

REFERENCES

1. T. WASSENAAR, P. ANDRIEUX, F. BARET, J.-M. ROBBEZ-MASSON, 2005. *Catena* 62 (2-3), 94-110.
2. C. CORBANE, D. RACLOT, F. JACOB, J. ALBERGEL, P. ANDRIEUX, 2008. *Catena* 75 (3), 308-318.
3. P. RAT, 1986. Guide géologique Bourgogne Morvan. Edition Masson, 2e édition, 216 p.
4. C. DELACOURT, P. ALLEMAND, M. JAUD, P. GRANDJEAN, A. DESCHAMPS, J. AMMANN, V. CUQ, S. SUANEZ, 2009. *Journal of Coastal Research*, special issue 56, 1489-1493.
5. D. BAIZE, M.C. GIRARD, 2008. Référentiel pédologique. Association française pour l'étude des sols, Ed Quae, 405 p.

Impact de différents amendements organiques sur la biodiversité du sol en système viticole : 20 années de suivi en Champagne ***Impact of organic inputs on soil biodiversity in vineyard systems.*** ***A monitoring approach during 20 years***

Guénola PERES^{1*}, Raphaël MARICHAL¹, Rémi CHAUSSOD², Rachida NOUAIM³,
Arnaud DESCOTES⁴, Cédric GEORGET⁴, Dominique MONTCOMBLE⁴, André PERRAUD⁴,
Antoine DEWISME¹, Daniel CLUZEAU¹

¹ Université Rennes 1, UMR 6553 Ecobio CNRS-Univ Rennes 1, Station Biologique de Paimpont, 35380 Paimpont, France.

² Inra Dijon, UMR microbiologie du sol et de l'environnement, 17 rue Sully BP 86510, 21065 Dijon cedex, France.

³ SEMSE - Services & Études en Microbiologie des Sols et de l'Environnement, Viè vignes, France.

⁴ CIVC - Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne, 5 rue Henri Martin 51200 Epernay, France.

* Corresp. author : Daniel Cluzeau, Telephone: 00 33(0)2 99 61 81 80, Fax: 00 33(0)299618187, Email : daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr

ABSTRACT

Conventional vineyard practices have led in many environmental disturbances as erosion, soil compaction, loss of organic matter and soil biodiversity, water contamination... Therefore, there is an increasing interest to develop sustainable viticulture in the famous Champagne vineyard for 20 years: a program called "VITI 2000" has been developed since 1986 by CIVC (Inter-professional Committee of Champagne Wine) in collaboration with scientists. The aims are i) to assess the impact of viticultural practices on soil functioning, environmental properties and wine quality, ii) to advise progressively sustainable practices to winegrowers. One strength of this program is to allow a long term field experiment: earthworm communities, microbial biomass, soil and vine parameters were followed during 25 years in 19 plots representing 66 treatments to test the impact of pesticides applications (nematicides, fungicides, herbicides), or organic matter inputs, or vine management (organic vs conventional vs integrated). This program ended in a huge data collection e.g. the data table of earthworm communities (species, body mass, sexual stage) presents more than 39 000 lines. A database, compatible to others soil fauna databases developed by the laboratory EcoBio (University Rennes 1), has been developed. First results indicate that i) grass strip between the vine rows and compost quickly stimulate biological soil processes, while dried organic matter inputs have a slow positive impact, ii) fungicides containing copper alter in the same pattern earthworms and microorganisms, iii) integrated management could be as positive as organic practices. Statistical treatments are still going on and further results will be discussed.

Keywords: vineyard, organic matter inputs, earthworm communities, microbial biomass.

