

COMPARAISON DE TROIS MODES DE PRODUCTION EN BOURGOGNE VITICOLE : PREMIERS RESULTATS.

P. CROZIER⁽¹⁾, F. BIDAUT⁽¹⁾, C. DUBUS⁽¹⁾, G. PERES⁽²⁾, D. CLUZEAU⁽²⁾, R. CHAUSSOD⁽³⁾

(1) Chambre d'Agriculture de Saône & Loire, BP 522, 71010 Mâcon cedex (France)
pcrozier @ sl.chambagri.fr, fbidaut @ sl.chambagri.fr, cdubus @ sl.chambagri.fr

(2) UMR EcoBio, CNRS - Université Rennes I, Station Biologique, 35380 Paimpont
(France) *gperes @ univ-rennes1.fr, cluzeau @ univ-rennes1.fr*

(3) UMR Microbiologie & Géochimie des Sols, INRA – Université de Bourgogne,
BP 86510, 21065 Dijon cedex (France) *remi.chaussod @ dijon.inra.fr*

RESUME

Un essai viticole de moyenne durée a été mis en place en Bourgogne afin de comparer trois modes de production : viticulture durable, viticulture biologique, viticulture « Ecophyto 2018 » (avec réduction d'intrants). Les principaux paramètres agronomiques quantitatifs et qualitatifs sur la plante et le sol sont déterminés. Les aspects environnementaux sont appréhendés à travers les critères définis dans le cadre du Grenelle de l'Environnement (nombre de passages, quantités de spécialités commerciales et de substances actives, IFT). Les incidences économiques sont évaluées pour chaque mode de production. A cet égard, il s'avère que les choix d'itinéraires techniques d'entretien des sols ont un poids important. La viabilité économique de modes de production moins consommateurs d'intrants n'est envisageable que si l'on maîtrise parfaitement les bioagresseurs pour pouvoir atteindre les objectifs de production.

INTRODUCTION

La viticulture est en mutation rapide, depuis une quinzaine d'années, pour concilier des exigences de qualité des produits, de coûts de production et de respect de l'environnement. En matière d'entretien des sols, des alternatives au désherbage chimique intégral ont été testées et sont aujourd'hui de plus en plus largement pratiquées. En matière de protection de la vigne, différentes études ont également été menées, qui ont apporté des éléments d'information utiles pour le choix des produits et des stratégies de traitement.

Aujourd'hui, en réponse au « Grenelle de l'environnement », la priorité en matière de recherche et de développement pour la filière viti-vinicole est d'acquérir des références techniques pour proposer des systèmes de production à haute performance environnementale. Pour cela, il est nécessaire d'aller plus loin au niveau de l'intégration des études concernant les impacts des itinéraires techniques sur l'environnement, avec un double objectif :

- appréhender de façon plus globale ces itinéraires techniques, c'est-à-dire en se plaçant au niveau même des modes de production, et en faisant appel aux méthodes les plus performantes disponibles actuellement.

- assurer une pertinence des travaux par rapport aux besoins et à l'attente des professionnels, pour déboucher le plus directement possible sur le conseil agronomique et plus largement permettre le transfert des résultats en direction des viticulteurs.

Le premier objectif correspond à une exigence de changement d'échelle dans le temps et l'espace (Guillou, 2005), et implique des travaux de moyen terme (de l'ordre de la dizaine d'années) en conditions naturelles, pour cerner à la fois les évolutions lentes et la variabilité inter-annuelle. Ceci implique également le choix d'indicateurs biologiques appropriés, notamment pour ce qui concerne la « biodiversité ».

Le second objectif, outre un caractère « opérationnel » très affirmé, répond aussi à une exigence sociale plus large. L'expertise scientifique collective de l'INRA (Aubertot *et al.*, 2005) a bien mis en évidence la nécessité d'une utilisation plus raisonnée des pesticides pour en limiter les impacts environnementaux. Rappelons qu'à l'occasion du « Grenelle de l'Environnement », les groupes de travail « Adopter des modes de production et de consommation durables » et « Ecophyto 2018 » ont formulé les recommandations suivantes :

- aller vers 100% d'agriculture durable à terme, en visant 50% des exploitations d'ici 2012
- satisfaire les attentes environnementales de la société
- réduire les pollutions diffuses (...) et réduire fortement l'usage des pesticides à moyen terme (réduction si possible de 50 % des phytosanitaires d'ici 10 ans)
- restaurer la biodiversité
- réorienter fondamentalement dès 2009 la recherche et la formation des agriculteurs vers des modes d'agriculture durables.

