

Effets d'un apport de compost de boues de station d'épuration dans un sol d'un vignoble du Sud de la France

Korboulewsky N.⁽¹⁾, Masson G.⁽²⁾, Bonin G.⁽¹⁾, Massiani C.⁽³⁾ et Prone A.⁽³⁾

- (1) Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie (IMEP) -
Laboratoire de Biosystématique et Ecologie Méditerranéenne (L.B.E.M.),
Faculté des Sciences St Jérôme, case 421 bis, 13397 Marseille cedex 20, France
- (2) Pôle viticole et œnologique de la Chambre d'Agriculture du Var, 137 av. du Pst Wilson, 85550 Vidauban, France
- (3) Laboratoire de Chimie et Environnement, Université de Provence, case 29, 3 pl. V. Hugo, 13331 Marseille cedex 3, France

RÉSUMÉ

L'expérimentation a été conduite dans un vignoble de Côtes de Provence. Le compost de boues de station d'épuration a été épandu puis immédiatement enfoui en mars 1999 sur des microparcelles de 50 ceps références à trois doses : 10, 30, 90 t/ha de produit brut. Chaque traitement a été répété trois fois, soit 9 microparcelles amendées plus 3 témoins. Le compost a significativement enrichi le sol en carbone organique et en azote, en particulier les formes assimilables par les végétaux (N-NO_3^- et N-NH_4^+). Les teneurs du sol en cations échangeables (Ca, Mg, K) semblent augmenter en fonction de la dose, mais seules les parcelles amendées à 90 t/ha sont significativement différentes des témoins. Aucun enrichissement en éléments traces métalliques n'a été noté à la suite de l'amendement. Les paramètres physiques étudiés n'ont pas révélé d'amélioration des propriétés physiques du sol. La production de raisin n'a pas été modifiée, mais la qualité du vin issu des parcelles fortement amendées semble diminuer, alors qu'un amendement plus modéré donne un vin de qualité très satisfaisante.

Des investigations plus précises sur le vin sont en cours, et un suivi sur la deuxième année est prévu afin d'étudier la cinétique de minéralisation du compost et son impact sur le développement de la vigne.

Mots clés

compost, métaux lourds, vin, *Vitis vinifera*

SUMMARY

CONSEQUENCES OF SEWAGE SLUDGE COMPOST AMENDMENT IN A VINEYARD OF SOUTHERN FRANCE

The experiment was conducted in a vineyard of Côtes de Provence, southern France. The soil was amended with sewage sludge compost which was immediately buried in March 1999 on plots of 50 plants. The compost had good agronomic qualities and was poorly contaminated by heavy metals (table 2). The soil is characteristic of vineyards in the region with low organic matter and high pH (table 1). The

compost was amended at 3 levels: 10, 30, 90 t/ha, and each treatment plus the unamended control were repeated three times.

The amendment enhanced the levels of organic carbon and nitrogen, especially mineral nitrogen (figures 1 and 2, table 3). Soil concentrations of exchangeable cations (Ca, Mg, K) seemed to increase with the level of compost applied, but only the plots amended with 90 t/ha were significantly different from the control (table 3). No increase in heavy metals in the soil has been measured (table 4) and no improvement of soil physical properties has been observed (table 5). The yield of grape was not modified, but the qualities of wine from the 90 t/ha-amended-plots seemed lower (lower degree and tannin content, lighter color), though the 30 t/ha-amended-plots produced a satisfactory wine (table 6). Further organoleptic analysis of the wine are investigated, and study on the vineyard two years after sludge amendment is planned to observe the mineralisation kinetics of the compost and its effect on vine growth.

Key-words

Compost, heavy metals, *Vitis vinifera*, wine

RESUMEN

EFECTOS DE UN APOORTE DE COMPOST DE LODOS DE ESTACIÓN DE DEPURACIÓN EN UN SUELO DE UN VIÑEDO DEL SUR DE FRANCIA.