1 INTRODUCTION

Les pratiques viticoles conventionnelles appliquées depuis plusieurs décennies sont suspectées d'avoir conduit à de nombreuses altérations de l'environnement comme l'érosion, la compaction du sol, la perte de matière organique et de la biodiversité des sols, la contamination de l'eau. Par conséquent, afin d'évaluer les contraintes et intérêts de développer une viticulture raisonnée et durable en Champagne, un programme « VITI 2000 » a été initié depuis 1986 par le CIVC (Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne). Ce programme organisé en collaboration

avec des chercheurs est basé sur un réseau de parcelles semi-expérimentales chez les viticulteurs. Les objectifs généraux du projet VITI 2000 sont i) d'évaluer l'impact des pratiques viticoles (usage des produits phytosanitaires; fertilisation; enherbement...) sur le fonctionnement biologique du sol, les propriétés environnementales et la qualité de la vigne, ii) de former progressivement les vigneronnes à des pratiques plus durables. Une des forces de ce programme est de permettre le suivi d'un grand nombre de paramètres sur du long terme; ainsi, les communautés lombriciennes, la biomasse microbienne, les paramètres du sol et de la

vigne ont été suivis pendant 25 ans sur 19 parcelles correspondant au total à 66 traitements différents. Ces dispositifs ont permis de tester l'impact (i) de l'application de traitements phytosanitaires tels que les acaricides, insecticides, fongicides, herbicides (ii) des apports organiques tels que les écorces ou les composts, (iii) des alternatives au désherbage chimique, ou encore (iv) des modes de gestion (conventionnel vs intégré vs agrobiologique).

Ce programme VITI 2000 a abouti au recensement d'un très grand nombre de données (exemple : les données lombriciennes correspondent à plus de 39 000 lignes). Afin de gérer au mieux ce nombre colossal de données, une base de données, compatible avec d'autres bases de données de faune du sol, a été développée par l'unité de recherche EcoBio de l'Université de Rennes1. Cette base de données permet non seulement de traiter les données biologiques (lombriciens, microorganismes), mais aussi les interactions qui existent entre les données biologiques, les données du sol et les données de la vigne. Dans un tel contexte, le projet VitiEcoBioSol (financé par le programme de recherche GESSOL 3 ; 2011-2012) a pour ambition de faire la synthèse de ces résultats acquis pendant 25 ans.

Les résultats présentés dans cet article et issus de la parcelle semi-expérimentale de Montbré, se focaliseront sur l'impact de la fertilisation sur le fonctionnement du sol.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Dispositif

La parcelle semi-expérimentale de Montbré, est située à environ 20 km au Sud de Reims (département 51). D'une surface de 0.5 ha, elle a été plantée en 1988 sur un ancien vignoble ; le cépage correspond à du pinot

meunier, greffé sur le porte-greffe 41 B. Les distances de plantation sont de 1,2m × 1m. Le type de taille utilisé est le « guyot simple ». Elle est exposée sud et a une pente avoisinant les 3%. La parcelle se situe dans les plaines de la Champagne crayeuse sur un substrat géologique constitué de craie blanche tendre du sénien. Le sol est de type sol brun, avec une texture sablo-argilo-limoneuse. Le taux de matière organique (en 1991) est jugé normal pour ce type de sol : 2,5 % en surface (0-25 cm) et 1,8 % en sous-sol (25-50 cm).

L'expérimentation a été mise en place par le CIVC en 1990, avec un premier apport de matière organique ou minérale effectué en 1991. Neuf modalités expérimentales d'une surface de 2.7 ares sont comparées, leurs caractéristiques étant détaillées dans le tableau 1 :

- La modalité témoin et la modalité engrais minéral ne reçoivent aucune MO exogène, la modalité engrais minéral recevant 30 kg d'azote par an et par hectare sous forme d'ammonitrate.

- Six modalités reçoivent de la matière organique exogène (PRO) sur l'inter-rang ; elles peuvent être classées en ordre croissant de quantité de carbone apportée : fientes déshydratées, fumier déshydraté, écorces compostées + fumier, écorces fraîches de peuplier, écorces fraîches de chêne et écorces de résineux.

- La modalité enherbement est assurée par un semis de Pâturin des prés variété Géronimo. Le semis est réalisé à environ 50 kg/ha, localisé sur l'inter-rang. Un désherbage est réalisé sous le rang en début de saison avec un désherbant de pré-levée. L'inter rang est géré par tonte (2 à 4 en fonction des années). Un apport de 50 kg d'azote sous forme d'ammonitrate est effectué tous les ans.