L'étude consiste à comparer les effets de trois modes de production (viticulture durable, viticulture biologique et viticulture écophyto 2018) sur le sol, la biocénose, la vigne, la qualité des raisins et des vins. Les itinéraires techniques sont définis par un comité de pilotage.

MATERIEL ET METHODES

Description de l'essai

L'expérimentation est basée sur un dispositif agronomique mis en place en 2005 sur le domaine du lycée viticole de Mâcon Davayé dans le but de comparer, aux plans technique et économique, trois « modes de production » appelés ci-après respectivement Viticulture Durable, Viticulture Biologique, Viticulture Ecophyto 2018 :

- **Viticulture Durable** : dans cette modalité, nous mettons en œuvre les plus récentes préconisations des organismes professionnels, notamment en matière de protection phytosanitaire, formant la « référence » actuelle en Bourgogne (Guide Technique Viticulture Durable en Bourgogne, 2006).
- **Viticulture Biologique** : cette modalité respecte intégralement le cahier des charges de l'agriculture biologique, tel que reconnu en France et en Europe.
- **Viticulture ECOPHYTO 2018** : il s'agit dans cette modalité de réduire d'au moins 30 % dès maintenant (et au moins 50 % au terme de l'expérimentation soit 10 ans) le recours aux pesticides, à travers la mise en œuvre conjoint d'optimisations techniques et d'innovations : réduction des doses par amélioration qualitative des applications et

adaptation au développement de la végétation ; diminution du nombre de traitements fongicides par utilisation des Processus Opérationnels de Décision faisant appel à l'observation et à la modélisation (Thiéry et al., 2007) ; utilisation chaque fois que possible des principes de la protection intégrée (OILB) ainsi que des méthodes alternatives ou complémentaires à la lutte chimique (stimulation de défense des plantes) ; approche agronomique globale visant à réduire l'occurrence et la gravité des maladies par les choix les plus judicieux en matière d'entretien des sols et de fertilisation (maîtrise de la vigueur, etc.). En outre, ce modèle de viticulture écophyto 2018 cherche à minimiser l'émission de gaz à effet de serre en limitant la consommation d'énergie et en veillant à stocker (plutôt qu'à déstocker) du carbone dans les sols.

Il s'agit donc d'un dispositif expérimental destiné avant tout à l'acquisition de références techniques, en vérifiant leur viabilité économique mais sans aller jusqu'à une véritable approche « système » pour laquelle le cadre le plus adapté est celui d'un réseau d'exploitations (Coulon et al., 2007).

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental (3 x 736 m²) est situé sur le domaine du Lycée viticole de Mâcon Davayé, en sol argilo-calcaire. Il consiste en trois traitements sur lesquels sont identifiées 5 zones de mesures. La vigne (Chardonnay clone 76 sur Fercal) a été plantée en 1986 à 1,15m x 1m soit 8695 pieds/ha. Le système de taille est le Guyot simple 8 + 2.

Le dispositif retenu est un dispositif en bandes, chaque itinéraire étant mené sur une bande de 8 inter-rangs de large. Ce dispositif permet de mieux gérer les effets de bordure. Un témoin non traité contre les maladies et les ravageurs sert d'indicateurs de pression sur le site l'année considérée.

Un point « 0 » a été réalisé pour chaque modalité en 2005 afin de s'assurer de l'homogénéité du dispositif et d'enregistrer l'état initial de chaque parcelle élémentaire, permettant ainsi un suivi diachronique des évolutions. Sur le sol, on a déterminé les caractéristiques physico-chimiques de base, les populations lombriciennes, la biomasse microbienne et ses activités. Sur la vigne on a mesuré la vigueur, la nutrition minérale, le volume de récolte, l'état sanitaire et on a procédé à une analyse des moûts.

Mesures effectuées sur le sol

Pour chacun des trois traitements, des mesures physico-chimiques et biologiques ont été effectuées au début de l'essai (2005) puis en 2008-2009, dans trois zones situées respectivement en haut, au milieu et en bas de la parcelle expérimentale (soit 9 parcelles élémentaires).

La macrofaune lombricienne a été extraite du sol par la méthode au formol (sur 3 fois 1 m² par parcelle élémentaire, soit 9 m² par traitement), complétée par un tri manuel de 3 fois 0,125 m² sur 25 cm de profondeur par parcelle élémentaire. Les populations lombriciennes sont appréhendées par leur abondance (nombre d'individus / m²), leur biomasse (en g / m²), ainsi que la diversité des espèces et la structure des population (adultes, juvéniles, cocons).