La experimentación fue realizada en un viñedo de «Cotes de Provence». El compost de lodos de estación de depuración fue esparcido e inmediatamente enterrado en marzo de 1999 en micro-parcelas de 50 cepas con tres dosis: 10, 30, 90 t/ha de producto bruto. Cada tratamiento fue repetido tres veces, sea 9 micro-parcelas abonadas y tres testigos. El compost enriqueció de manera significativa el suelo en carbono orgánico y en nitrógeno, en particular las formas aprovechables por los vegetales (N-NO_3^- y N-NH_4^+). Los contenidos del suelo en cationes intercambiables (Ca, Mg, K) parecen aumentar en función de la dosis, pero solas las parcelas abonadas con 90 t/ha son significativamente diferentes de los testigos. No se notó ningún enriquecimiento en los elementos-trazas metálicos posterior al abono. Los parámetros físicos estudiados no revelaron mejoramiento de las propiedades físicas del suelo. La producción de uva no fue modificada, pero la calidad del vino resultante de las parcelas fuertemente abonadas parece disminuir, mientras que un abono más moderado da un vino de calidad muy satisfactorio. Investigaciones más precisas sobre el vino están en realización, y un seguimiento sobre el segundo año es previsto para estudiar la cinética de mineralización del compost y su impacto sobre el desarrollo de la viña.

Palabras claves

Compost, metales pesados, vino, *Vitis vinifera*

Pendant des décennies, les viticulteurs apportaient des fumures d'entretien régulièrement dans leurs vignes. Cette pratique a régressé fortement et a été remplacée par une fertilisation minérale. Bien que cette dernière apporte des éléments nutritifs nécessaires au végétal, elle ne permet pas le maintien du taux de matières organiques du sol. Il s'en est suivi un appauvrissement et une dégradation des sols de vignoble qui s'est traduite par une chute de la production depuis une dizaine d'années. Aujourd'hui, les viticulteurs sont soucieux de préserver la qualité et la pérennité de leur vignoble et commencent à remettre en cause leurs pratiques d'entretien des sols.

Par ailleurs, la production de déchets organiques (boues de station d'épuration, composts organiques, etc.) s'accroît et leur élimination devient un problème d'autant plus qu'à l'horizon 2002 leur mise en décharge sera interdite. La valorisation de ces déchets organiques en agriculture semble être une solution intéressante (Moreno-Caselles et al., 1997). En effet, cette pratique est peu coûteuse, facile techniquement, et surtout ces amendements sont de bons fertilisants puisqu'ils sont riches en azote, phosphore et matières organiques (He et al., 1992). Toutefois, les composts d'ordures ménagères, sont mal adaptés à la valorisation en agriculture car ils contiennent des éléments indésirables (verre et plastiques non biodégradables) (Prone et al., 1993). Ces composts d'ordures ménagères ont été épandus pendant de nombreuses années sur des vignobles champenois avec un certain avantage agronomique, mais la présence de ces éléments indésirables a posé d'importants problèmes d'image d'où leur interdiction dans certains départements comme amendement en viticulture.

Au cours des trente dernières années, de nombreuses études sur la valorisation des déchets organiques ont été menées. Il a été montré que l'apport de compost améliore les propriétés physiques du sol (McConnel et al., 1993; Sort and Alcaniz, 1999), ainsi que sa qualité agronomique ce qui se traduit par l'augmentation de la biomasse des végétaux cultivés (Ozores-Hampton et al., 1997) et par une récolte plus importante (Kiemme et al., 1990). Dans ce contexte, l'apport dans les vignobles de composts riches en matières organiques et en éléments nutritifs pourrait pallier à la dégradation des sols. Toutefois, ces composts contiennent plus ou moins d'éléments indésirables, en particulier les éléments traces métalliques qui peuvent limiter leur utilisation en raison de leur toxicité (Barker, 1997; Chaney., 1980; Dean and Suess, 1985; Woodbury, 1992).

Notre objectif est d'étudier les effets de l'apport de compost de boues de station d'épuration au niveau du sol, et les conséquences sur la production de raisin. Un suivi des propriétés physiques et chimiques du sol, notamment de la minéralisation de l'azote et de la présence d'éléments traces métalliques a été effectué. L'impact de l'amendement sur les propriétés œnologiques du vin issu de l'expérimentation sera discuté.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le site expérimental

La parcelle expérimentale est située dans le domaine du Clos la Neuve (43°28 N, 5°46 E), commune de Pourrières (Var). Cette parcelle expérimentale a une superficie de 5 145 m² (100 m de long sur 62,50 m de large). L'étude a été conduite sur un jeune vignoble (6 ans) de Côtes de Provence, *Vitis vinifera* L. monoclonale de cépage Grenache noir.

Cette parcelle a été divisée en 12 microparcelles correspondant aux traitements et leurs répétitions. Chacune de ces microparcelles a une dimension de 18 m de long sur 10 m de large ce qui correspond à 50 pieds références, et elles sont séparées par une zone neutre de 5 à 6 m.

