

INSTITUT FRANÇAIS  
DE LA VIGNE ET DU VIN

12 janvier 2016

## VITICULTURE : LA PREUVE PAR 3

Viticulture conventionnelle, raisonnée et biologique, 11 années de résultats : une analyse objective et comparative à travers différents indicateurs (agronomiques, environnementaux, œnologiques et économiques).





# Sommaire



Présentation du périmètre de l'étude .....	page 4
Lutte phytosanitaire. Influence sur la faune auxiliaire .....	page 6
Conséquences sur les indicateurs agronomiques .....	page 9
Incidence sur la qualité des sols.....	page 12
Aspects œnologiques : vinifications, microbiologie.....	page 15
Intérêt des méthodes «globales» ou « holistiques » pour l'évaluation de la qualité des vins.....	page 19
Etude économique.....	page 23
Impacts environnementaux des différents systèmes de production .....	page 26

# Présentation du périmètre de l'étude

Jean-Yves Cahurel - IFV - [jean-yves.cahurel@vignevin.com](mailto:jean-yves.cahurel@vignevin.com)

## 1. Motivation et objectifs

Depuis plusieurs années, la prise de conscience des déséquilibres occasionnés par la viticulture devient de plus en plus importante. Ces déséquilibres proviennent de plusieurs sources, principalement la lutte phytosanitaire (emploi de pesticides dangereux pour l'homme et la faune et flore auxiliaires), la non-culture (herbicides) et la fertilisation. Ils portent sur l'environnement et la santé humaine, sujets qui préoccupent de plus en plus non seulement les viticulteurs et professionnels de la filière mais aussi les consommateurs et l'opinion publique en général. En prolongement de ce concept, vient se greffer la notion d'agriculture durable avec le souci de laisser aux générations futures une terre propre.

Des efforts importants ont été faits en Beaujolais afin de promouvoir une viticulture plus soucieuse de l'environnement : Obser'VIGNE (groupes de lutte raisonnée), Terra Vitis®, Contrat de

lutte contre l'érosion... A ceci vient s'ajouter la montée en puissance de la viticulture biologique, avec des objectifs très proches de la viticulture raisonnée, soutenue d'ailleurs financièrement par les décideurs gouvernementaux.

Les influences de ces trois systèmes de production, au vignoble, sur l'environnement sont donc intéressantes à étudier, sans oublier d'intégrer leurs effets sur la qualité du vin, souci majeur d'une appellation d'origine protégée, et sur les coûts. L'idée n'est pas de mettre en avant tel ou tel système mais bien de mettre en évidence les points positifs et négatifs de chaque système au regard des différents paramètres étudiés.

L'originalité d'une telle étude est d'englober tous les aspects de la conduite de la vigne et donc de mettre en exergue l'impact réel d'un itinéraire technique donné.

## 2. Dispositif expérimental

Cette expérimentation a été mise en place en 2003 sur une parcelle à sol superficiel et à pente faible (8 %), dont les caractéristiques sont les suivantes :

Parcelle	St Etienne La Varenne
Sol	Granitique (61 % sables, 14 % argile)
Année de plantation	1988
Cépage / Porte-greffe	Gamay N cl 222/ SO4
Densité de plantation	9 090 ceps/ha (1,1 x 1 m)
Taille	Gobelet non palissé

3 modalités sont comparées (3 répétitions en blocs de 15 à 17 rangs de large et de 15 ceps de long, les contrôles étant réalisés au milieu du bloc) :

- Conventuel (**C**) : application d'un calendrier préétabli pour les traitements phytosanitaires. Désherbage chimique sur toute la surface.
- Raisonné (**R**) : respect du cahier des charges Terra Vitis®, utilisation du POD Mildium® (Processus Opérationnel de Décision) à partir de 2010 pour les traitements contre le mildiou et l'oïdium. Désherbage chimique sur toute la surface en début d'expérimentation, enherbement spontané de tous les inter-rangs à partir de 2008, puis 1 inter-rang sur 2 à partir de 2012, l'autre inter-rang étant désherbé chimiquement.
- Biologique (**B**) : respect du cahier des charges de l'agriculture biologique. Désherbage mécanique sur toute la surface.

La modalité C, même si elle n'est plus d'actualité du fait de sa forte consommation en produits phytosanitaires, permet d'avoir une idée des potentialités de la parcelle en termes agronomiques (l'objectif est de minimiser les pertes de rendement).

Les différences de conduite entre les 3 systèmes portent essentiellement sur la protection phytosanitaire et l'entretien du sol. Des apports de potassium ont été réalisés en 2004 et 2005 ainsi que des apports d'amendement basique en 2004, 2005 et 2013, en fonction des résultats d'analyse de terre.

Les différents contrôles et études ont porté sur les points suivants :

- observations maladies
- faune auxiliaire
- vigueur
- contrôles classiques à la vendange : composantes du rendement, qualité des baies
- paramètres du sol : classiques, biomasse microbienne, lombrics
- vinification, microbiologie et dégustation
- étude économique
- étude environnementale.

L'étude a été conduite sur 11 années (2003-2013). La parcelle ayant été touchée par la grêle en 2005, les résultats à la vendange et œnologiques ne sont pas disponibles pour cette année.

### 3. Données climatiques

Les 11 années d'expérimentation ont présenté des caractéristiques très variables (figures 1 et 2), ce qui permet d'avoir une bonne idée générale du comportement des différents systèmes.

Les millésimes 2003, 2006, 2009 et 2011 ont été chauds, alors qu'à l'inverse, 2004 (printemps), 2007 et 2008 (été), 2010, 2012 et 2013 ont été plutôt frais. 2012 et 2013 ont été les années les plus pluvieuses, avec 2004 et 2008 mais surtout en été pour ces deux dernières années. 2003, 2007 et 2011 ont été secs.

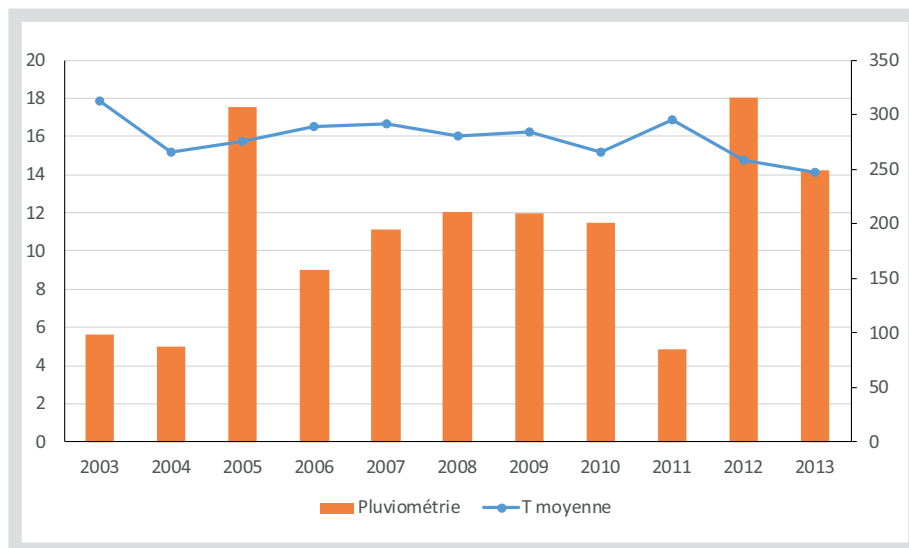


Figure 1 : Données climatiques du printemps (T moyenne en °C et pluviométrie en mm)

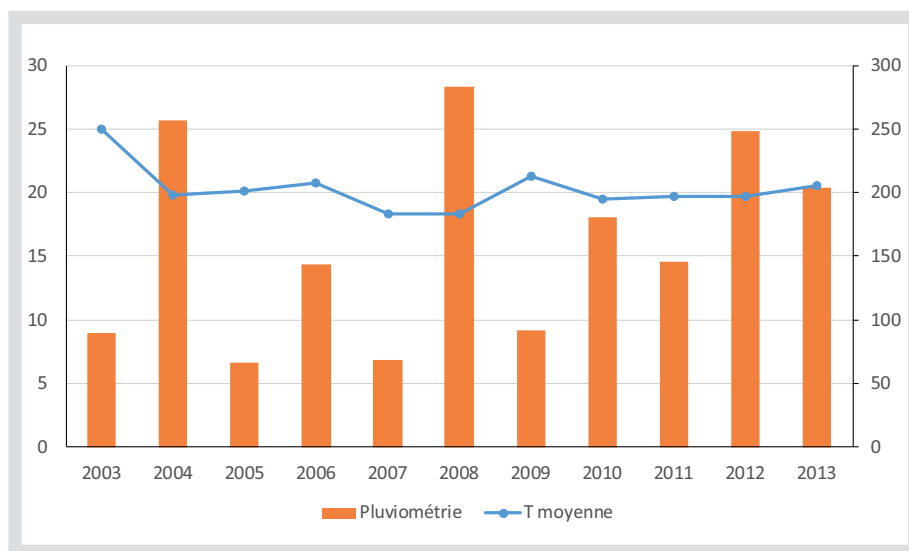


Figure 2 : Données climatiques de l'été (T moyenne en °C et pluviométrie en mm)