La microflore du sol a été évaluée par son abondance (biomasse microbienne), son activité (minéralisation de C & N, nitrification) et sa diversité (structure des communautés bactériennes et fongiques par t-RFLP sur ADN directement extrait du sol, et étude de populations fongiques particulières).

Une description de la flore adventice est réalisée chaque printemps et à l'approche de chaque récolte.

Etudes phytosanitaires sur la vigne

Au cours du cycle végétatif, des observations sont effectuées sur les organes concernés par les maladies cryptogamiques (mildiou, oïdium, maladies du bois,...) et les ravageurs (tordeuses de la grappe, érinose, ...).

Etudes viticoles et œnologiques

Depuis 2005, les mesures viticoles suivantes sont effectuées sur 10 souches pour chacune des 5 zones de chaque modalité : poids de bois de taille de l'année (estimation de la vigueur), analyse pétiolaire début véraison (poids de 50 pétioles, P, K, Ca, Mg, rapport K/Mg), état sanitaire à la récolte, poids de récolte par souche, nombre de grappes, poids moyen d'une grappe, poids de 200 baies.

A la vendange, l'analyse porte sur la richesse en sucre, l'acidité totale, l'acide tartrique, l'acide malique, le potassium, le calcium, le pH.

Depuis 2008, des études biologiques sur la microflore des raisins est réalisée. A partir de 2010, chaque lot sera vinifié séparément (mini-vinification de 200 kg).

Etudes économiques

Pour chaque mode de production, le coût de l'entretien des sols, de la fertilisation, de la protection de la vigne contre les maladies et les ravageurs de même qu'un coût global sont calculés (coût des matières premières, temps de travaux).

RESULTATS

Itinéraires techniques

Après un point 0 en 2005, la différenciation des itinéraires techniques selon les modes de production n'a débuté qu'au printemps 2007 (2006 : même conduite sur les trois modalités).

Le tableau I résume les itinéraires techniques appliqués lors des années 2007, 2008 et 2009.

Tableau I : itinéraires techniques selon les modes de production – DAVAYE 2007/2009

	Années	Viti durable	Viti biologique	Viti Ecophyto
Fertilisation	2007, 2008, 2009	Aucune	Aucune	Aucune
Entretien du sol	2007	Interligne : E.N.S.T Ligne des souches : désherbage chimique	Toute la surface : désherbage mécanique	Interligne : E.N.S.T Ligne des souches : désherbage chimique
	2008	Interligne : E.N.S.T Ligne des souches : désherbage chimique	Interligne : E.N.S.T Ligne des souches : désherbage mécanique	Interligne : E.N.S.T Ligne des souches : désherbage mécanique
	2009	Interligne : E.N.S.T Ligne des souches : désherbage chimique	Interligne : E.N.S.T Ligne des souches : désherbage mécanique	Interligne : E.N.S.T Ligne des souches : désherbage mécanique
Protection phytosanitaire	2007	6 mildiou 5 oïdium 1 insecticide	8 mildiou 6 oïdium 1 insecticide	6 mildiou 0.7 N 5 oïdium 0.7 N
	2008	7 mildiou 5 oïdium 1 insecticide	9 mildiou 6 oïdium 1 insecticide	6 mildiou 0.7 N 5 oïdium 0.7 N
	2009	7 mildiou 5 oïdium 2 insecticides	9 mildiou 6 oïdium 2 insecticides	6 mildiou 0.7 N 4 oïdium 0.7 N 1 insecticide

E.N.S.T : Enherbement Naturel Spontané Tendu
0.7 N : 70 % de la dose homologuée

Il nous a semblé intéressant de confronter les itinéraires techniques des différents modes de production aux principaux critères mis en avant dans le cadre du plan « Ecophyto 2018 » à savoir :

- le nombre de passages
- la quantité de substances actives utilisée
- la quantité de spécialités commerciales utilisée
- l'indice de fréquence de traitement (IFT)

Les résultats sont recensés dans les tableaux II à VI

Tableau II : nombre de passages selon les modes de production – DAVAYE 2007/2009

Années		Viti durable	Viti biologique	Viti Ecophyto
2007	Entretien du sol	3	3	3
	Protection phytosanitaire	8	10	7
	Total	11	13	10
2008	Entretien du sol	6	6	6
	Protection phytosanitaire	7	10	6
	Total	13	16	12
2009	Entretien du sol	4	4	4
	Protection phytosanitaire	8	11	7
	Total	12	15	11
Moyenne/3ans	Entretien du sol	4,3	4,3	4,3
	Protection phytosanitaire	7,7	10,3	6,7
	Total	12	14,6	11

Le nombre de passages fluctue selon les années. L'entretien du sol en 2007 s'est limité à 3 interventions du fait d'un historique « herbicide ». Par contre, en 2008, 6 interventions ont été effectuées compte tenu des conditions climatiques.