Le sol est profond (> 2 m de profondeur), il a une texture limoneuse et une structure grumeleuse. Il est très pauvre en matières organiques et a un pH élevé (8,6), ce qui est caractéristique des sols de vignes du Sud de la France. Les analyses détaillées du sol sont reportées dans le tableau 1.

L'amendement

Le compost utilisé est un mélange de déchets verts et de boues de station d'épuration d'origine urbaine. Il est de bonne qualité agronomique et contient de faibles teneurs en éléments traces (tableau 2). L'amendement a été effectué à la main en mars 1999, puis enfoui au rotavator afin de répartir le compost de façon la plus homogène possible. Les 12 microparcelles correspondent aux 3 répétitions des 4 traitements: 0, 10, 30, 90 t/ha de compost brut (soit 6,6; 19,7 et 59 t/ha matière sèche).

Les analyses chimiques et physiques du sol

Les prélèvements ont été effectués à la tarière à deux profondeurs: 0-30 cm et 30-60 cm, en 1999 les 12/03, 24/03, 11/05, 8/06, 3/08, 28/09 et le 7/02/00. Six trous ont été réalisés dans chaque microparcelle, le sol a été mélangé et environ 1 kg de terre fraîche a été récupérée. Les échantillons ont été séchés à l'air libre, sauf une partie qui a été analysée fraîche pour sa teneur en azote minéral. L'extraction de l'ammonium et des nitrates consiste à mettre en contact 5 g de sol frais avec 50 ml d'une solution demi-molaire de KCl, puis le dosage est effectué par un procédé colorimétrique (PR NF ISO 14256-2). Les échantillons de sol séché ont été tamisés à 2 mm, mais certaines analyses (éléments totaux) ont nécessité leur broyage en prenant le maximum de précautions pour ne pas contaminer les échantillons (notamment en éléments traces métalliques).

Pour la détermination des éléments totaux, nutriments et éléments traces métalliques (ETM), la prise d'essai (0,5 g) a été digérée dans un mélange de 14 ml HCl et 7 ml HNO₃. Les concentrations en ETM ont été déterminées par un spectromètre d'absorption atomique (AAS) à four graphite en utilisant une lampe au deutérium comme correction de bruit de fond. Les concentrations de Ca, Mg, Fe, Mn ont été déterminées à l'aide d'un AAS à flam-

Tableau 1 - Caractéristiques physico-chimiques du sol.^(a)Table 1 - Soil physical and chemical characteristics.^(a)

Caractéristique	
Sables (%)	36,4
Limons (%)	40,4
Argiles (%)	23,2
pH (eau)	8,6
Carbone organique total (g/kg)	5,0
Matières organiques (g/kg)	8,6
Azote Kjeldahl (g/kg)	0,52
Rapport C/N	9,6
CaCO ₃ total (g/kg)	245
CaCO ₃ actif (g/kg), méthode Drouineau-Gallet	48
P ₂ O ₅ (%), méthode Joret-Hébert	0,246
K ₂ O échangeable (g/kg)	0,22
MgO échangeable (g/kg)	1,23
Ni (µg/g)	29,4
Cu (µg/g)	21,9
Pb (µg/g)	15,4
Zn (µg/g)	46,9

(a) Toutes les données sont exprimées par rapport à la matière sèche (60°C).

(a) All data are expressed on the dry basis (60°C).

me et les concentrations de K, Mg et Na à l'aide d'un spectromètre à émission de flamme.

Les concentrations en azote «total» ont été déterminées à l'aide de la méthode Kjeldahl (NF ISO 11261).

La densité et la porosité du sol ont été déterminées sur des échantillons de sol prélevés sur le terrain à l'aide de tube en acier (ou tube de Siegrist) selon la méthode décrite par Aubert (1970).

La vinification

Les raisins sont récoltés manuellement à maturité technologique (environ 12 % de titre alcoométrique volumique probable) le 23 septembre 1999 en caisses plastiques et acheminés le jour même à la cave expérimentale du Centre du Rosé (Vidauban, Var). Les 4 lots (mélange de la récolte des parcelles d'un même traitement: témoin, 10 t/ha, 30 t/ha et 90 t/ha) sont destinés à élaborer des vins rouges et sont traités dans des conditions standardisées. Les raisins sont éraflés, foulés. Un levurage est réalisé 10 h après foulage avec la souche K1 marquée (ICV-INRA) de *Saccharomyces cerevisiae* var. *cerevisiae* à la dose de 20 g/hl. Les cuves sont placées dans un local thermorégulé à 24 °C.