Tableau 1. Caractéristiques des 9 traitements.

Traitement	Dose/ha	Périodicité	C/N	apports en kg/ha/an 2006-2007-2008		
				MO	C orga	N
témoin (sans apport)	X	X	X	0	0	0
engrais minéral (ammonitrate)	90kg	1 an	X	0	0	30
fientes déshydratées (engrais organiques)	0,750t	1 an	8	337	225	30
fumier déshydraté (amendement organique déshydraté)	2,5t	1 an	12,9	1500	645	50
20% de fumier + 80% d'écorces (40% de résineux+peuplier, 20% de résineux, 20% de hêtre) le tout composté 3 mois	80m3 44,8t	3 ans	36	4525	2274	63
écorces fraîches de peuplier	150m3/58,5t	3 ans	62	7605	3720	60
écorces fraîches de chêne	150m3/55,5t	3 ans	79	8241	4098	52
écorces de résineux (60% sapin, 30% d'épicéa, 10% fibre de bois)	150m3/58,5t	3 ans	104	9263	4671	45
Enherbement (+engrais minéral)	150kg	1 an	N.D	N.D	N.D	50

Ces apports, représentatifs des pratiques des viticulteurs, diffèrent en termes de qualité chimique (C/N, carbone organique, rapport cellulose/hémicellulose, etc.) et de propriétés physiques (couverture du sol).

2.2 Étude du compartiment biologique

Les communautés lombriciennes ont été échantillonnées selon la méthode proposée par Bouché² et adaptée au contexte viticole³. Elle est basée sur une extraction chimique au formol complétée de 2 tris manuels (un sur le rang et l'autre sur l'inter-rang). Dans la pratique, trois épandages d'une solution formolée sont effectués sur une surface de 1 m², et espacés de 15 minutes (concentrations : 2.5 ‰ pour les deux premiers et 4‰ pour le dernier). Les vers migrant en surface sont récupérés. Ensuite, deux blocs (25 cm * 25 cm * 25 cm) sont extraits et triés afin de récolter les vers de terre n'ayant pas réagi au formol. Au laboratoire, pour chaque individu, l'espèce, le stade de développement (Adulte, Sub-adulte ou Juvénile) et le poids sont précisés. Les communautés de vers de terre sont étudiées en termes d'abondance, de biomasse, de richesse spécifique et de structure des catégories écologiques (épigés, anéciques et endogés). Les prélèvements ont été réalisés en 1991, 1994, 1997, 2000, 2004 et 2007.

La biomasse microbienne du sol est mesurée par la méthode fumigation-extraction⁴. Celle-ci consiste à fumer (par des vapeurs de chloroforme) des échantillons de 20g de sol sec prélevés dans la parcelle (composite de 3 prélèvements). Après traitements chimiques, la différence de carbone organique soluble mesurée entre un échantillon fumigé et un témoin non fumigé est convertie en biomasse microbienne (C-biomasse). La biomasse microbienne a été évaluée en 1991, 1994, 1995, 1997, 1998, 2000 et 2007.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Communautés lombriciennes

Concernant les communautés de vers de terre, le suivi temporel des communautés (Figure 1) montre qu'en 1994, les écorces fraîches de peuplier et de chêne, les écorces de résineux, les écorces compostées et l'enherbement permettent une augmentation significative de la densité lombricienne, les apports de type déshydratés étant par contre sans effet, ceci pouvant s'expliquer notamment par leur rapport C/N plus faible. En 1997, la densité et la richesse des communautés lombriciennes présentent des valeurs plus faibles quelque soit la modalité, ceci pouvant s'expliquer par l'effet de la sécheresse post-hivernale

