3,69	0,48	S
Germes réducteurs du soufre oxydé	2,42	2,21	1,93	1,67	0,32	S
Germes oxydants du soufre	3,67	4,01	3,49	3,50	0,31	S

P.p.d.s.: plus petite différence significative

NS: non significatif

S: significatif

ment. Par contre bien que les traitements ne diffèrent que par la forme de l'azote et par l'apport ou non de matière organique, la valeur du pH, les taux de carbone, d'azote, d'acide phosphorique et de potasse ont été modifiés.

II.C. Effet complexe des agents fertilisants sur les caractéristiques physiques et chimiques

Les interactions incluant le traitement sont nombreuses, elles sont souvent difficiles à interpréter. Cependant quelques remarques peuvent être faites.

L'étude de l'interaction traitement \times terroir a montré que l'apport de fumier a augmenté le taux de carbone dans les terroirs 3, 4 et 5, les plus riches en éléments fins alors que l'effet n'apparaît pas dans les terroirs 1 et 2 plus sableux, où la minéralisation de la matière organique est plus intense. Le même phénomène apparaît pour les acides humiques. Ce résultat pose le problème du niveau d'enfouissement des matières organiques dans le sol. Pour que la matière organique soit minéralisée à

Tableau 4

Caractéristiques physico-chimiques et viticoles: influence du traitement (1), du terroir (2), de la saison (3), de l'année (4), et interactions de premier ordre
 Physico-chemical and viticultural features: effects of treatment (1), soil (2), season (3), year (4), and first order interactions

	Terf.				Sais.				An.				Interactions					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1X2	1X3	1X4	2X3	2X4	3X4
Facteur eau	*	*	*	*											*	*	*	*
pH	*	*	*	*									*	*	*	*	*	*
Carbone	*	*	*	*									*	*	*	*	*	*
Acides humiques	*	*	*	*									*	*	*	*	*	*
Azote	*	*	*	*									*	*	*	*	*	*
C/N	*	*	*	*									*	*	*	*	*	*
P ₂ O ₅ assimilable	*	*	—	*									*	—	—	—	—	—
K ₂ O assimilable	*	*	—	*									*	—	—	—	—	—
Rendement	*	*	—	*									*	—	—	—	*	—
Alcool	*	*	—	*									*	—	—	—	*	—

* significatif au seuil de 5%

une vitesse convenable il y aurait intérêt à l'enfouir à un niveau plus profond dans les sols légers que dans les sols lourds.

L'interaction traitement \times saison significative révèle que la matière organique brute se décompose partiellement pendant la croissance de la vigne dans tous les cas, mais d'une façon plus intense dans les parcelles qui reçoivent le fumier. Cette décomposition se poursuit encore pendant la maturation des raisins, seulement dans

Tableau 5
Valeurs moyennes des paramètres physiques, chimiques et viticoles
Means of physical, chemical and viticultural parameters

	Fumier 1	Compost 2	Engrais minéral 3	Engrais organique 4	P.p.d.s. P=5%	Signification
Facteur eau	1,87	1,85	1,97	1,85	0,14	NS
pH	6,63	6,70	6,45	6,21	0,10	S
Carbone (g/kg)	8,41	8,04	7,86	7,68	0,50	S
Acide humique (g/kg)	0,87	0,83	0,85	0,81	0,08	NS
Azote (g/kg)	0,67	0,60	0,61	0,59	0,04	S
C/N	12,90	13,52	12,78	13,34	0,70	NS
P ₂ O ₅ assimilable (mg/kg)	311	265	308	267	36	S
K ₂ O assimilable (mg/kg)	235	179	207	205	27	S
Rendement (t/ha)	6,61	6,18	7,60	7,13	1,15	S
Alcool (° G.L.)	10,11	10,24	10,19	10,06	0,34	NS

P.p.d.s.: plus petite différence significative

NS: non significatif

S: significatif

les parcelles où ont été appliqués le fumier ou le compost, pour les autres parcelles il n'y aurait plus de matière organique brute à décomposer.

Le traitement 1 (fumier) accroît le taux d'azote par rapport aux autres traitements, mais l'effet dépend du terroir, il est accentué dans les terroirs 4 et 5 qui sont les plus riches en éléments fins et dans lesquels la matière organique se minéralise moins vite.

La modification de la valeur du pH par le traitement est différente d'un terroir à l'autre d'une façon très complexe. L'étude de l'interaction traitement × saison montre en particulier que l'acidification induite par le traitement 4 (engrais organique) est surtout marquée pendant la croissance et la maturation, périodes où l'activité microbienne est la plus intense.