Le déroulement de la fermentation alcoolique est suivi par une prise de densité et de température quotidienne. Chaque jour, l'opé-

Tableau 2 - Caractéristiques physico-chimiques du compost.^(a)Table 2 - Compost physical and chemical characteristics.^(a)

Caractéristique	Arrêté du 8/01/98	Normes françaises
pH (eau)	6,3	
Carbone organique total (TOC) (g/kg)	269,9	
Azote Kjeldahl (g/kg)	18,51	
CaCO ₃ total (%)	11	
N-NH ₄ ⁺ (mg/g)	200,6	
N-NO ₃ ⁻ (mg/g)	6,4	
P ₂ O ₅ (g/kg)	1,3	
S-SO ₄ ²⁻ (mg/g)	5,2	
Zn (µg/g)	1831	3000
Cu (µg/g)	725	1000
Pb (µg/g)	425	800
Ni (µg/g)	109	200

(a) Toutes les données sont exprimées par rapport à la matière sèche (60°C).

(a) All data are expressed on the dry basis (60°C).

ration de pigeage (émiettage du gâteau de marc et mélange de la phase liquide et de la phase solide) permet de favoriser les extractions. Le pressurage a lieu 7 jours après la date d'encuvage. Le rendement de pressurage est fixé à 70 %.

Une fois la fermentation alcoolique achevée, un ensemencement bactérien est réalisé avec la souche Microenos (Laffort Oenologie) de *Oenococcus oeni* à la dose de 1 g/hl. La fermentation malo-lactique est considérée comme achevée lorsque la teneur en acide malique est inférieure à 0,5 g/l. À ce stade, les vins sont soutirés et sulfités à 4 g/hl. Ils sont conservés deux mois en bonbonnes jusqu'à la mise en bouteilles. Pendant la phase de conservation, un soutirage et quelques ajustements de l'anhydride sulfureux permettent de garantir une bonne stabilité biologique du vin.

L'opération de mise en bouteille est précédée d'un réajustement de l'anhydride sulfureux et d'une filtration sur cartouches de cellulose (diamètre des pores 4 µm).

Les analyses oenologiques

Les analyses physico-chimiques réalisées sur raisins, moûts et vins sont détaillées par Blouin (1992). Les méthodes automatisées sont mises en œuvre sur l'appareil VPI de la société C.E.T.I.M. (Cergy-Pontoise, France).

Tests statistiques

Tableau 3 - Concentrations (erreur standard) des principaux éléments chimiques du sol après l'amendement au stade floraison (fin juin 1999) dans l'horizon superficiel (0-30 cm).

Table 3 - Concentrations (standard error) of the main chemical elements of the soil at bloom (end of June 1999) in the topsoil (0-30 cm)

caractéristique Statistiques	unité	Dose d'apport du compost, t MF/ha				p	r
		0	10	30	90		
Carbone organique total	g/kg	14,7 (0,9)	14,0 (0,9)	18,0 (1,3)	19,2 (1,4)	0,04	0,657*
Azote Kjeldahl	mg/kg	825 (92)	911 (80)	811 (159)	1212 (162)	0,2	
Azote minéral	mg/kg	3,8 (1,0)	4,8 (0,9)	6,2 (1,7)	8,8 (1,0)	ns	0,701*
K-échangeable	mg/kg	193 (22)	219 (31)	304 (18)	255 (29)	ns	
Mg-échangeable	mg/kg	51 (8)	66 (10)	70 (18)	115 (7)	0,02	0,733***
Ca-échangeable	mg/kg	7120 (119)	7006 (28)	6967 (139)	7197 (136)	ns	

*: corrélation significative à $0,05 < p < 0,01$

***: corrélation significative à $p < 0,0001$

Les tests statistiques effectués sur les données sont des analyses de variances et des tests de corrélation à l'aide du logiciel Statview.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractéristiques chimiques

L'apport de compost semble augmenter le pool d'azote et de carbone organique (tableau 3). Ceci confirme les études sur l'amendement de composts organiques (Pinamonti, 1998, Prone et al., 1999). Il s'agit en particulier de la concentration en azote minéral, forme de l'azote disponible pour les végétaux, qui augmente rapidement après l'apport proportionnellement à la dose ($r = 0,658$; $p = 0,0277$). Les différences entre les traitements s'ac-

centuent jusqu'à la véraison (début août, figure 1).