Le nombre d'interventions supérieur dans le cadre de la protection phytosanitaire pour la viticulture biologique s'explique par l'utilisation de spécialités phytopharmaceutiques à moindre rémanence que pour les deux autres modes de production. Pour la « viticulture Ecophyto » nous gagnons un passage, en moyenne sur 3 ans, par rapport à la « viticulture durable » (qui est la référence) alors qu'en viticulture biologique, nous comptabilisons 2, 6 passages en plus en moyenne sur 3 ans.

Tableau III : quantité de substances actives utilisée et de spécialités commerciales selon les modes de production – DAVAYE 2007/2009

Années		Viti durable		Viti biologique		Viti Ecophyto	
		s.a	s.p	s.a	s.p	s.a	s.p
2007	Entretien du sol	2 160	6 000	0	0	2 160	6 000
	Protection phytosanitaire	9 859	16 530	42 400	68 750	6 875	11 480
	Total	12 019	22 530	42 400	68 750	9 035	17 480
2008	Entretien du sol	2 160	6 000	0	0	0	0
	Protection phytosanitaire	12 125	15 525	52 500	83 500	7 411	10 780
	Total	14 285	21 525	52 500	83 500	7 411	10 780
2009	Entretien du sol	2 160	4 000	0	0	0	0
	Protection phytosanitaire	10 130	18 775	50 000	81 700	5 815	11 270
	Total	12 290	22 775	50 000	81 700	5 815	11 270

s.a : substance active en g /ha

s.p : spécialité commerciale en g ou ml/ha

L'entretien des sols ne fait appel à aucun herbicide dans le cadre de la « viticulture biologique » et seulement une année (la 1^{ère}) pour la « viticulture écophyto ». Pour la « viticulture durable », les quantités de substances actives et spécialités commerciales sont faibles par rapport à la pratique viticole classique compte tenu que seulement 50 % de la surface du sol reçoit un herbicide deux fois par an.

Pour ce qui est de la protection phytosanitaire, la moindre utilisation de produits phytosanitaires pour la viticulture écophyto par rapport à la viticulture durable s'explique par un nombre moindre de passages et une diminution des doses de fongicides appliquées. Pour la « viticulture biologique », la quantité supérieure de spécialités commerciales s'explique par l'utilisation de spécialités homologuées à plus fortes doses (mais pas utilisées à leurs doses maximales) que des fongicides de synthèse et/ou par des concentrations en substances actives moindres. Il est intéressant de noter les doses de cuivre métal utilisées lors des 3 campagnes : 4 kg en 2007, 4,5 kg en 2008 et 4,3 kg en 2009. Un projet de réglementation en cours d'examen à l'AFSSA vise à limiter l'utilisation du cuivre à 4 kg/ha/an (jusqu'à 2009, la dose maximale autorisée était de 6 kg/ha/an sur une moyenne de 5 ans).

Tableau IV : indice de fréquence de traitement (IFT) selon les modes de production –
DAVAYE 2007/2009

Années		Viti durable	Viti biologique	Viti Ecophyto
2007	IFT hors herbicides	12	7,48	7,7
	IFT avec herbicides	13	7,48	8,7
2008	IFT hors herbicides	11	8,8	6,3
	IFT avec herbicides	12	8,8	6,3
2009	IFT hors herbicides	14	9,4	8
	IFT avec herbicides	15	9,4	8
Moyenne/3ans	IFT hors herbicides	12,3	8,56	7,3
	IFT avec herbicides	13,3	8,56	7,7

Les IFT calculés sont les plus faibles pour la « viticulture écophyto » (- 40% en moyenne sur 3 ans par rapport à la « viticulture durable ») et intermédiaire pour la « viticulture biologique » (- 35 % en moyenne sur 3 ans par rapport à la « viticulture durable »).