# Lutte phytosanitaire. Influence sur la faune auxiliaire

Thierry Decouchant - SICAREX Beaujolais, Jean-Yves Cahurel - IFV - jean-yves.cahurel@vignevin.com

## 1. Traitements phytosanitaires et entretien du sol

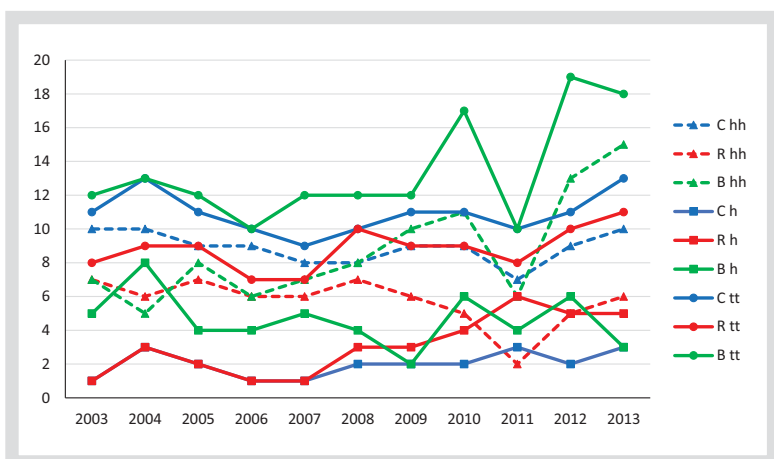


Figure 1 : Nombre de passages annuels pour la lutte phytosanitaire (h : herbicide ; hh : hors herbicide ; tt : total)

Pour la lutte contre les maladies et ravageurs, le nombre de passages (figure 1) est inférieur sur R avec 5,7 passages/an en moyenne. Les modalités C et B impliquent plus de passages (respectivement 8,9 et 8,7 passages/an en moyenne), les passages sur B ayant été augmentés à partir de 2008. Ce nombre de passages varie en fonction des millésimes, en lien avec les conditions climatiques et le développement parasitaire qui en découle. En particulier, l'effet des millésimes 2011 et 2012, opposés à ce niveau, est très net, plus particulièrement sur R et B.

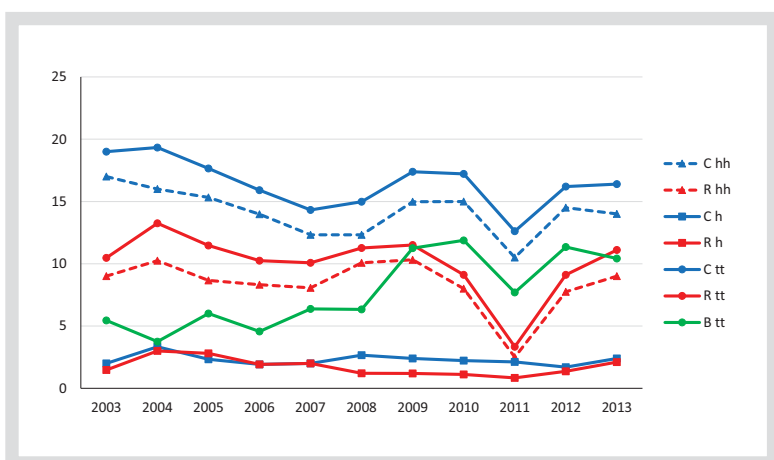


Figure 2 : IFT annuels par modalité (h : herbicide ; hh : hors herbicide ; tt : total)

En termes d'IFT (Indice de Fréquence de Traitement) (figure 2), toujours pour cette partie lutte contre les maladies et ravageurs, cela se traduit par des valeurs élevées pour C (14,2 en moyenne, proche de la valeur de référence régionale : 15,9). R voit son IFT diminuer à partir de 2010, du fait de l'application du POD Mildium®. Cet outil, mis au point par l'INRA et l'IRSTEA, utilisé pour la lutte contre le mildiou et l'oïdium, est basé sur un nombre restreint de traitements obligatoires (appliqués à des stades précis), éventuellement complétés par des traitements optionnels déclenchés en fonction des observations à la parcelle, du niveau de risque local et des événements pluvieux annoncés.

B, au contraire, augmente son IFT à partir de 2009, du fait de l'utilisation de soufre en phytosanitaire à la place d'un engrais foliaire contenant du soufre, de l'ajout de traitements anti-botrytis à base de Bacillus subtilis et de l'apport de Bacillus thuringiensis contre les tordeuses de la grappe, suite à l'observation de nombreuses pontes. Un traitement insecticide a également été réalisé sur R. L'augmentation d'IFT de R en 2013 s'explique par une augmentation de la protection anti-oïdium consécutif à la présence d'oïdium sur cette modalité.



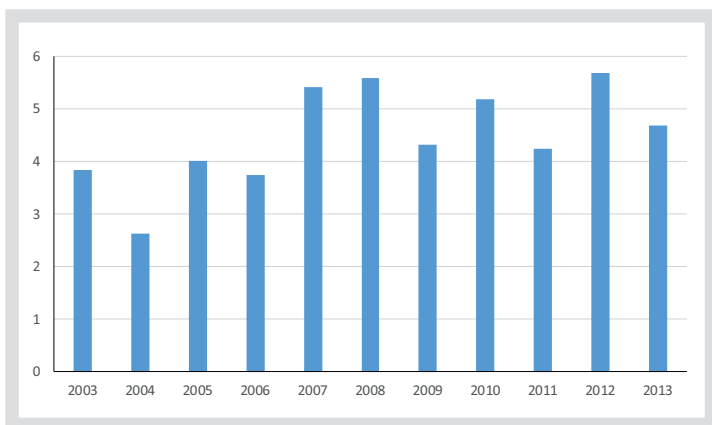


Figure 3 : Quantité de cuivre apporté à l'hectare sur la partie conduite en biologique (kg Cu/ha)

Le cumul de cuivre métal utilisé sur la modalité B est en moyenne sur les 11 années d'expérimentation de 4,5 kg/ha, les moyennes glissantes sur 5 ans étant inférieures à 30 kg/ha.

Pour comparaison, la quantité de cuivre utilisée annuellement sur la modalité C est en moyenne de 1 kg/ha sur les 11 années.

Concernant l'entretien du sol, le nombre de passages est identique sur C et R (2 passages/an en moyenne) jusqu'en 2007. Puis s'ajoutent les tontes sur R (2 par an en moyenne). Le nombre de passages est beaucoup plus important sur B avec 4,6 passages/an (buttage – débattage - 2-3 griffages sur l'inter-rang + lames sur le rang), avec des fluctuations annuelles plus importantes, du fait du lien entre conditions climatiques du millésime et développement des adventices (par exemple opposition 2011-2012 là encore). A noter que le développement des adventices peut être important sur cette modalité certaines années humides.

En termes d'IFT herbicides, B est évidemment à 0 puisqu'aucun herbicide n'est utilisé. C et R sont au même niveau jusqu'en 2007, puis le passage à l'enherbement de tous les inter-rangs permet à R une diminution conséquente de l'IFT (divisé par 2). La reprise du désherbage chimique 1 inter-rang sur 2 à partir de 2012 augmente l'IFT, qui reste légèrement inférieur à celui de C (- 15 %), ce qui correspond à la surface de la bande enherbée (réduite à 30-40 cm de large).

En prenant en compte la totalité des passages, R reste inférieur, C et B étant à peu près au même nombre de passages, excepté ces dernières années (B supérieur). B et R sont équivalents en termes d'IFT totaux (inférieur pour B en début d'expérimentation et supérieur à partir de 2010), C étant supérieur.