qui avait généré une contrainte hydrique aboutissant à la diminution de l'activité des lombriciens. Cette contrainte hydrique est particulièrement observée sous la modalité enherbée (concurrence entre la vigne et l'herbe pour la ressource hydrique), alors qu'elle est moindre sur les traitements « écorces de résineux », « écorces fraîches de peuplier », « écorces fraîches de chêne » et « compost de résineux », ces derniers en permettant une couverture du sol maintiennent un meilleur état hydrique des sols. En 2004, les prélèvements montrent l'effet positif des écorces de résineux, ainsi que, dans une moindre mesure, du fumier déshydraté. En 2007, après 16 ans, les traitements stimulant le plus les communautés lombriciennes sont par ordre synthétique d'impact positif décroissant : l'enherbement, les écorces de chêne et les écorces compostées, le fumier déshydraté et enfin les écorces de résineux. L'enherbement augmente la densité lombricienne ($88,3 \pm 3,7 \text{ ind.m}^{-2}$), la richesse spécifique ($5,7 \pm 0,3 \text{ espèces.prélèvement}^{-1}$) et l'équitabilité (0,78), mais peu la biomasse ($45,5 \pm 8,0 \text{ g.m}^{-2}$) ; les écorces de chêne et les écorces compostées stimulent l'abondance (respectivement $85,3 \pm 9,9 \text{ ind.m}^{-2}$ et $85,3 \pm 7,2 \text{ ind.m}^{-2}$), la biomasse (respectivement $72,6 \pm 4,3 \text{ g.m}^{-2}$ et $89,6 \pm 14,4 \text{ g.m}^{-2}$), la richesse spécifique (respectivement $5,7 \pm 0,3$ et $5,3 \pm 0,3 \text{ espèces.prélèvement}^{-1}$) et l'équitabilité (respectivement 0,83 et 0,77). Le fumier déshydraté a un effet fort sur la densité ($107,7 \pm 27,2 \text{ ind.m}^{-2}$), la biomasse ($112,3 \pm 9,1 \text{ g.m}^{-2}$) mais peu sur la richesse ($5,0 \pm 0,0 \text{ espèces.prélèvement}^{-1}$) et l'équitabilité (0,68). Enfin, les écorces de résineux ont un effet sur la richesse spécifique ($6,0 \pm 0,0$), la biomasse ($92,8 \pm 5,3 \text{ g.m}^{-2}$) et la densité ($89,0 \pm 7,2 \text{ ind.m}^{-2}$) mais peu sur l'équitabilité

Par ailleurs, l'enherbement et les écorces de résineux favorisent le développement des endogés, représentant respectivement 54 et 60 % des peuplements de ces modalités.

3.2 Biomasse microbienne

Concernant la biomasse microbienne, les résultats enregistrés en 2007 mettent en évidence un effet important des mulchs d'écorces (peuplier, résineux, ou écorces compostées avec fumier) : sur l'horizon 0-20cm, les niveaux atteignent $350 \text{ à } 390 \text{ mgC.kg}^{-1}$ dans ces traitements contre $200 \text{ à } 250 \text{ mg.kg}^{-1}$ dans les modalités sans apports organiques. Ceci pourrait s'expliquer par l'incorporation dans le sol par les lombriciens de ces produits apportés en surface.

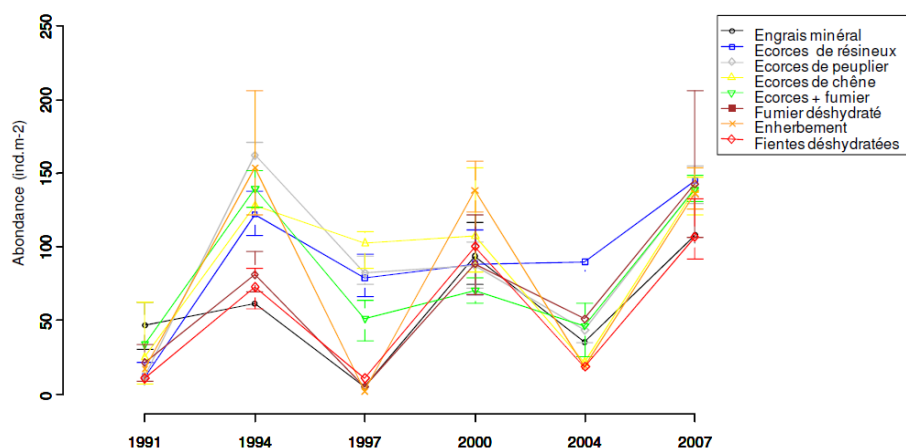


Figure 1. Évolution temporelle des abondances lombriciennes de 1991 à 2007 selon les différents traitements.