Observations sur le sol

Le site expérimental est marqué par une légère pente, mais les caractéristiques physico-chimiques de l'horizon superficiel (0 – 20 cm) sont homogènes. Cet horizon superficiel, argilo-calcaire, est relativement bien pourvu en matière organique (3,7 % en moyenne) et riche en phosphore assimilable (P_2O_5 Olsen = 140 mg/kg). Il est également caractérisé par des teneurs élevées en cuivre (Cu total = 144 mg/kg ; Cu EDTA = 69 mg/kg), témoignant de l'antériorité viticole de la parcelle. Ces teneurs élevées, et les variations spatiales associées, représentent une difficulté pour mettre en évidence les effets des applications actuelles de cuivre sur la biocénose du sol.

- Population lombriciennes

Les mesures mettent en évidence une forte variabilité spatio-temporelle des populations lombriciennes. Tous traitements confondus, l'abondance moyenne est de 63 vers/m² en 2009, année marquée par un printemps sec ; elle était de 96 vers/m² en 2005 avec un printemps humide. Ces valeurs sont normales pour ce type de sol viticole et même plutôt élevées compte tenu des teneurs du sol en cuivre. Au total, 9 espèces différentes ont été trouvées, dont deux très majoritaires : *Lumbricus terrestris* (anécique) et *Allolobophora c. chlorotica albinica* (endogé).

En 2009, l'analyse statistique des résultats ne met pas en évidence d'effets marqués des traitements. On note toutefois de plus faibles abondance et biomasse pour la viticulture biologique, très probablement en lien avec le fréquent désherbage mécanique. Par ailleurs, c'est pour la modalité « viticulture durable » que la diminution d'abondance et de biomasse est la plus marquée entre 2005 et 2009.

- Populations microbiennes

Les valeurs moyennes de la biomasse microbienne sont très voisines en 2005 et en 2008, de l'ordre de 480 mgC/kg ce qui représente 2,2% du carbone organique total. Ces valeurs sont correctes, compte tenu des caractéristiques physico-chimiques de ce sol viticole. La variabilité spatiale observée sur l'essai s'avère assez importante et on ne peut mettre en évidence un effet des traitements. Les activités biologiques sont correctes, y compris l'activité nitrifiante, malgré la teneur du sol en cuivre. La structure des communautés bactériennes et fongiques apparaît également peu affectée par les traitements. Cela

signifie que les populations majoritaires sont globalement les mêmes dans les trois traitements et que l'effet du contexte pédoclimatique est prépondérant. Des études plus approfondies sont en cours sur certains groupes microbiens (champignons mycorhiziens, levures du sol et des baies) pour affiner l'étude des conséquences agronomiques et œnologiques des trois modes de production.

- Adventices

Après 3 années d'itinéraires techniques différents d'entretien des sols, nous n'observons pas à ce jour une modification notable de la flore adventice présente aussi bien en début qu'en fin de campagne. Toutefois, nous savons que c'est souvent à partir de 3-4 ans que certaines adventices apparaissent au détriment d'autres.

Observations phytosanitaires sur la vigne

Dans cette communication, nous nous limiterons seulement aux principales maladies et ravageurs que nous avons observés sur le site durant les 3 années d'expérimentation.

En 2007, la protection phytosanitaire mise en place pour les trois modes de production a permis de bien maîtriser le mildiou et l'oïdium alors que dans la partie témoin qui sert d'indicateur de pression de la maladie, fin août, nous comptabilisons sur le feuillage, 60 % de destruction par le mildiou, sur grappes 37,5% de destruction par le mildiou et 26,4% par l'oïdium.

En 2008, le 15 juillet, nous observions déjà 40% de destruction de récolte sur grappes dans la partie témoin d'où la décision de stopper la maladie si nous voulions conserver cet indicateur de pression de maladie pour les années suivantes. Pour les différents modes de production, nous avons dénombré fin août 2% d'attaque de mildiou sur grappes pour la « viticulture durable », 10% pour la « viticulture écophyto » et 12,8% pour la « viticulture biologique ».

En 2009, avec un témoin présentant respectivement 14 et 17% d'attaque de mildiou sur feuilles et sur grappes et 5% d'oïdium sur grappes, la protection pour tous les modes de production est satisfaisante ($\leq 0,6\%$).

Pour les ravageurs, après deux années (2007 et 2008) à faible pression « tordeuses de la grappe », en 2009, nous avons dénombré à la mi-août 2 chenilles par grappe dans la partie témoin. Dans les modalités expérimentées, nous avons constaté des efficacités de 57 à 67% quelles que soient les stratégies.