## 2. Maladies parasitaires

Tableau 1 : Fréquence et intensité de mildiou (%) observées en 2012 à différentes dates

		Test stat*	C	R	B
Feuilles 5/07	Fréquence	S (10%)*	61 a	43 b	48 ab
	Intensité	S (10%)	6 a	2 b	3 b
Grappes 11/09 vendanges	Fréquence	HS	53 b	43 b	83 a
	Intensité	HS	14 b	11 b	33 a

Les maladies et ravageurs ont été dans l'ensemble bien contrôlés sur ces 11 années d'expérimentation. Certaines années, des développements de mildiou (2005, 2007, 2009, 2010, 2013) ou de black-rot (2005, 2009, 2010), ont été observés, en particulier sur la modalité B, mais sont restés faibles en intensité. Des attaques plus conséquentes de mildiou ont été enregistrées en 2008 et 2012, provoquant des dégâts sur grappes, particulièrement importants sur B. Pour exemple, les résultats des différentes observations réalisées en 2012 sont donnés dans le tableau 1. Une défoliation précoce des souches, liée en partie au mildiou, a été observée sur R en 2011.

Quelques foyers d'oïdium ont été détectés en 2013 sur la modalité R.

La modalité B est en général plus sensible à la pourriture grise que R. Ces résultats sont tout de même variables d'une année sur l'autre et les intensités observées restent faibles (tableau 2). Les fréquences et intensités plus faibles enregistrées sur B en 2008 sont liées aux dégâts occasionnés par le mildiou, la perte de nombreuses baies ayant diminué la compacité des grappes.

D'un point de vue global, la vigueur plus faible enregistrée sur les modalités R (à partir de 2007) et B (dès le départ de l'expérimentation) engendre une moindre sensibilité aux maladies, qui se traduit à la fois sur les symptômes observés mais également sur la stratégie phytosanitaire.

Tableau 2 : Fréquence et intensité de pourriture grise (%) observées sur différents millésimes

		Test stat*	C	R	B
2007	Fréquence	HS*	75 b	70 b	88 a
	Intensité	ns*	12	8	9
2008	Fréquence	HS	58 a	48 a	31 b
	Intensité	HS	8 a	5 b	2 c
2010	Fréquence	HS	6 b	6 b	24 a
	Intensité	HS	0,2 b	0,1 b	0,9 a
2011	Fréquence	HS	13 a	1 b	16 a
	Intensité	HS	1,7 a	0,1 b	1,4 a

\*Test stat : Test statistique ; \*S : Significatif ; \*HS : Hautement significatif ; \*ns : Non significatif

### 3. Faune auxiliaire

Tableau 3 : Résultats des déterminations sur la faune auxiliaire (nombre individus/cep)

		C	R	B
2004	Araignées	1,1	1,1	1,7
	Insectes	0,9	2,0	2,9
	Total	2,0	3,1	4,6
2005	Araignées	1,3	1,1	1,3
	Insectes	0,2	0,7	0,6
	Total	1,5	1,8	1,9
2006	Araignées	2,2	3,0	1,7
	Insectes	0,8	1,9	1,6
	Total	3,0	4,9	3,3

La faune auxiliaire a été déterminée de façon très précise (battage de ceps) les premières années de l'essai (2004 à 2006). Les résultats synthétiques (tableau 3) montrent que le nombre total d'individus par cep est en général supérieur sur les modalités R et B, la différence avec C étant plus marquée sur les insectes que sur les araignées, en lien avec les insecticides qui y sont épandus. B est favorisé par son mode d'entretien du sol qui permet un développement partiel des adventices, même si l'application de soufre peut limiter cette faune.

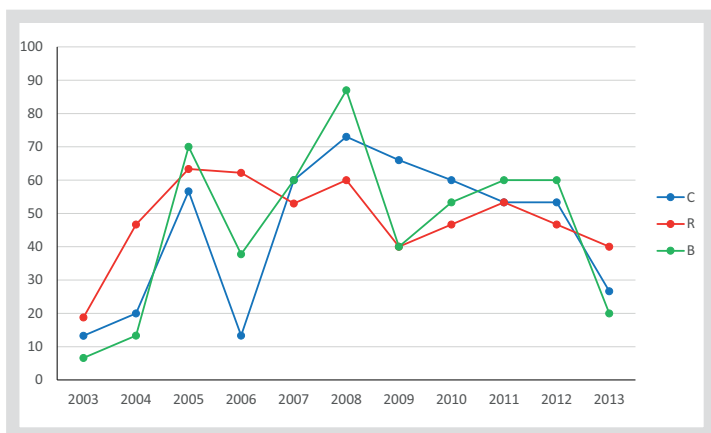


Figure 4 : Pourcentage de feuilles occupées par les typhlodromes

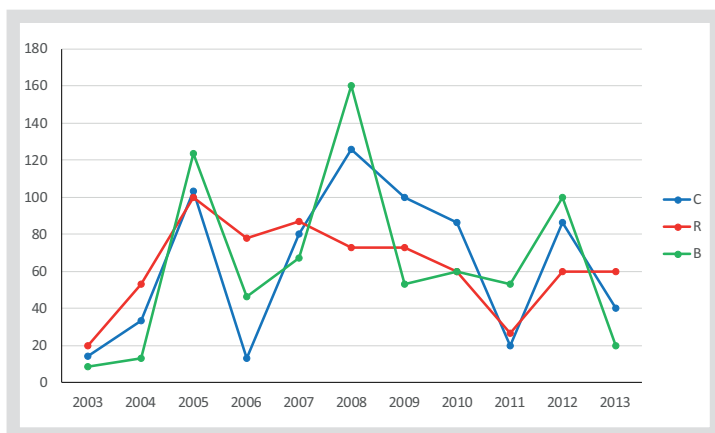


Figure 5 : Nombre de formes mobiles de typhlodromes pour 100 feuilles

Les typhlodromes (acariens prédateurs) ont été suivis chaque année. Les résultats obtenus sont variables en fonction des millésimes et des dates d'observation. Globalement peu de différences sont mises en évidence que ce soit sur la proportion de feuilles occupées (figure 4) ou le nombre de formes mobiles par feuille (figure 5). En effet, les facteurs influençant ces paramètres sont nombreux et deux facteurs peuvent agir de façon opposée pour un même système : flore adventice et enherbement (positif), vigueur (positif), utilisation du soufre (négatif), utilisation d'insecticides (négatif).

Les chiffres obtenus sur cette parcelle sont tout à fait corrects (excepté en cours de végétation en 2003, ainsi qu'en 2004, suite à la canicule de 2003, et en 2013) et aucun symptôme d'acariose n'a été observé sur la parcelle durant ces 11 années.



Nymphe de coccinelle

# Conséquences sur les indicateurs agronomiques

Jean-Yves Cahurel - IFV - jean-yves.cahurel@vignevin.com, Thierry Decouchant - SICAREX Beaujolais

## 1. Bois de taille

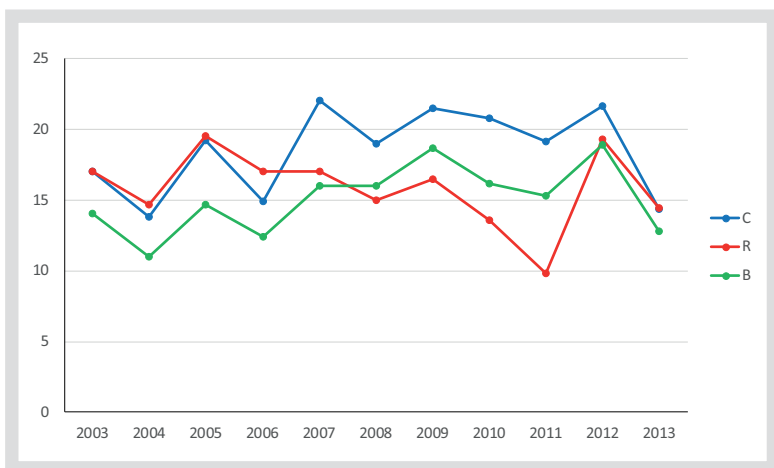


Figure 1 : Poids moyen du sarment (g) par année

B est moins vigoureux que C de façon quasi-systématique, les différences étant significatives 8 années sur 11 (- 19 % en moyenne). R l'est également par rapport à C (- 15 % en moyenne) mais seulement 5 années sur 11. Ces années correspondent aux millésimes où R est resté enherbé sur tous les inter-rangs. La grosse chute de vigueur occasionnée par cet enherbement en 2011 (pratiquement moitié moins par rapport à C !), conjointement aux conditions printanières très sèches de ce millésime, est la raison pour laquelle un inter-rang sur 2 a été désherbé à partir de 2012, en réduisant la bande enherbée de l'autre inter-rang. Ceci a permis de limiter la concurrence de l'herbe et de revenir à une vigueur proche de celle de C. Ces dernières années (2012 et 2013) ne différencient d'ailleurs pas les modalités, ce qui peut s'expliquer par les conditions printanières humides de ces 2 millésimes. (figure 1)