Les intrants fertilisants et les amendements, excepté la fertilisation minérale, permettent donc de stimuler de manière plus ou moins importante les micro-organismes et la faune du sol, assurant ainsi la restauration d'activités biologiques dans les sols. A l'issue de 16 ans d'expérimentation, quatre types de traitement montrent un effet bénéfique sur les communautés lombriciennes et microbiennes, à savoir l'enherbement, les écorces fraîches (chêne et résineux) et les écorces compostées (Tableau 2). Ces traitements, dont les impacts positifs ont été observés dès les premières années (3 ans), sont caractérisés (i) par un C/N élevé, mettant en évidence l'importance de la qualité chimique des apports sur le fonctionnement biologique, mais correspondent aussi (ii) à une couverture du sol (mulch), soulignant l'importance de la qualité physique des apports dans le maintien des

fonctions biologiques des sols viticoles. Lors des années à hiver-printemps secs, la modalité enherbée présente de faibles abondances lombriciennes. Celle-ci peuvent s'expliquer par un assèchement du profil plus rapide que dans les autres modalités, du fait d'une demande en eau supérieure du couvert végétal. Dans un contexte de réchauffement climatique, cette observation est intéressante car présage d'une activité lombricienne réduite dans le temps.

À l'issue de ces 16 années d'expérimentation, malgré un C/N bas et l'absence de couverture du sol, les apports de fumier déshydraté apparaissent également bénéfiques pour les communautés lombriciennes. Cependant, cet impact positif n'a été observé qu'après 11 ans d'application et n'a pas été mesuré sur la biomasse microbienne.

Tableau 2. Efficience des différents traitements sur les paramètres lombriciens et la biomasse microbienne, année 2007.

Traitements	Lombriciens				Micro-organismes
	Abondance (ind.m ⁻²)	Biomasse (g.m ⁻²)	Richesse (nb espèces)	Synthèse	Biomasse microbienne
Enherbement	88,3 ± 3,7	45,5 ± 8,0	5,7 ± 0,3	+++	+++
Ecorces de chêne	85,3 ± 9,9	72,6 ± 4,3	5,7 ± 0,3	+++	++
Ecorces + fumier	85,3 ± 7,2	89,6 ± 14,4	5,3 ± 0,3	+++	++
Fumier déshydraté	107,7 ± 27,2	112,3 ± 9,1	5,0 ± 0,0	+++	0/+
Ecorces de résineux	89,0 ± 7,2	92,8 ± 5,3	6,0 ± 0,0	++	++
Ecorces de peuplier	65,0 ± 4,0	91,2 ± 12,1	4,7 ± 0,3	++	++
Fientes déshydratées	75,7 ± 1,9	112,3 ± 9,1	5,0 ± 0,0	++	++
Engrais minéral	88,3 ± 7,6	51,3 ± 9,9	5,0 ± 0,6	+	0/+

4 CONCLUSION

Cette étude de long terme de suivi des propriétés biologiques des sols viticoles a permis de hiérarchiser les différents traitements en fonction de leurs impacts sur les communautés lombriciennes et la biomasse microbienne. Elle a aussi permis de déterminer le délai d'efficacité de ces différents traitements, tout en mettant en évidence une forte variabilité inter-annuelle liée au climat. Les résultats obtenus sont propres à un contexte pédoclimatique donné (coteaux calcaires de la vallée de la Marne), et doivent être approfondis. Ainsi, il serait intéressant d'intégrer d'autres variables dans cette analyse telles la fréquence d'apport (variable selon les amendements) et la composition des amendements (qui a pu varier au cours des 16 années qu'ont duré l'essai).

En outre, une approche globale est nécessaire pour déterminer l'intérêt d'apporter tel ou tel amendement, celle-ci nécessite i) de coupler ces résultats aux paramètres physico-chimiques du sol (stabilité structurale, infiltrabilité, disponibilité des éléments nutritifs...) ainsi qu'agronomiques (état sanitaire de la vigne, rendement,...) et ii) de prendre en compte l'environnement socio-économique (coût-disponibilité des produits, possibilités techniques d'épandage, respect de cahiers des charges...).