Les taux de potasse et d'acide phosphorique dépendent du traitement et du terroir, l'augmentation due à l'apport de fumier ou d'engrais minéral est particulièrement marquée dans les terroirs 4 et 5 riches en éléments fins.

III. Influences sur les caractéristiques viticoles

III.A. Effet direct des agents fertilisants sur les caractéristiques viticoles

Les résultats indiqués sur le Tableau 5 montrent que le rendement a été modifié par le facteur traitement. Mais seule apparaît une différence significative entre le traitement 3 (engrais minéral) et le traitement 2 (compost).

Par contre le taux d'alcool probable n'a pas été modifié. Une modification du rendement par la transformation d'une pratique culturale n'a donc pas changé la qualité de la récolte estimée grossièrement par le taux d'alcool probable.

III.B. Effets complexes des agents fertilisants sur les caractéristiques viticoles

Une interaction traitement × terroir est significative pour le taux d'alcool. Ce résultat pourrait indiquer l'existence d'effets des agents fertilisants sur la qualité des raisins variable d'un terroir à l'autre.

IV. Comparaison des agents fertilisants étudiés

A partir des résultats présentés les effets des agents fertilisants pris deux à deux seront comparés dans ce paragraphe.

IV.A. Comparaison des traitements 1 (fumier) et 2 (compost)

Seule différence au niveau de la microflore, la population de germes oxydants du soufre est significativement plus élevée dans les parcelles recevant le compost que dans celle où le fumier est apporté. Le fumier a permis d'enrichir le sol en azote, en acide phosphorique et en potasse plus que le compost. Il faut rappeler que le compost est apporté tous les ans alors que le fumier est fourni tous les trois ans. Ce fait est sans doute responsable de certaines différences observées sur les paramètres chimiques. Aucun écart n'a été mis en évidence au niveau des caractéristiques viticoles.

On peut donc dire que les différences observées, entre l'emploi de fumier de ferme et celui de compost d'ordures ménagères, sont très faibles. Ces résultats recourent ceux obtenus par SCHRADER (1968) qui a montré que l'emploi de compost de résidus ménagers conduisait à des effets analogues à ceux observés pour le fumier, en particulier au niveau des rendements et du taux de sucre des baies. Il est donc bien possible d'utiliser les résidus ménagers urbains soigneusement compostés en remplacement du fumier de ferme. Selon les situations géographiques, il pourra être fort intéressant d'utiliser cette source de matière organique comme d'ailleurs les boues d'eaux résiduaires, souvent mal employées malgré leurs qualités agronomiques certaines montrées entre autres par NETSCH (1970). On conçoit facilement tout l'intérêt de ces sources nouvelles de matières organiques pour les zones viticoles éloignées de zones d'élevage comme la vallée de la Loire, le Bordelais, et les vignobles méridionaux par exemple.

IV.B. Comparaison des traitements 1 (fumier) et 3 (engrais minéral)

Par rapport à la fertilisation uniquement minérale, l'apport de fumier augmente la population de 5 groupes microbiens: les actinomycètes, les germes cellulolytiques anaérobies, les germes réducteurs du soufre oxydé, les bactéries anaérobies fixatrices de l'azote et les germes amylolytiques. On voit que la stimulation des germes anaérobies est nette. Ce fait est lié à l'apport de matière organique. Mais est également accrue la densité des germes aérobies, actinomycètes et germes amylolytiques. Il y a donc une stimulation globale de la microflore du sol par l'apport de fumier.

Au niveau des paramètres physiques et chimiques, les seules différences constatées affectent les taux d'azote et de potasse et la valeur du pH plus élevée avec l'apport de fumier.

On peut donc dire que les facteurs de fertilité liés au sol ont été améliorés par le traitement fumier comparé au traitement engrais minéral. Mais la répercussion sur la vigne n'est pas apparue au cours de ces observations de courte durée. Des résultats analogues ont été obtenus dans le cas de sol de grandes cultures par KOEPKE et HÄHNEL (1969) et STOHR (1972).

IV.C. Comparaison des traitements 1 (fumier) et 4 (engrais organique)

Les germes pectinolytiques et réducteurs du soufre sont significativement plus abondants dans les parcelles ayant reçu le fumier que dans celles où était apporté

l'engrais organique. La valeur du pH, les taux de carbone, d'azote, d'acide phosphorique et de potasse sont plus élevés dans les parcelles où le fumier est apporté. Aucune différence affectant les caractéristiques viticoles n'a été enregistrée.