Futur bois de taille

## 2. Analyses pétiolaires

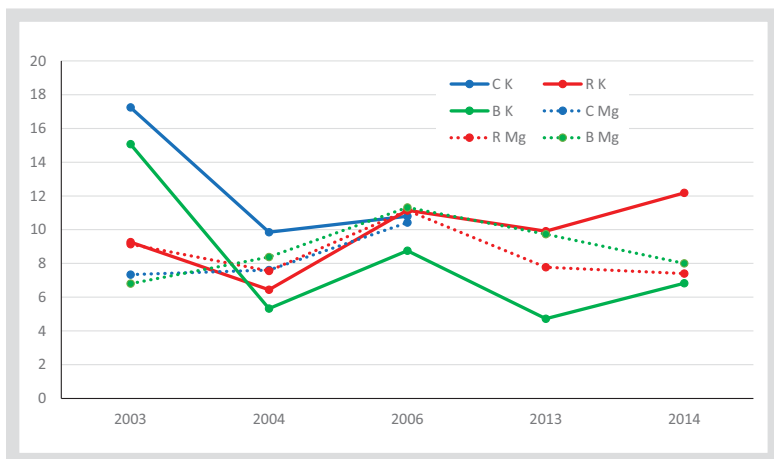


Figure 2 : Teneurs pétiolaires en potassium et magnésium (g/kg MS)

Des analyses pétiolaires ont été réalisées en 2003, 2004, 2006, 2013 et 2014. Aucune tendance significative ne se dégage. On note toutefois des teneurs plus élevées en phosphore et surtout en potassium pour R par rapport à B, en particulier ces dernières années. A l'inverse B présente des teneurs supérieures en magnésium (figure 2).





Grappe de Gamay à maturité

### 3. Résultats à la vendange

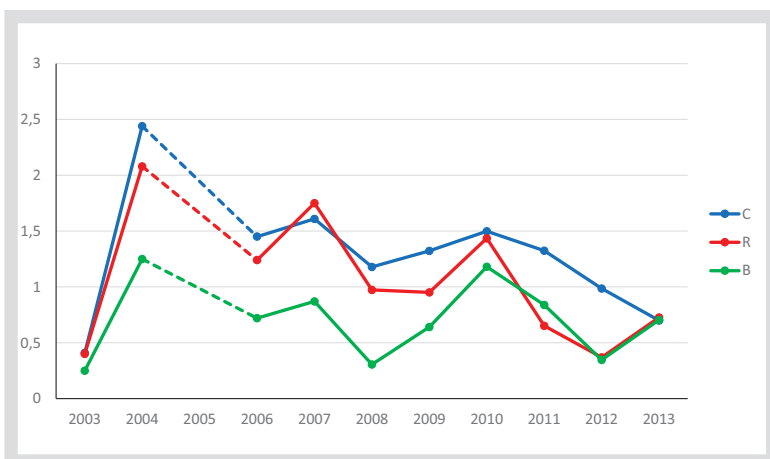


Figure 3 : Rendement (kg/cep) par année

Le rendement (figure 3) est inférieur sur B : de façon significative 7 années sur 10 par rapport à C et 5 années sur 10 par rapport à R. Cette modalité accuse en moyenne une diminution de 45 % par rapport à C et 33% par rapport à R. L'écart est très prononcé en 2008. La modalité R présente également des niveaux de production inférieurs à C, 6 années sur 10. Ces années correspondent aux millésimes où R a été enherbé tous les inter-rangs. On note toutefois un gros écart entre C et les 2 autres modalités en 2012 (65 % de rendement en moins sur ces 2 modalités).

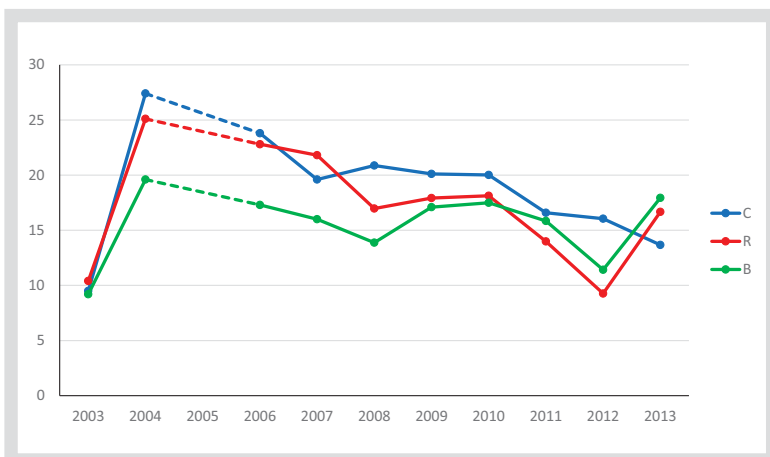


Figure 4 : Nombre de grappes par cep par année

Les rendements sont bien corrélés avec le nombre de grappes/cep ( $r^2 = 0,81$ ) et le poids moyen de la grappe ( $r^2 = 0,87$ ).

C présente en général un nombre de grappes par cep (figure 4) supérieur à B (écart significatif 5 années sur 10). R est proche de B à partir de 2009 : sa fertilité diminue suite à l'enherbement des inter-rangs. Les valeurs très faibles de 2012 pour ces 2 modalités sont à rapprocher de la perte importante de vigueur enregistrée en 2011 pour R, combinée à une défoliation précoce cette année-là due au mildiou tardif, et d'une attaque de mildiou plus virulente sur B en 2012.

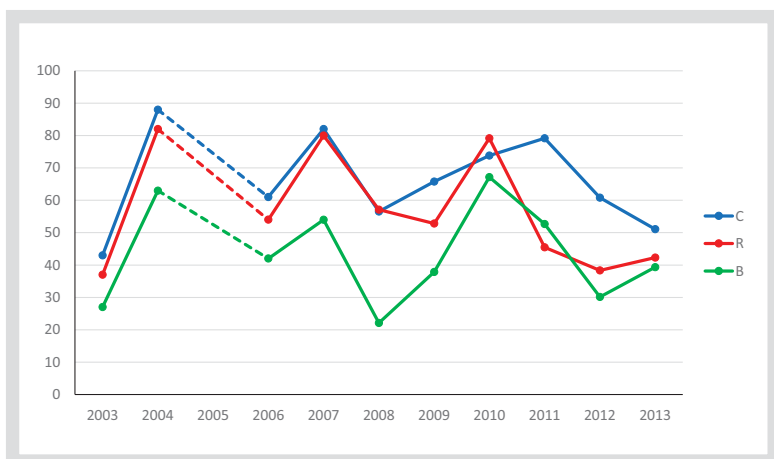


Figure 5 : Poids moyen de la grappe (g) par année

Les différences sur le poids moyen de la grappe (figure 5) sont plus marquées. Ainsi C présente des valeurs significativement supérieures à B 9 années sur 10 et à R 4 années sur 10, notamment les 3 dernières années d'expérimentation, suite à la chute de vigueur de R. R est supérieur à B 6 années sur 10 (les années avant 2011). Le faible poids de la grappe enregistré sur B en 2012 est lié à l'attaque de mildiou. Il en va de même en 2008. Ces différences sur le poids moyen de la grappe sont dues au nombre de baies par grappe, le poids moyen des baies présentant des écarts faibles entre les modalités.

Tableau 1 : Résultats à la vendange (moyenne sur 10 ans)

		C	R	B
Poids vendange	kg/cep	1,29	1,06	0,71
Nombre de grappes	/cep	18,8	17,3	15,6
Poids grappe	g	66	57	44
Nombre baies	/grappe	44	39	33
Poids 100 baies	g	160	155	146
Degré probable	% vol.	11,1	11	11,2
Acidité totale	g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l	5,4	5,3	5,4
pH		3,24	3,23	3,23

Malgré les différences de rendement enregistrées, globalement on ne constate pas d'impact significatif du système de conduite sur la qualité de la vendange. (tableau 1)

Toutefois, l'enherbement de tous les inter-rangs sur la modalité R à partir de 2008 semble avoir pour effet une diminution de la teneur en sucres des baies (différences significatives en 2008 et 2010), sans doute liée à la perte de vigueur. L'écart significatif constaté en 2012, toujours dans le même sens et pour cette modalité, est la conséquence de l'importante baisse de vigueur enregistrée l'année précédente. En 2008, année délicate au niveau de la maturation des raisins, le rendement et la vigueur de C ont engendré une acidité totale supérieure à la vendange.

Les écarts de vigueur et de rendement constatés entre les modalités sont donc essentiellement dus **aux différences de mode d'entretien du sol**, même si, ponctuellement, les années très favorables au développement des maladies cryptogamiques, la stratégie de traitement influe sur les rendements.