Par ailleurs, nous avons observé une progression du pourcentage de pieds présentant des symptômes d'érythrose pour les modalités « viticulture durable » (82% en 2009 contre 31% en 2007) et « viticulture écophyto » (79% en 2009 contre 13% en 2007) et une stagnation pour la « viticulture biologique » (15% en 2009 contre 13% en 2007). L'effet secondaire du soufre utilisé dans la lutte anti-oïdium pour ce mode de production explique ces résultats.

Mesures viticoles

En 2007, l'ensemble de la parcelle a subi un gel de printemps avant même une quelconque intervention sur les différentes modalités. Ainsi, l'itinéraire technique ne peut pas être responsable des écarts de production que nous avons pu mesurer à la récolte.

En 2008, l'attaque de mildiou sur grappes pour les modalités « viticulture écophyto » et « biologique » a engendré une perte de production par rapport à la « viticulture durable » respectivement de 27 et 32%.

En 2009, le potentiel quantitatif et qualitatif n'est pas significativement différent selon le mode de production.

Enfin, il convient de noter qu'en l'absence de traitement, la partie « témoin » ne présente pas de production (ou très peu), 3 années consécutives.

Approche économique

Le coût des spécialités phytopharmaceutiques a été calculé à partir du « Coût des fournitures en viticulture et œnologie » de l'année en cours. Pour la mécanisation, nous avons pris en référence le « barème d'entraide Est » de l'année en cours. Ainsi, les chiffres obtenus sont en euros courants.

La parcelle étant plantée à 1,15 x 1 m, cela correspond à 8 800 m linéaire. Nous avons choisi un tracteur enjambeur porteur 4 roues motrices de 86 à 95 cv, équipé d'un pulvérisateur pneumatique face par face, traitant 7 rangs de large à la vitesse de 4,5 km/h. Dans ces conditions, nous estimons qu'il faut 1 h pour traiter 1 ha (10% de temps consacré aux manœuvres dans les contours).

Le désherbage chimique est uniquement effectué sous le rang de vigne soit 50 % de la surface. L'outil retenu est un modèle permettant de désherber deux rangs en même temps, avec protection, dont le prix neuf est de 2 300 € en 2007, 2 400 € en 2008 et 2 500 € en 2009. La vitesse d'avancement est de 4,5 km/h soit 2 heures de travail à l'hectare (20% de temps consacré aux manœuvres dans les contours).

Les tontes sont effectuées à l'aide de deux tondeuses à une vitesse d'avancement de 4,5 km/h (20% de temps consacré aux manœuvres dans les contours).

Quant au désherbage mécanique, en 2007, l'interligne a été travaillé avec des griffes, deux rangs en même temps, à la vitesse de 3,5 km/h soit un temps de chantier de 1,30 h/ha (20% de temps consacré aux manœuvres dans les contours). Le désherbage de la ligne des souches est réalisé à l'aide d'un intercep à lames (prix neuf : 4600 € en 2007, 4750 € en 2008, 4890 € en 2009) soit un temps de chantier de 4 h/ha (30% de temps consacré aux manœuvres dans les contours).

Le tableau V relate les coûts des matières premières et de mécanisation en fonction des modes de production.

Tableau V : coût selon les modes de production – DAVAYE 2007/2009

Année	Viticulture durable			Viticulture biologique			Viticulture Ecophyto		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Matières premières pour la protection phytosanitaire (en %/viticulture durable)	369	401	446	184 (- 50)	189 (- 53)	243 (-46)	205 (- 44)	233 (- 42)	258 (- 42)
Charges de mécanisation relative à la protection phytosanitaire	609	555	588	761	793	809	533	476	515
Matières premières pour l'entretien du sol	56	60	62	0	0	0	56	0	0
Charges de mécanisation relative à l'entretien du sol	380	870	452	736	1104	850	380	1104	850
Total matières premières	425	461	508	184	189	243	261	233	258
Total charges de mécanisation	989	1363	1040	1497	1897	1658	913	1580	1364
Total coût de production (en %/viticulture durable)	1414	1823	1548	1682 (+ 19)	2086 (+ 14)	1901 (+ 23)	1174 (- 17)	1813 (- 0.5)	1622 (+ 5)

La diminution du coût des produits phytosanitaires est de 42 à 44% pour la « viticulture écophyto » et de 46 à 53% pour la « viticulture biologique » par rapport à la viticulture durable.