De plus, l'apport important de compost (90 t/ha) entraîne un enrichissement de l'horizon inférieur (30-60 cm) en azote minéral (figure 2, $p < 0,05$ à la floraison: fin juin). La vigne absorbe ces formes de l'azote pour sa croissance, d'où leur diminution au cours du temps. Mais, on observe que la chute d'azote minéral est plus tardive dans les parcelles amendées alors que les ceps sont plus vigoureux (figure 1). Ce résultat s'explique par une minéralisation progressive du compost mais plus soutenue les premiers mois après l'amendement (Gagnon et Simard, 1999).

En revanche, le compost n'a pas enrichi significativement le sol en éléments traces métalliques (tableau 4). Ce résultat était attendu en raison des faibles teneurs en ETM du compost. Le cuivre présente une forte hétérogénéité au sein même de la parcelle, ce qui se révèle par l'erreur standard important. Ce résultat est proba-

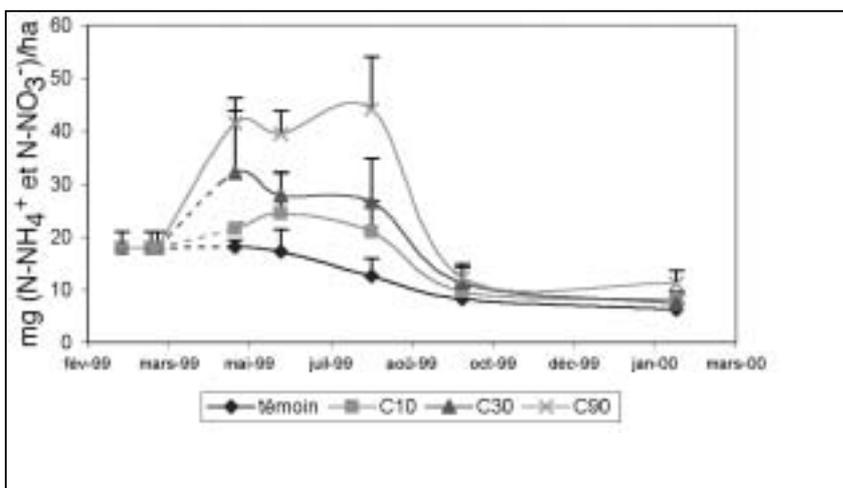


Figure 1 - Evolution de la teneur (et erreur standard sous forme de barres verticales) en azote minéral dans le sol de l'horizon superficiel (0-30 cm).

Figure 1 - Evolution of the content (and error standard) of mineral nitrogen in the topsoil (0-30 cm).

Tableau 4 - Concentrations (erreur standard) des principaux éléments chimiques du sol après l'amendement au stade floraison (fin juin 1999) dans l'horizon superficiel (0-30 cm).

Table 4 - Concentrations (error standard) of the main chemical elements of the soil at bloom (end of June 1999) in the topsoil (0-30

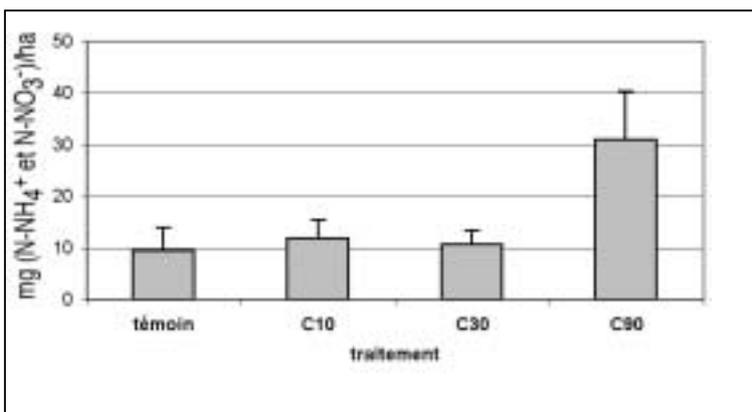
Profondeur	Dose t MF/ha	ETM ($\mu\text{g/g}$ sol sec)			
		Cu	Zn	Ni	Pb
0-30cm	0	118,9 (53,4)	63,8 (8,1)	21,7 (2,6)	6,8 (3,4)
	10	129,3 (39,1)	90,2 (6,9)	22,9 (1,9)	11,7 (6,6)
	30	145,5 (47,1)	82,4 (7,4)	22,2 (3,9)	6,7 (2,5)
	90	93,5 (32,1)	59,3 (20,7)	25,9 (2,5)	7,7 (2,4)
30-60 cm	0	144,1 (27,1)	79,9 (4,1)	22,2 (0,6)	10,6 (2,4)
	10	148,0 (50,8)	90,6 (0,8)	22,1 (2,2)	5,5 (0,9)
	30	132,1 (26,0)	76,8 (10,7)	23,5 (5,0)	6,5 (3,0)
	90	140,3 (19,2)	76,6 (4,6)	27,3 (4,0)	6,3 (1,6)
		ns	ns	ns	ns

ns : les différences entre les traitements sont non significatives

ns : the differences between treatments are not significant

Figure 2 - Teneur de l'azote minéral de l'horizon 30-60 cm du sol à la floraison (8/06/99).