La réduction de l'utilisation des intrants phytosanitaires provoque une baisse de vigueur et de rendement, variable suivant les millésimes et les stratégies adoptées. Le mode d'entretien du sol est à adapter aux potentialités de la parcelle : sur le sol superficiel de cette parcelle, un enherbement tous les inter-rangs n'est pas viable au niveau économique et pérennité des souches (alors que, sur un essai d'enherbement mené à 200 m de cette parcelle, un tel enherbement ne pose pas de souci).



Récolte d'essais : observation des baies et grappes, et prélèvements pour analyses

# Incidences sur la qualité des sols

Nouaïm R., Chaussod R. - SEMSE- remi.chaussod@semse.fr, Jean-Yves Cahurel - IFV - jean-yves.cahurel@vignevin.com

La comparaison des trois modes de production (Conventionnel, Raisonné, Biologique) est une comparaison « multi-critères » : en plus des aspects technico-économiques, il est important de prendre en considération les aspects environnementaux, en particulier les effets sur la qualité des sols. Pour cela, nous avons mesuré divers paramètres physico-chimiques et biologiques du sol sous le rang dans les différentes parcelles expérimentales, à trois dates : en 2003 (t0) avant la mise en place de l'essai, en 2006 (t1) et en 2014 (t2). Deux indicateurs biologiques ont été utilisés : les lombriciens et la microflore. Seuls les résultats concernant la microflore sont présentés ici. Les mesures microbiologiques ont été

effectuées par le SEMSE, en utilisant les bio-indicateurs identifiés comme les plus utiles pour apprécier les effets des pratiques agro-viticoles sur la qualité des sols : fractions vivantes (biomasse microbienne) et labiles de la matière organique, activités de minéralisation du carbone et de l'azote. La biodiversité fonctionnelle a été déterminée sur le prélèvement t2 (2014) par le test BioDiF spécifiquement développé par le SEMSE. Enfin, comme dans la modalité « raisonnée » l'inter-rang est enherbé depuis 2008, des échantillons ont également été prélevés en 2014 dans l'inter-rang pour cette modalité.

## 1. Résultats

### Prélèvement initial (t0) en 2003

L'hétérogénéité spatiale naturelle a été prise en compte pour positionner les parcelles élémentaires de chaque modalité. De fait, pour la plupart des paramètres physico-chimiques et biologiques, il n'apparaît pas de différences significatives sur les valeurs moyennes des parcelles devant porter les 3 modalités, ce qui valide le dispositif expérimental. Toutefois les valeurs de pH des différentes parcelles du dispositif se sont avérées très basses, avec des teneurs non négligeables en aluminium échangeable. Il a donc été décidé de procéder à un chaulage de correction préalablement à la mise en place des modalités à comparer.

### Prélèvement de 2006 (t1)

Entre 2003 et 2006, les teneurs en carbone organique et en azote total ont un peu évolué. Les teneurs en cuivre extractible à l'EDTA des modalités « viticulture conventionnelle » (C) et « viticulture raisonnée » (R) ont sensiblement baissé alors qu'elles augmentaient légèrement dans la modalité « viticulture biologique » (B). Les valeurs de pH mesurées dans  $K_2SO_4$  à l'occasion des mesures de biomasse microbienne varient assez largement selon les parcelles (de 5,9 à 7,0) mais les différences entre modalités ne sont pas statistiquement significatives. Entre 2003 et 2006, le chaulage a permis une élévation du pH 0,6 à 2,2 unités selon les parcelles, avec une valeur moyenne de 1,8. De telles augmentations de pH sont susceptibles d'avoir des conséquences sur les stocks organiques et les activités biologiques.

Entre 2003 et 2006, la valeur moyenne de la biomasse microbienne pour le traitement C est passée de 274 à 265 mgC/kg alors que dans le même temps elle augmentait dans les deux autres traitements : de 247 à 278 mgC/kg pour B et de 240 à 276 mgC/kg pour R. Pour ces deux modalités, l'augmentation est surtout marquée dans le bloc 3.

Les teneurs en carbone présent sous forme de Matière Organique Labile (MOL) en 2006 sont nettement plus faibles que celles observées en 2003, ce que l'on peut interpréter comme une stabilisation de la matière organique suite au chaulage. En d'autres termes, la solubilité de la matière organique diminue lorsque le pH augmente.

Globalement, on observe surtout en 2006 les effets directs et indirects du chaulage et les effets des modalités appliquées sont très modestes.



## Prélèvement de 2014 (t2)

Après 11 années d'essai, les teneurs en carbone total ne sont pas statistiquement différentes entre modalités. Les valeurs de  $pH_{K2SO4}$  sont comparables et sans différences significatives entre les 3 modalités.

Le niveau de biomasse microbienne sous le rang est proche entre les 3 modalités. Les valeurs moyennes se classent dans l'ordre :  $C \leq R \leq B$ . Il n'y a pas de différences significatives entre modalités en raison de la forte variabilité spatiale, mais le même classement est observé lorsque la biomasse est exprimée en pourcentage du carbone total (MOV%*Ct*) :  $C \leq R \leq B$ . Cela signifie que l'effet modalité est plus important sur la fraction vivante de la matière organique (la biomasse microbienne) que sur la matière organique totale.

Pour la modalité « viticulture raisonnée », la biomasse microbienne est nettement plus élevée dans l'inter-rang enherbé (273 mgC/kg en moyenne) que sous le rang (143 mgC/kg en moyenne). La différence est hautement significative. De même, lorsqu'elles sont exprimées en valeurs relatives, les valeurs de biomasse microbienne sont significativement plus élevées dans l'inter-rang que sous le rang. La valeur observée dans l'inter-rang est particulièrement élevée, témoignant d'une dynamique très favorable de l'évolution du « statut organique ».

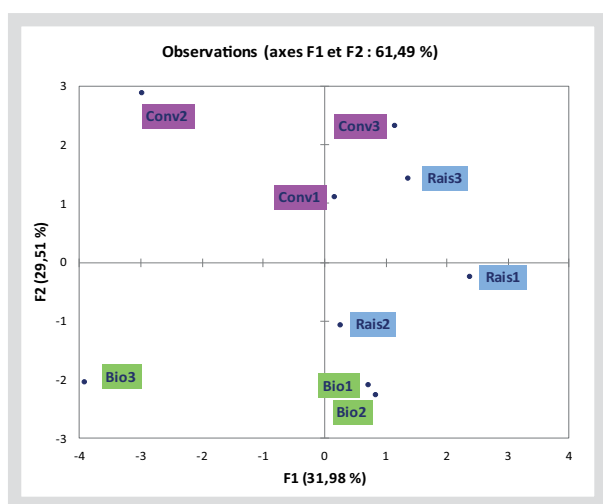


Figure 1 : Test BioDiF - ACP sur les activités métaboliques moyennes

En 2014, la biodiversité microbienne a été abordée à l'aide du test BioDiF, qui apporte un éclairage complémentaire au paramètre classique d'abondance que représente la biomasse microbienne. D'après ce test, les activités métaboliques moyennes ne sont pas statistiquement différentes entre les trois modalités. En revanche, si on analyse en détail les aptitudes métaboliques (croissance sur 31 substrats différents), les modalités s'avèrent bien différenciées (figure 1) : l'analyse en composantes principales montre que les échantillons de sols se regroupent globalement par modalités : les parcelles correspondant à la viticulture conventionnelle se situent en haut, ceux correspondant à la viticulture raisonnée forment un groupe à droite, et ceux correspondant à la viticulture biologique sont en bas (l'échantillon B3 s'écarte des deux autres mais c'est par ailleurs le plus acide et le moins riche en matière organique).

A partir des données élémentaires on calcule un « indice de biodiversité fonctionnelle » synthétique, comparable aux indices classiquement utilisés en écologie, et qui résume en une valeur unique la plus ou moins grande diversité observée. Curieusement, l'Indice de Biodiversité Fonctionnelle (IBF) le plus faible est observé pour la modalité « viticulture biologique » et la valeur la plus élevée de l'IBF est enregistrée dans la modalité « viticulture raisonnée ».