Au sein du projet VitiEcoBioSol, ces résultats seront intégrés dans une synthèse concernant l'impact de

nombreuses autres pratiques culturelles étudiées depuis 1986 sur le vignoble de Champagne. Cette synthèse devrait permettre de mieux appréhender les effets sur la biologie des sols d'une grande diversité de pratiques (en terme de gestion des adventices, des maladies, des ravageurs, de fertilisation) liées à des contextes socioculturels et économiques mouvants.

RÉFÉRENCES

1. <http://www.gessol.fr/content/les-sols-de-vigne-vivants-comment-gerer-ce-patrimoine-la-base-de-la-perennite-du-vignoble-de> visited online on May 24th 2012
2. M.B. BOUCHÉ, 1969. L'échantillonnage des peuplements d'Oligochètes terricoles. In Lamotte M., Bourlière F. (Eds). Problème d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Masson et Cie, Paris, 273-287.
3. D. CLUZEAU, M. CANNAVACCIUOLO, G. PÉRÈS, 1999. Indicateurs microbiologiques des sols : les lombriciens – Méthode d'échantillonnage dans les agrosystèmes en zone tempérée. In 12^{ème} Colloque Viticole et Œnologique Ed. ITV Paris, 25-35.
4. J. WU, R.G. JOERGENSEN, B. POMMERENING, R. CHAUSSOD, P. BROOKES, 1990. Measurement of soil microbial biomass C by fumigation-extraction - an automated procedure. *Soil & Biology & Biochemistry*, 22 (8), 1167-1169.

Unexpected relationships between $\delta^{13}\text{C}$, water deficit, and wine grape performance

Edoardo A.C. COSTANTINI^{1*}, Alessandro AGNELLI¹, Pierluigi BUCELLI¹, Aldo CIAMBOTTI²,
Valentina DELL'ORO², Laura NATARELLI¹, Sergio PELLEGRINI¹, Rita PERRIA³, Simone PRIORI¹,
Paolo STORCHI³, Christos TSOLAKIS², Nadia VIGNOZZI¹

¹ CRA-ABP, Research Centre for Agrobiological and Pedology, Florence, Italy; ²CRA-ENO Research Centre for Oenology, Asti, Italy; ³CRA-VIC Research Unit for Viticulture, Arezzo, Italy.

*Corresp. author: edoardo.costantini@entecra.it

ABSTRACT

Water nutrition is crucial for wine grape performance. Thus soil investigation aims at characterizing spatial and temporal variability of available water. A possible strategy is to integrate monitoring and proxies of water availability. The carbon isotope ratio $\delta^{13}\text{C}$, measured in the alcohol of wine, is a promising tool to determine water stress during the vine growing season and vine performance. A research study was set up to evaluate the relationships between $\delta^{13}\text{C}$, soil water deficit, and wine grape viticultural and oenological performance. The trial was carried out for three years in the Chianti Classico wine production district (Central Italy), on not irrigated vineyards of a premium farm. The reference variety was Sangiovese. Eleven sites were chosen for vine monitoring and grape sampling. The performance parameters were alcohol and sugar content, sugar accumulation rate, mean berry weight, and extractable polyphenols. $\delta^{13}\text{C}$, stem water potential, and soil water deficit, as difference between soil water content, monitored during the veraison-harvest, and the standard wilting point, were measured. $\delta^{13}\text{C}$ resulted directly related to stem water potential and soil water deficit, and showed absence to only moderate water stress. However, the relationship with viticultural and oenological results was contrary to the expectation, that is, the performance increased when the water stress decreased. The explanation was that the viticultural husbandry was so competing for the plants (high plant density, high pruning, weak rootstock, grass cover) that the effects of water stress on grape quality were magnified. In conclusion, $\delta^{13}\text{C}$ cannot be directly used to estimate vine performance.

Keywords: Carbon, water availability, proxy, red grape, Tuscany.