Par rapport au fumier l'engrais organique a peu modifié la microflore du sol, mais les répercussions sur les caractéristiques physiques et chimiques sont notables. Le rôle acidifiant de l'engrais organique utilisé est marqué. Il est dû au fait que cet engrais contient en plus de l'azote organique, de l'azote ammoniacal dont l'apport au sol entraîne l'abaissement du pH. Ce fait a été relevé par SEELIGER et FRENCH (1971). Ces auteurs ont montré que ce phénomène entraîne une baisse de vigueur et de rendement de la vigne. Contrairement à ce que l'on croit souvent dans la pratique, il est montré que les engrais organiques ne peuvent remplacer les agents fertilisants riches en matière organique carbonée comme le fumier de ferme ou le compost. L'emploi d'engrais organique est donc susceptible de diminuer la fertilité des sols à long terme.

IV.D. Comparaison entre les traitements 2 (compost) et 3 (engrais minéral)

Par rapport à l'engrais minéral, le compost stimule les champignons, les germes cellulolytiques anaérobies et oxydants du soufre. Il maintient le pH à un niveau plus élevé. Le rendement a été plus élevé avec l'engrais minéral qu'avec le compost.

Le compost comparé à l'engrais minéral a donc amélioré quelques facteurs de fertilité du sol mais le rendement a été diminué.

IV.E. Comparaison des traitements 2 (compost) et 4 (engrais organique)

La comparaison de ces deux traitements montre que le compost stimule les bactéries nitriques et les germes du cycle du soufre (réducteurs du soufre oxydé et oxydants du soufre), et permet d'obtenir un pH du sol plus élevé qu'avec l'engrais organique. Bien qu'aucune répercussion n'apparaisse à court terme sur la vigne le traitement compost a amélioré des facteurs de fertilité liés au sol.

IV.F. Comparaison des traitements 3 (engrais minéral) et 4 (engrais organique)

Entre les traitements engrais minéral et engrais organique aucun écart significatif n'a été mis en évidence entre les populations des groupes microbiens étudiés. Par contre le taux d'acide phosphorique et la valeur du pH diffèrent: ils sont plus élevés avec l'engrais minéral. Aucune différence n'apparaît au niveau des caractéristiques viticoles. L'emploi de l'engrais organique testé ne présenterait aucun avantage, il a même l'inconvénient majeur de provoquer l'acidification du sol, ce qui représente un réel danger pour les sols viticoles souvent acides.

Conclusion

Par cette étude portant sur cinq terroirs viticoles très différents, il a été montré au cours de deux années d'expérimentation que des modifications notables ont été produites par l'utilisation de quatre agents fertilisants différents: fumier, compost, engrais minéral, engrais organique. Parmi les facteurs contrôlés dans ces essais (traitement, terroir, saison, année) une hiérarchie apparaît entre eux. Les paramètres mesurés dépendent d'abord du terroir ensuite des trois autres facteurs.

Les traitements mis en oeuvre ont modifié surtout les caractéristiques microbiologiques des sols, puis dans une moindre mesure les caractéristiques physiques

et chimiques et très peu les caractéristiques viticoles. Si la microflore du sol est un agent responsable de la mise à la disposition des plantes de substances chimiques indispensables à leur alimentation, elle est également un réactif extrêmement sensible aux modifications du milieu induites en particulier par les pratiques culturales. L'étude microbiologique des sols viticoles est donc d'un grand intérêt.

C'est ainsi que l'analogie de la réaction du sol au fumier et au compost urbain a pu être confirmée. Ces deux agents fertilisants accroissent d'une façon très semblable la microflore du sol, le taux de matière organique, empêchent l'acidification des sols et en améliorant le complexe argilo-humique permettent une meilleure rétention des éléments fertilisants par le sol. Leur emploi est donc d'un grand intérêt pour accroître la fertilité des sols viticoles. On sait aussi que l'élévation de la valeur du pH et du taux de matière organique évite la toxicité du cuivre et facilite la dégradation des pesticides.

Dans le cas des sols viticoles, il a été confirmé que l'engrais minéral ne favorise pas la microflore, comparé aux autres agents fertilisants, bien que la diminution du taux de matière organique ne soit pas notable. L'emploi d'un engrais organique contenant de l'azote ammoniacal a entraîné un abaissement de la valeur du pH.

L'existence de nombreuses interactions significatives du type traitement \times terroir permet de supposer que les pratiques culturales doivent être adaptées au terroir. Par exemple il est apparu que le niveau d'enfouissement des matières organiques devrait être différent dans un sol léger et dans un sol lourd.

Ces résultats portant sur les agents fertilisants montrent que la modification des pratiques culturales influence très rapidement la microflore du sol. Ce type d'étude peut permettre de mieux comprendre l'alimentation de la vigne et pourrait être développé pour prévoir les phénomènes du sol comme le signalent MOREAU et AUGIER (1962).