Figure 2 - Content of the mineral nitrogen in the soil horizon 30-60 cm at bloom (8/06/99).



blement dû aux pratiques culturales utilisant des traitements phytosanitaires à base de cuivre. Par ailleurs, le zinc a une concentration assez élevée dans le sol, toutefois au-dessous des limites autorisées. La présence de cet élément a une origine géologique, et nombre de sols de la région marseillaise sont naturellement riches en zinc.

Bien que le tableau 3 montre une tendance à l'enrichissement en cations en fonction de la dose de compost épandu, les différences ne sont significatives qu'entre le témoin et la dose la plus élevée. Ce type de résultat a été également trouvé lors d'autres expérimentations sur la vigne (Pinamonti et al., 1997; Prone et al., 1999). Prone et al. (1999) émettent l'hypothèse, qui semble également s'appliquer à notre vignoble, que pour ces sols le complexe argilo-humique est sur-saturé par les ions calcium ce qui limiterait l'adsorption de tout autre élément.

Caractéristiques physiques

Ni la porosité, ni la densité du sol n'ont été modifiées par l'apport du compost (tableau 5, $p > 0,4$). Ce résultat est en contradiction avec la littérature qui indique une diminution de la densité (Barker, 1997; McConnel et al., 1993), une amélioration de la stabilité structurale du sol, une augmentation de la capacité de rétention en eau, une amélioration de la porosité (augmentation de la proportion des micropores, Sort and Alcaniz, 1999). Mais, dans les études sur des vignobles, ces observations ont été faites à la suite d'apports très importants de compost, au minimum 150 t/ha (Ballif et al., 1991) ou après des amendements plus modérés mais répétés (45 t/ha quatre années consécutives, Zebarth et al., 1999; 100 t/ha renouvelé une fois à deux ans d'intervalle, Prone et al., 1999; environ 45 t/ha deux années consécutives, Pinamonti, 1998). Cela suggère que la dose la plus élevée apportée dans notre expérimentation, 90 t/ha, est insuffisante pour améliorer significativement les propriétés physiques du sol, mais une amélioration pourrait apparaître après plusieurs épandages. Dans d'autres cas, le passage répété des engins dans le vignoble tassant le sol peut également être une raison de l'absence d'amélioration des paramètres mesurés. L'impact des pratiques culturales est bien plus important que celui que peut avoir le compost amendé à des doses relativement modérées.

Tableau 5 - Propriétés physiques du sol deux jours après l'amendement. Moyennes de 3 répétitions suivies des écart-types entre parenthèses.

Table 5 - Physical properties of the soil two days after the amendment. Mean of 3 replicates followed by the standard deviation in brackets.

Profondeur	Dose t MF/ha	Propriétés		
		Capacité au champ %	Porosité % volumique	Densité apparente g/cm ³
0-10 cm	0	15,8 (1,8)	42 (1,1)	1,5 (0,1)
	10	18,9 (2,9)	44 (1,5)	1,5 (0,2)
	30	20,7 (4,4)	45 (1,4)	1,4 (0,2)
	90	20,5 (1,6)	44 (5,3)	1,5 (0,2)
20-30 cm	0	25,3 (4,1)	44 (2,4)	1,7 (0,1)
	10	22,3 (3,5)	39 (1,7)	1,6 (0,1)
	30	21,3 (5,7)	41 (2,3)	1,4 (0,3)
	90	26,4 (3,6)	40 (0,5)	1,7 (0,1)
Niveau de signification		ns	ns	ns

Tableau 6 - Analyses œnologiques effectuées en fin de fermentation alcoolique.

Table 6 - Oenological analysis at the end of the alcoholic fermentation.