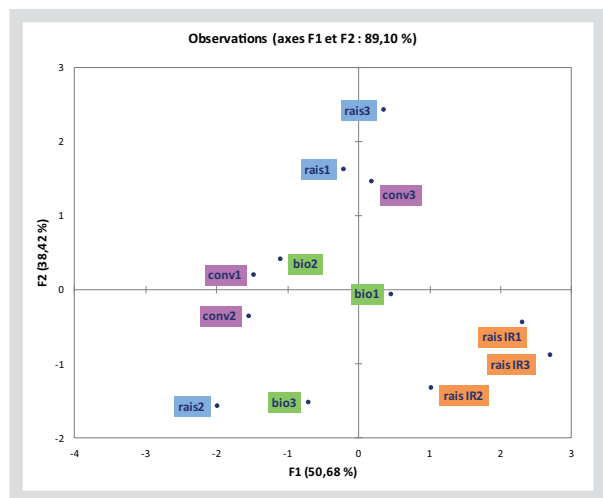


Figure 2 : ACP sur l'ensemble des mesures biologiques

Dans cette modalité, la diversité fonctionnelle est sensiblement plus élevée sous le rang que dans l'inter-rang.

D'ailleurs, une analyse statistique multivariée sur l'ensemble des mesures biologiques effectuées (MOV, MOV%*Ct*, AWCD et IBF), montre que les échantillons prélevés dans l'inter-rang de la modalité « raisonnée » (R IR) constituent un groupe à part (figure 2). La présence d'un enherbement provoque en effet une modification quantitative de la microflore proportionnellement plus importante que les modifications qualitatives liées au mode de production.

## 2. Conclusion

Après une dizaine d'années d'expérimentation, et malgré la variabilité spatiale naturelle, les 3 modalités comparées commencent à se différencier et l'on peut déjà tirer quelques conclusions.

En termes d'abondance, les valeurs moyennes de biomasse microbienne mesurées sous le rang des trois modalités étudiées se situent dans l'ordre  $C < R < B$ . Ce résultat est à mettre en relation avec le « statut organique » spécifique de chacune des trois modalités. Par ailleurs, la comparaison rang / inter-rang dans la modalité « viticulture raisonnée » met en évidence une augmentation très importante de la biomasse microbienne dans l'inter-rang, où le sol est toujours en phase d'enrichissement organique. Par ailleurs, l'enrichissement du sol en matière organique par cette voie ne se traduit pas par une acidification ; au contraire, le pH est de 6,6 dans l'inter-rang contre 6,3 sous le rang. L'herbe permet en effet le recyclage des cations qui seraient perdus par lixiviation hivernale en sol nu.

Au final, ces mesures physico-chimiques et biologiques donnent une représentation assez complète des conséquences sur le sol de diverses modalités de production de raisin en Beaujolais. Comme on l'a observé en Bourgogne, la pratique de l'enherbement s'avère ici bénéfique pour la qualité biologique des sols. Reste à évaluer son incidence sur le régime hydrique de la vigne, dans un contexte de sol sableux grossier avec une Réserve Utilisable limitée. Il serait donc intéressant de poursuivre cette expérimentation au moins encore quelques années, pour suivre la cinétique de différenciation des parcelles en fonction des modes de production, et pour évaluer leurs conséquences sur la production comme sur la qualité des sols.



# Aspects oenologiques : vinifications, microbiologie...

Jean-Yves Cahurel - IFV - [jean-yves.cahurel@vignevin.com](mailto:jean-yves.cahurel@vignevin.com)

Les 3 modalités ont été vinifiées 3 années (2003, 2004 et 2006 : 1<sup>ère</sup> période), puis les modalités R et B ont été vinifiées 3 ans (2011, 2013 et 2014 : 2<sup>e</sup> période). L'année 2014 a été intégrée à cette présentation de façon à obtenir un effectif de millésime suffisamment important.

Outre la vinification témoin, certains facteurs de vinification ont été étudiés ces 3 dernières années, l'objectif étant de voir si les résultats obtenus varient en fonction du système de production. Dans un premier temps, les résultats de la comparaison entre modalités sur la vinification témoin seront présentés, puis l'étude des différents facteurs de vinification.

## 1. Vinification témoin

Les différentes modalités ont été vinifiées en vinification beaujolaise classique, en minicuve de 40 kg de vendange, une minicuve correspondant à l'assemblage des différentes répétitions.

La levure utilisée varie suivant les millésimes : L7013 en 2003, 2004 et 2006, RB2 en 2011, L1515 en 2013 et Zymaflore 011 org en 2014. Un sulfitage à 2 g/hl a été réalisé en 2006, 2013 et 2014, en lien avec l'état sanitaire de la vendange. La durée de macération est de 6 jours sur la première période et de 7 jours sur la seconde.

La comparaison de R et B par rapport à C porte uniquement sur la 1<sup>ère</sup> période.

En parallèle des microvinifications en sac de 2 kg de vendange (prélèvement stérile à la vigne – 2 répétitions par modalité) ont été réalisées, de façon à analyser plus en détail la flore microbienne. Ces comparaisons ont porté sur les millésimes 2003 à 2006.

## Fermentations

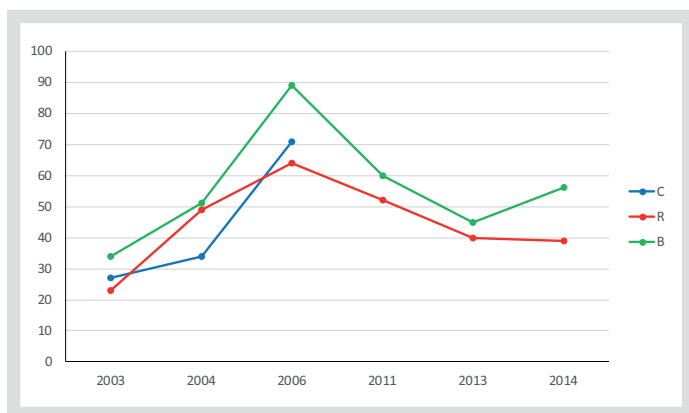


Figure 1 : Durée FA + FML (jours)

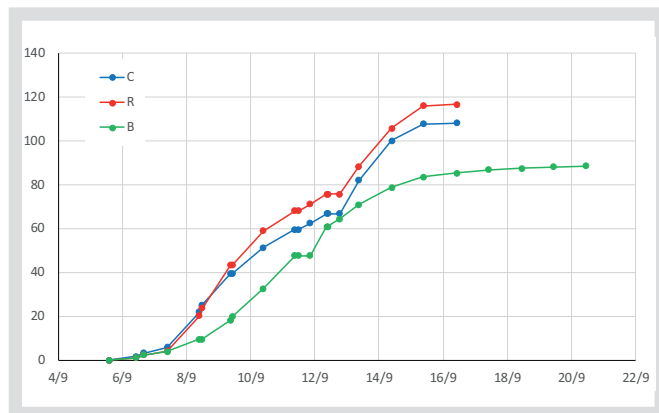


Figure 2 : Pertes de poids (g) en microvinification - 2006

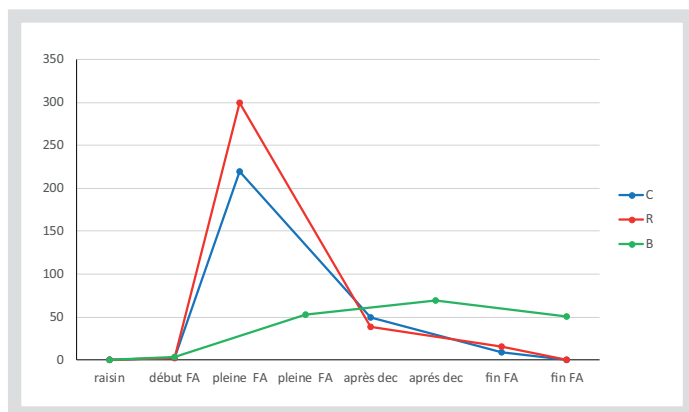


Figure 3 : Evolution de la concentration en levures en cours de FA - 2006 (106/ml)

Sur les minivinifications, la modalité B présente presque systématiquement une durée de fermentations (fermentation alcoolique FA + fermentation malo-lactique FML) plus longue (figure 1). Les durées de FA ne présentent pas vraiment de différence entre R et B sur la deuxième période, mais par contre, sur la première période, les raisins issus de B fermentent moins rapidement, en lien avec une teneur en azote ammoniacal plus faible en moyenne : 87 mg/l contre 103 et 107 pour C et R respectivement. Les différences sur la durée de FML sont variables suivant les années.

Sur les microvinifications, la modalité B fermente également moins rapidement (figure 2), excepté en 2005 où les modalités présentent peu de différence.

En termes de concentration de levures et de leur évolution au cours de la FA, les résultats sont très variables d'un millésime à l'autre. La modalité R a tout de même tendance à présenter des populations plus importantes, excepté en 2005 (figure 3).



En termes de type de levure et de leur évolution au cours de la FA, peu de différences sont mises en évidence en 2003.