A contrario, la « viticulture biologique » engendre un coût de mécanisation pour la protection phytosanitaire mais surtout pour l'entretien du sol beaucoup plus élevé que les autres modes de production (le nombre de passages ainsi que la vitesse de travail l'expliquent). Ainsi, le coût global de la « viticulture biologique » s'en trouve augmenté (de 14 à 23 % selon les années). Pour la « viticulture écophyto », le moindre coût de la protection phytosanitaire (produits phytopharmaceutiques + charges de mécanisation) est compensé par un surcoût par rapport à la « viticulture durable » pour la partie entretien du sol. De ce fait, le coût global varie selon les années de -17 à + 5% par rapport à la référence.

DISCUSSION

Aucune fertilisation n'a été réalisée quel que soit le mode de production.

L'entretien des sols de la modalité « viticulture biologique » a évolué d'un désherbage mécanique intégral en 2007 vers un enherbement naturel spontané tondu de l'interligne et un désherbage mécanique sous la ligne des souches en 2008 et 2009. Pour la modalité « viticulture Ecophyto 2018 », le désherbage chimique de la ligne des souches en 2007 a été remplacé par un désherbage mécanique à partir de 2008. L'enherbement naturel spontané a nécessité une tonte en 2007, quatre en 2008 et deux en 2009. Ceci s'explique par une pluviométrie particulièrement favorable au développement des adventices en 2008, la présence de mauvaises herbes à strate herbacée montante, et certainement à un stock semencier plus important par rapport à l'année précédente compte tenu de la réduction de l'utilisation des herbicides. Ainsi, pour obtenir une maîtrise convenable des adventices, quatre tontes et deux interventions mécaniques ou chimiques ont été nécessaires en 2008. De ce fait, le coût imputable à l'entretien des sols est beaucoup plus important en 2008 par rapport à 2007 et 2009. Pour 2008, la différence entre la « viticulture durable » et les deux autres modes de production s'explique par le coût engendré par le désherbage mécanique de la ligne des souches (temps de travail essentiellement).

La protection phytosanitaire a nécessité un nombre de passages supérieur chaque année pour la « viticulture biologique » par rapport aux deux autres modes de production. Les quantités de substances actives et de spécialités commerciales sont supérieures pour la conduite en « viticulture biologique » compte tenu que les produits utilisés sont des spécialités homologuées depuis de nombreuses années et donc à doses importantes par rapport aux spécialités actuellement homologuées (aussi bien en spécialité commerciale qu'en substance active). Les quantités de cuivre métal utilisées ont été de 4 kg en 2007 et 4,3 kg en 2009, pour un résultat très satisfaisant sur mildiou. En 2008, 4,5 kg ont été nécessaires pour un résultat satisfaisant compte tenu de la pression de la maladie sur le site mais en retrait par rapport à la « viticulture durable ». Le respect des 6 kg de cuivre métal fixé dans le cahier des charges de la viticulture biologique est respecté pour les 3 années. Mais qu'en sera-t-il si la limite maximale est fixée à 4 kg/ha/an à partir de 2010 ? En 2007, la diminution de 30% des spécialités anti-mildiou pour la modalité « viticulture Ecophyto 2018 » n'a en rien affecté le résultat final. Par contre, en 2008, le taux

d'infestation est proche de celui de la modalité « viticulture biologique » entraînant pour ces deux modalités une perte de récolte par rapport à la « viticulture durable ».

Pour l'oïdium, sur les 3 années, la pression de la maladie fut très bien maîtrisée quels que soient les types de viticulture.

Concernant la lutte contre les tordeuses de la grappe, aucune intervention n'a été effectuée en 1^{ère} génération quels que soient les modes de production. Par contre, pour la seconde, le suivi des vols des adultes et les pontes nous ont conduit à effectuer une intervention aussi bien pour la « viticulture durable » que la « viticulture biologique » en 2007 comme en 2008, alors que pour la « viticulture Ecophyto 2018 », compte tenu de la pression du ravageur, nous avons fait l'impasse de traitement, les infestations restant faibles. En 2009, deux interventions « insecticides » en seconde génération ont été réalisées pour la viticulture durable et biologique contre une pour la viticulture écophyto pour des résultats que nous qualifierons de « moyens ».

Aucune intervention spécifique contre la pourriture grise n'a été réalisée quel que soit le mode de production.

Ainsi, l'indice de fréquence de traitement (IFT) est réduit pour la « viticulture biologique » et la « viticulture Ecophyto 2018 » par rapport à la « viticulture durable ». Il en est de même pour le coût des matières premières de protection des plantes (hors herbicides). Par contre, comme pour l'entretien des sols, la « viticulture biologique » engendre un surcoût de mécanisation qui s'explique par un nombre de passages supérieur aux autres modes de production. Ceci a également été observé dans le bordelais (Forget *et al.*, 2009). La « viticulture Ecophyto 2018 », permet aussi de réduire les coûts de mécanisation par rapport à la « viticulture durable ».