Caractéristique	Dose d'apport du compost, t MF/ha			
	0	10	30	90
Poids de 200 baies (g)	417,5	411,1	400,7	422,3
pH	3,36	3,33	3,36	3,34
Degré	13,4	12,8	13,0	11,9
Acidité totale (g/l)	5,1	5,1	5,2	5,1
Acide malique (g/l)	2,00	1,79	1,95	1,59
Polyphénols totaux	36,0	30,5	35,2	24,3
Intensité couleur	9,2	7,0	7,7	6,8
Nuance de la couleur	0,39	0,55	0,53	0,64
Sucres (glc+fru) (g/l)	0,3	0,05	0,07	0,07

Analyses œnologiques

La récolte de 1999 a été rigoureusement identique dans toutes les parcelles : 219 kg de raisins pour 50 ceps. Mais l'apport de compost peut se répercuter sur l'année suivante, notamment sur le débourrement, la fertilité des bourgeons et donc la charge en raisin des ceps. D'après les analyses œnologiques préliminaires (tableau 6), le vin des parcelles témoin paraît être le plus riche : le degré alcoolique est le plus élevé, les tanins présents et la couleur intense. À l'inverse, le vin issu des parcelles amendées à 90 t/ha semble être le plus dilué : son degré alcoolique est faible, ainsi que la teneur en tanins et la couleur. Les parcelles amendées à 10 et 30 t/ha ont donné des vins aux caractéristiques intermédiaires, mais le vin issu des parcelles amendées à 30 t/ha se rapproche plus du vin témoin.

La perte de la qualité du vin peut avoir des causes variées. Toutefois, on sait que l'alimentation azotée a un rôle prépondérant. Une alimentation trop riche retarde l'évolution de l'équilibre hormonal, prolonge l'état juvénile de la vigne, et donc retarde la migration et l'accumulation dans les baies des éléments responsables de la qualité organoleptique du vin (Champagnol, 1984 ; Ribereau-Gayon et Peyaud, 1980). S'ajoutent à ceci des phénomènes annexes, comme l'ombrage, jouant un rôle dans la maturation et la coloration des baies. Serrano and Favarel (1998) ont montré en procédant à des effeuillages que l'exposition au soleil des grappes favorise la synthèse des polyphénols, et que les vins issus des effeuillages précoces sont plus riches en anthocyanes et composés phénoliques. Généralement, un plus grand nombre de feuilles par cep de vigne, entraîne une activité photosynthétique plus importante et donc la

synthèse supplémentaire de glucides qui pourront migrer vers les baies. Mais la stimulation des échanges gazeux par la fertilisation azotée implique une consommation supérieure de glucides qui diminuera d'autant la masse de sucres des baies (Champagnol, 1971). Par ailleurs, les feuilles en empêchant les raisins d'être exposés directement au rayonnement solaire, peuvent gêner les transformations d'acides organiques en glucides dans les baies (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1980; Uhlig, 1998).

En résumé, l'amendement organique riche en azote entraîne une prolongation de la croissance des parties végétatives qui ont un métabolisme actif et retardent la maturation. Cela s'ajoutant à un ombrage plus important des grappes, les baies sont moins riches en polyphénols, en sucres et développent une couleur moins intense. Le vin produit est de moins bonne qualité. Ceci est valable pour l'apport le plus important en compost, puisqu'un apport plus modéré (dans notre expérimentation, 30 t/ha) donne un vin de qualité satisfaisante.

CONCLUSIONS

Les effets à court terme étudiés dans cette expérimentation ont montré que l'amendement de compost organique a eu un effet bénéfique sur les qualités fertilisantes du sol. En particulier, on observe un enrichissement rapide en azote minéral après l'épandage et qui se maintient jusqu'à la fin de la période de croissance. L'augmentation des cations disponibles dans le sol n'est significative que pour la dose la plus élevée (90 t/ha), bien qu'une tendance à l'enrichissement proportionnellement à la dose se dessine nettement (sauf pour Na). L'apport de compost n'a pas enrichi le sol en éléments traces métalliques. Il n'y a eu aucune amélioration des qualités physiques du sol, mais le compost n'a peut-être pas encore eu le temps de s'incorporer au sol.

La production des ceps n'a pas été modifiée lors de cette première année. Mais, il est probable que l'effet se répercute sur la deuxième année. En revanche, il semble que les qualités œnologiques du vin issu des parcelles fortement amendées soient dépréciées. Toutefois, il faut attendre les analyses complémentaires sur les paramètres organoleptiques pour déterminer les modifications qui sont apparues.