En 2004, des *Saccharomyces cerevisiae* sont identifiées en fin de FA sur la modalité R, modalité pour laquelle la fermentation des sucres s'achève contrairement aux autres modalités. La forte présence de moisissures sur les raisins et les moûts en 2004 a perturbé le développement des levures et leur identification. La modalité R semble avoir été moins touchée.

En 2005, la croissance des levures est plus rapide en début de FA pour la modalité R où des *Saccharomyces cerevisiae* sont identifiées. Ensuite, les lots C et B «rattrapent» R avec des populations supérieures.

Sur raisin, les souches isolées sont identiques entre modalités mais dès le début de la fermentation une diversité s'installe avec des profils différents suivant les modalités. On retrouve toutefois certaines souches avec des profils similaires sur plusieurs modalités.

En 2006, la croissance des levures est plus rapide en début de FA pour les modalités C et R où des *Saccharomyces cerevisiae* sont identifiées.

Sur raisin, les souches isolées sont largement dominées par l'espèce *Metschnikowia pulcherrima* quelle que soit la modalité. Ensuite ce sont les *Kloeckera apis* qui sont majoritairement retrouvées en début et pleine fermentation. On retrouve en fin de fermentation des *Saccharomyces cerevisiae* dans les lots pour lesquels les sucres ont totalement été métabolisés alors que pour les autres c'est *Lachancea fermentati* qui est présent.



Bonbonnes de vins d'essais, fermentation malo-lactique en cours

## Analyses des vins embouteillés

L'acidité totale des vins issus de la modalité B est supérieure (figure 4) et leur pH inférieur (tableaux 1 et 2), en lien avec des teneurs en acide tartrique plus élevées, essentiellement pendant la 2<sup>e</sup> période par rapport à R (tableau 2), et en potassium plus faibles (figure 5). Les teneurs en potassium sont également inférieures à la vendange sur B, 4 années sur 5. La nutrition en potassium est donc plus faible pour B, comme cela a déjà été noté sur les analyses pétiolaires. Les teneurs dans le vin sont d'ailleurs bien corrélées aux teneurs dans les pétiotes ( $r^2 = 0,81$ ).

Par contre les teneurs en acide lactique de cette modalité sont plus basses. Les teneurs en acide malique à la vendange sont plus faibles pour cette modalité 4 années sur 5, ce qui peut être mis en relation avec sa moindre vigueur.

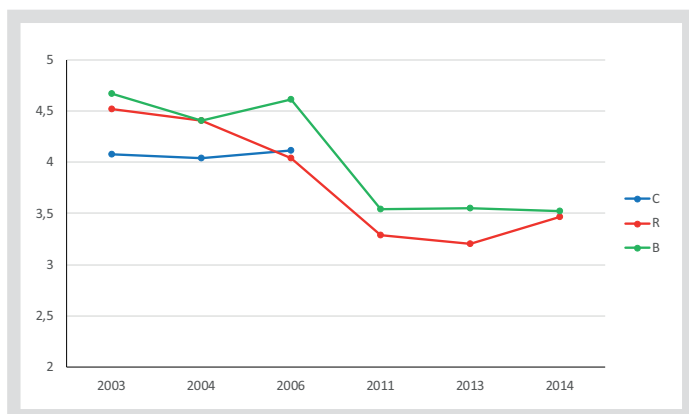


Figure 4 : Acidité totale des vins (g H2SO4/l)

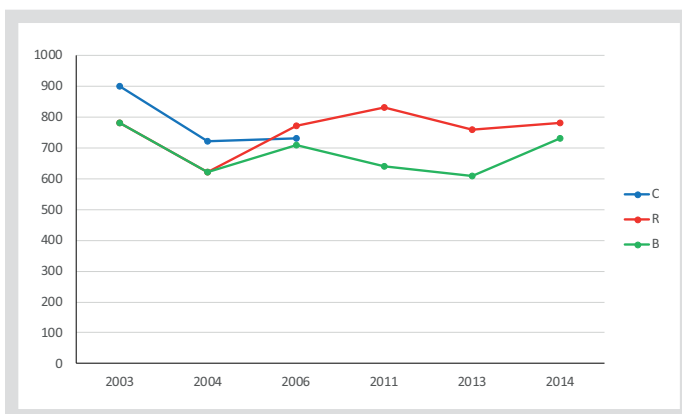


Figure 5 : Teneur en potassium des vins (mg/l)

Tableau 1 : Analyses des vins embouteillés 2003-2006

		C	R	B
Acidité totale	g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l	4,1	4,3	4,6
Acidité volatile	g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l	0,27	0,27	0,30
pH		3,33	3,27	3,22
Acide tartrique	g/l	3,6	3,9	4,1
Acide lactique	g/l	1,1	1,0	0,8
Potassium	mg/l	783	723	703
Intensité colorante	420+520+620	4,98	5,34	6,15
Teinte	420/520	0,629	0,606	0,589
Indice Polyphénols Totaux		41,7	43,2	47,2
Anthocyanes	mg/l	137	141	141
Tanins	mg/l	1659	1718	1937

Tableau 2 : Analyses des vins embouteillés 2011-2014

		R	B
Acidité totale	g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l	3,3	3,5
Acidité volatile	g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l	0,19	0,17
pH		3,50	3,44
Acide tartrique	g/l	2,2	2,5
Acide lactique	g/l	1,2	1,0
Potassium	mg/l	790	660
Intensité colorante	420+520+620	6,05	6,16
Teinte	420/520	0,620	0,597
Indice Polyphénols Totaux		46,1	44,3
Anthocyanes	mg/l	175	191
Tanins	mg/l	1811	1687

Cette modalité présente également les intensités colorantes et les Indices de Polyphénols Totaux (IPT) les plus importants (tableaux 1 et 2). Là encore, ceci peut être mis en relation avec sa vigueur et son rendement plus faibles.

La teinte est supérieure sur C.

Les différences sont plus marquées entre B et C qu'entre R et C sur la 1<sup>ère</sup> période, en lien avec les moindres différences de conduite existant entre ces deux dernières modalités sur cette période.



Analyses des vins réalisées dans notre laboratoire

## Analyse sensorielle

Les analyses sensorielles ont été réalisées en fin de printemps suivant la vinification (soit environ 8 mois après les vendanges), par un collège de 10-15 dégustateurs.

Les vins issus de B sont jugés plus colorés et plus tanniques 2 années sur 3 par rapport à C. Ce sont les seules véritables différences qui sont mises en évidence, les résultats étant variables d'une année sur l'autre sur les autres paramètres.

## Résidus de produits phytosanitaires

Des analyses des matières actives susceptibles d'être retrouvées dans le vin ont été réalisées en 2003 (acrinathrine, flufénoxuron, fluazinam, fludioxonil, cyprodinil) et 2004 (dinocap, quinoxifène, fluazinam, fludioxonil, cyprodinil). Tous les résultats sont en-dessous des limites de quantification.

## 2. Variantes de vinification

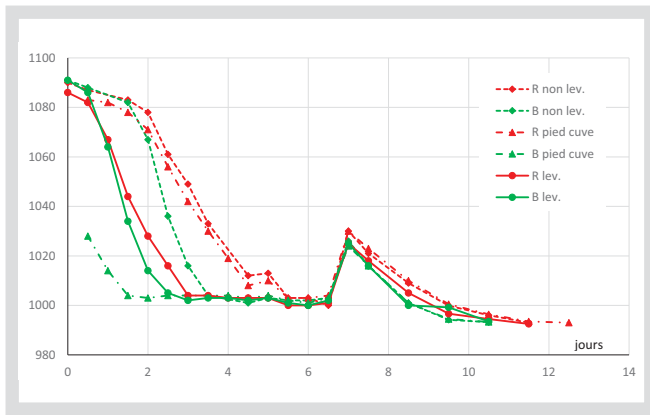


Figure 6 : Suivi des densités 2011

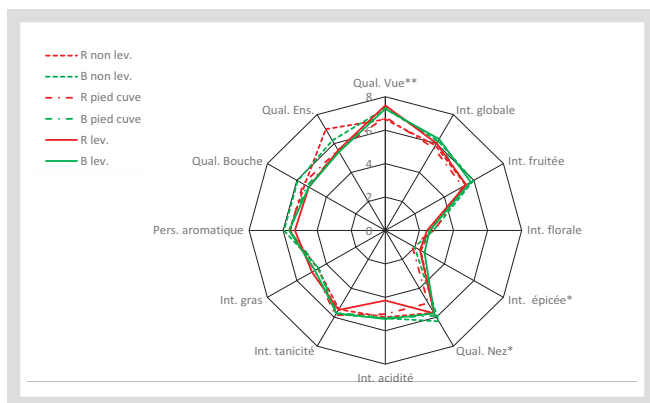


Figure 7 : Profils sensoriels 2011

Les variantes étudiées ont été les suivantes :

- 2011 : levuré, non levuré, pied de cuve (réalisé une semaine avant la vendange de la parcelle)
- 2013 : ajout d'azote
- 2014 : levuré, non levuré

En 2011, les FA des pieds de cuve sont lentes à démarrer, puisqu'elles ne démarrent qu'après 6 jours sur B et qu'elles sont tout juste démarrées lors de l'incorporation du pied de cuve à l'encuvage pour R.