Les effets des différents modes de production sur la biocénose des sols sont pour l'instant très peu marqués. La variabilité spatio-temporelle « naturelle » peut masquer certains effets et des études précédentes ont montré qu'il fallait des années pour mettre en évidence des effets statistiquement significatifs. En tout état de cause, les pratiques d'entretien du sol (enherbement naturel tondu, désherbage mécanique, désherbage chimique) semblent ici beaucoup plus discriminantes que l'application de pesticides. Les teneurs initiales élevées en cuivre de la parcelle d'essai rendent difficile la mise en évidence d'éventuels effets des traitements cupriques ; le désherbage mécanique s'avère très pénalisant pour les lombriciens ; l'enherbement naturel tondu représente une source de carbone (donc d'énergie) pour la biocénose mais peut aussi, les années sèches, accentuer le stress hydrique.

Les trois années, le coût de production total de la « viticulture biologique » est supérieur de 14 à 23 % par rapport à la « viticulture durable », ce qui s'explique par les charges de mécanisation. Pour la « viticulture Ecophyto 2018 », en 2007, une réduction de 17 % a été obtenue. Par contre, la mise en œuvre du désherbage mécanique sous la ligne des souches en 2008 et 2009 entraîne un coût de production proche de la « viticulture durable » (- 0.5 à + 5%).

En 2007, l'ensemble des parcelles, avant même la différenciation des itinéraires techniques, a subi un gel de printemps (début avril) affectant les critères de production à la récolte. Cette gelée est responsable du faible niveau de production (en aucun cas, il ne faut imputer la faible production au mode de production en lui-même). Par contre, en 2008, l'attaque de mildiou a affecté le niveau de production pour la « viticulture biologique » et la « viticulture Ecophyto 2018 » sans incidence qualitative. Les autres paramètres sont peu ou pas modifiés. Enfin, en 2009, les paramètres de production ne

présentent pas de différence significative aussi bien sur les aspects quantitatifs que qualitatifs.

CONCLUSION

Cette expérimentation conduite sur le lycée viticole de DAVAYE permet de mettre en pratique les règles de décision de chaque mode de production, de mesurer les incidences agronomiques et économiques. Des différences apparaissent sur ces trois premières années, apportant déjà des informations intéressantes. Toutefois, le suivi doit se poursuivre sur le moyen terme (10 ans) afin de pouvoir tirer des conclusions définitives. En outre, ces trois années nous ont démontré la nécessité de protéger la plante vigne (quels que soient les produits utilisés) sous peine de ne rien récolter. Par ailleurs, le passage d'une viticulture durable à une viticulture plus économe en intrants (biologique ou Ecophyto) ne peut se faire que si l'on peut répondre aux objectifs de production. En effet, une moins bonne maîtrise des pathogènes et ravageurs risquerait de mettre en péril la viabilité économique des exploitations. L'exigence d'une parfaite technicité apparaît donc incontournable ; cela nécessitera un accompagnement accru auprès de la profession (Compagnone, 2004).

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont bénéficié de l'aide financière du Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne (BIVB), du Conseil Général de Saône et Loire et de FranceAgrimer.

BIBLIOGRAPHIE

- Aubertot L.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I., et Voltz M. 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective ; synthèse du rapport INRA & CEMAGREF, 16 p.
- Compagnone C. 2004. Agriculture raisonnée et dynamique de changement en viticulture bourguignonne : connaissance et relations sociales. *Recherches Sociologiques*, **35** (3), pp 103-121.
- Coulon T., Hugueniot F., Raynal M. et Sentenac G. 2007. Production intégrée en viticulture sur un réseau de fermes de référence : étude de faisabilité et identification des freins à la démarche. *Innovations Agronomiques*, **1**, pp 95-104.
- Forget C., Lacombe J. et Durand A. 2009. Evaluation agri-environnementale de la conduite de la vigne en agriculture biologique et en production intégrée. *Innovations Agronomiques*, **4**, pp 7253-258.
- Guillou M. 2005. Changements d'échelle pour la recherche agronomique. *Cahiers Agricultures*, **14** (3), pp 273-276.
- Thiéry D., Rey P., Delière L. et coll. 2007. Démarches innovantes pour en protection durable du vignoble. *Innovations Agronomiques*, **1**, pp 75-94.