BIBLIOGRAPHIE

Aubert G., 1970 - Méthode d'analyses des sols. Centre régional de documentation pédagogique, Marseille, 171 p.
 Ballif J.L., Moncomble D., Descotes A., 1991 - Influence sur le ruissellement et l'érosion de couvertures de compost urbain et d'écorces fraîches broyées dans le vignoble champenois. ANPP, 3: 359-365.
 Barker A.V., 1997 - Composition and uses of compost. Am. Chem. Soc., 66: 140-162.

Blouin J., 1992 - Techniques d'analyses des moûts et des vins, Dujardin-Salleron Ed., Paris, 332 p.
 C.E.T.I.M., 1999 - Manuel d'utilisation du VPI, CETIM, Cergy-Pontoise, France, 24 p.
 Champagnol F., 1971 - Etude de quelques effets de la fertilisation azotée sur la vigne. Thèse de doctorat. Montpellier, 74 p.
 Champagnol F., 1984 - Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Champagnol, St-Gely-du-Fesc, 351 p.
 Chaney R.L., 1980 - Health risks associated with toxic metals in municipal sludge. In: Sludge health risks of land application. Ed. Ann. Arbor Sci. Publ. Ann Arbor, MI, USA, pp 59-83.
 Dean R.B., Suess M.J., 1985 - The risk to health of chemicals in sewage sludge applied to land. Waste Manage. Res., 3: 251-278.
 Gagnon B., Simard R.R., 1999 - Nitrogen and phosphorus release from on-farm and industrial composts. Can. J. Soil Sci., 79: 481-489.
 He X.T., Traina S.J., Logan T.J., 1992 - Chemical properties of municipal solid waste composts. J. Environ. Qual., 21: 318-329.
 Kiemec G.L., Hemphill D.D., Hickey M., Jackson T.L., Volk V.V., 1990 - Sweet corn yield and tissue metal concentration after seven years of sewage sludge applications. J. Prod. Agric., 3: 232-237.
 McConnel D.B., Shiralipour A., Smith W.H., 1993 - Compost application improves soil properties. Biocycle, 4: 61-67.
 Moreno-Caselles J., Pérez-Murcia M.D., Pérez-Espinosa A., Moral R., 1997 - Heavy metal pollution in sewage sludges and agricultural impact. Fresenius Envir. Bull., 6: 519-524.
 NF ISO 11261, 1995 - Qualité du sol. Dosage de l'azote total-Méthode de Kjeldahl modifiée. Ed. AFNOR, France.
 Ozores-Hampton M., Hanlon E., Bryan H., Schaffer B., 1997 - Cadmium, copper, lead, nickel and zinc concentration in tomato and squash grown in MSW compost-amended calcareous soil. Compos. Sci. Util., 5: 40-45.
 Pinamonti F., 1998 - Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status performance of grapevine. Nutr. Cycl. Agroecosys., 51: 239-248.
 Pinamonti F., Stringari G., Gasperi F., Zorzi G., 1997 - The use of compost: its effects on heavy metals levels in soils and plants. Resour. Conserv. Recy., 21: 129-143.
 Prone A., Lebourg A., Blanchon F., De Sweemer C., 1999 - Suivi des modifications physiques et chimiques de sols de vignobles à textures différentes après apport de compost urbain. Courr. Sci. Parc. Nat. Luberon, 3: 59-72.
 PR NF ISO 14256-2, 1997 - Qualité du sol. Dosage des nitrates, des nitrites et de l'ammonium dans les sols humides par extraction avec une solution de chlorure de potassium. Partie 2. Ed. AFNOR, France.
 Prone A., Rodriguez M.L., Massiani C., 1993 - Etude des interactions physiques et chimiques d'un compost en épandage sur un sol. Sci. Sol, 31: 17-30.
 Ribereau-Gayon J., Peynaud E., 1980 - Traité d'ampélogie. Bordas, Paris; 697 p.
 Serrano E., Favarel J.L., 1998 - Influence de l'éffeuillage sur la qualité de la vendange et le développement de la plante. Rapport CITVV, 9 p.
 Sort X., Alcaniz J.M., 1999 - Modification of soil porosity after application of sewage sludge. Soil Till. Res. 49: 337-345.
 Uhlig B.A., 1998 - Effects of solar radiation on grape (*Vitis vinifera* L.) composition and dried fruit color. J. Hort. Sci. Biotechn., 73: 111-123.
 Woodbury P.B., 1992 - Trace elements in municipal solid waste composts: a review of potential detrimental effects on plants, soil biota, and water quality. Biomass and Bioenergy, 3: 239-259.
 Zebarth B.J., Neilsen G.H., Hogue E., Nielsen D., 1999 - Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. Can. J. Soil Sci., 79: 501-504.