Ainsi il serait possible de préconiser des pratiques culturales qui conservent ou améliorent les qualités du sol tout en recherchant un optimum de rentabilité lié à la qualité et au rendement selon les types de vins.

Résumé

Dans cinq sols différents du vignoble de Touraine quatre agents fertilisants ont été comparés: fumier, compost urbain, engrais minéral, engrais organique. Pendant deux années d'observations les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du sol sont mesurés au cours de trois saisons. Les caractéristiques viticoles sont déterminées une fois par an.

En plus des différences liées aux saisons, aux années et aux sols, l'analyse statistique des résultats montre que les agents fertilisants employés sont responsables de modifications de la microflore surtout, des caractéristiques physico-chimiques du sol et dans une moindre mesure des caractéristiques viticoles.

L'analogie entre l'effet du compost urbain et du fumier de ferme est remarquable. Tous deux accroissent le taux de matière organique, stimulent la microflore et limitent l'acidification des sols. L'engrais minéral et l'engrais organique abaissent la valeur du pH; peu de différences ont été notées entre ces deux agents fertilisants.

Il apparaît que la microflore du sol réagit très rapidement aux modifications du sol par les pratiques culturales. Pour cette raison l'utilisation de la microbiologie du sol en viticulture permettrait ainsi de prévoir les phénomènes du sol.

Références bibliographiques

- BERTRAND, D. (1972): Interactions entre éléments minéraux et microorganismes du sol. Rev. Ecol. Biol. Sol 9, 349—396.
- CUINIER, C., PUISAIS, J. et GALZY, P. (1976): Influence de la culture intercalaire de ray grass sur la microflore des sols de vigne. Vitis 14, 289—301.
- DELMAS, J. (1971): Les sols de vignobles. — Fertilisation de la vigne. In: RIBÉREAU-GAYON, J. et PEYNAUD, E. (Eds.): Traité d'ampélogie. Sciences et techniques de la vigne. Tome I: Biologie de la vigne. Sols des vignobles, 548—616, 617—649. Dunod, Paris.
- GÄRTEL, W.: (1971): Données fondamentales sur l'alimentation de la vigne et emploi des engrais en viticulture. Bull. OIV 44, 987—1003.
- KOEPKE, E. und HÄHNEL, W. (1969): Untersuchungen über den Einfluß unterschiedlicher Düngung auf die Anzahl der Mikroorganismen im „Statischen Versuch Lauchstädt“. 1. Mitteilung: Veränderung der Bakterien-, Aktinomyzeten- und Pilzkeimzahl. Albrecht-Thaer-Arch. 13, 839—848.
- MAC SHEEHY, T. W. and RAWLINGS, J. A. (1973): The influence of three different farming systems on organic matter in the soils. Qualit. Plant. Mat. Veg. 22, 321—333.
- MOHEAU, R. et AUGIER, J. (1962): Réflexions sur les buts et les méthodes de la microbiologie des sols. Pédologie 12, 291—310.
- NETSCH, A. (1970): Mikrobiologische Untersuchungen im Abwasserfaulschlamm. Versuch Dietersheim. Z. Kulturtech. Flurbereinig. 11, 328—344.
- POCHON, J., LE BORGNE, L., TARDIEUX, P. et FALCOU-SIGRAN, J. (1962): Incidences des doses élevées de cuivre et de soufre sur la microflore bactérienne des sols viticoles (Médoc). Ann. Inst. Pasteur 103, 614—622.
- SCHRADER, T. (1968): Utilisation dans les vignobles des composts d'ordures ménagères des villes. Bull. OIV 41, 159—171.
- SEELIGER, M. T. and FRENCH, R. J. (1971): Changes in soil chemical properties in a long-term fertilizer trial in a non-irrigated vineyard. Austral. J. Agricult. Res. (Melbourne) 22, 931—940.
- STOHR, G. (1972): Über Untersuchungen zur Bakterienbesatzdichte in Böden von Düngungsversuchen. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenk. 16, 13—19.
- VIDAL, G. et LEBORGNE, L. (1963): Recherches sur la rhizosphère de la vigne (*Vitis vinifera*). Ann. Inst. Pasteur 105, 361—367.

Eingegangen am 9. 9. 1975

C. CUINIER
Centre Technique Expérimental
de l'Institut Technique du Vin
14, rue Etienne Pallu
37000 — Tours
France

J. PUISAIS
Laboratoire Départemental et Régional
d'Analyses et de Recherches
14, rue Etienne Pallu
37000 — Tours
France

P. GALZY
Chaire de Génétique et de Micro-
biologie
École Nationale Supérieure Agronomique
34060 — Montpellier
France