Après encuvage, la modalité B pied de cuve démarre très rapidement la FA, il faut 12 h de plus aux modalités levurées et encore 24 h de plus aux modalités non levurées et R pied de cuve pour l'amorcer.

Les FA (figure 6) se terminent plus tard sur R non levuré et R levuré (1 jour), et R pied de cuve (2 jours).

Malgré ces différences, toutes les modalités ont terminé les fermentations alcooliques rapidement, sans production d'acidité volatile. Aucune différence n'est constatée sur la composition chimique des vins embouteillés.

En dégustation, le vin R pied de cuve est le moins bien noté à l'olfaction (proche de la signification) et le vin B non levuré le mieux apprécié. En bouche et en qualité d'ensemble, c'est toujours le vin B non levuré qui obtient la meilleure note sans que les différences soient significatives (figure 7).

En 2013, l'apport d'azote en fermentation n'a pas eu d'influence sur la vitesse de fermentation et la qualité des vins, les teneurs initiales des baies en azote assimilable (280 à 350 mg/l) étant nettement supérieures au seuil de fermentescibilité des moûts.

En 2014, les seules différences entre les modalités levurées et non levurées portent sur l'acidité volatile et la vitesse de fermentation alcoolique, respectivement plus importante et plus faible sur les modalités non levurées (figure 8). L'acidité volatile plus marquée du lot R non levuré le pénalise en dégustation (figure 9).

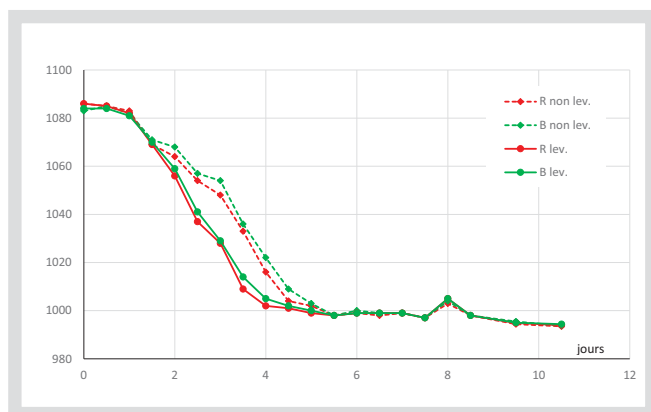


Figure 8 : Suivi des densités 2014

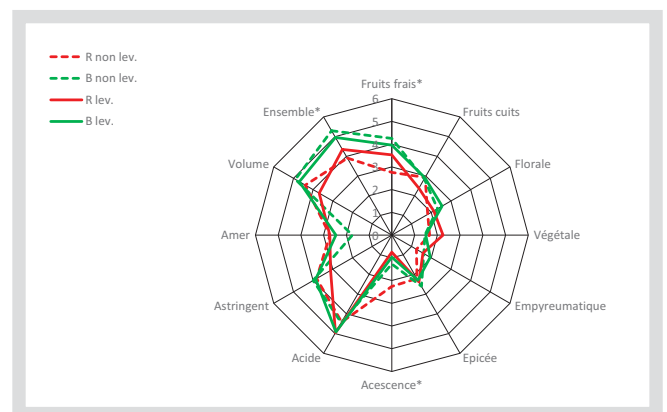


Figure 9 : Profils sensoriels 2014



# Intérêt des méthodes « globales » ou « holistiques » pour l'évaluation de la qualité des vins

Philippe Cottereau, IFV - philippe.cotteraux@vignevin.com  
Travaux financés par FranceAgriMer : groupe national VITIVINIBIO

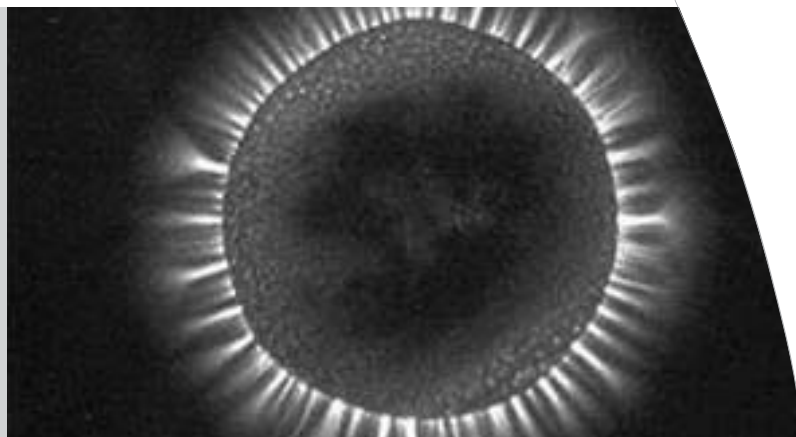
Les producteurs biologiques souhaitent utiliser des méthodes d'évaluation dites « globales ». Dans le cadre du programme « de la vigne au verre », financé par FranceAgriMer, des essais de comparaison de méthodes « holistiques » telles que la cristallisation sensible, les méthodes Kirlian ou Spectralys ont été réalisées. Ces essais portent essentiellement sur les notions de répétabilité, de reproductibilité et de discrimination. La partie interprétation pourra être entreprise uniquement si les conditions nécessaires à la validité d'une analyse (notions précitées) sont validées. L'essai 3 systèmes du Beaujolais a été le dispositif le plus utilisé pour ces analyses.

Pour plus d'information sur ces méthodes globales :

<http://www.itab.asso.fr/downloads/programmes/methodes-globalesweb.pdf>.

Ces 3 méthodes ont été utilisées sur des essais de comparaisons de pratiques œnologiques sur des vendanges issues de raisins issus de l'agriculture biologique ou des essais de comparaison de système de production incluant le système biologique comme le dispositif du Beaujolais.

## 1. Méthode Kirlian (analyses réalisées par le FIBL-Suisse sur des essais IFV 30/2010-2011)



Cette méthode repose globalement sur l'étude de la diffusion d'une lumière autour d'une plaque imbibée par le produit à analyser.

La mesure consiste à quantifier des données sur ces lumières diffusées. Il y a 12 variables mesurées dont les noms ne sont toujours très parlants pour un non initié.

Dans les diagrammes reçus du laboratoire, toutes les modalités (répétitions) sont regroupées et donnent une proximité entre les répétitions. Cela semble indiquer une très bonne répétabilité. Mais le modèle mathématique a été réalisé pour justement regrouper ces répétitions (données à priori). Le principe de l'analyse discriminante est de réaliser une combinaison mathématique des variables pour obtenir le regroupement souhaité, aucune donnée n'a été utilisée en validation ? ... Pas d'interprétation sur ces données ? Le FIBL ne maîtrisait manifestement pas la technique

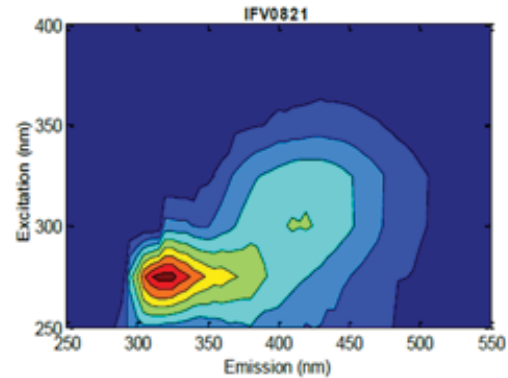
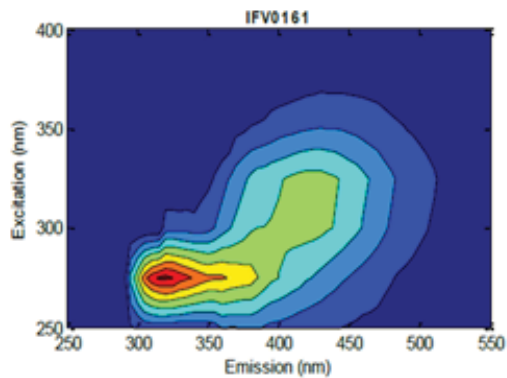
et son outil statistique, il n'a pas été possible de renouveler cette approche.

Avec les données brutes, une analyse de variance sur les 12 variables et une ACP (Analyse en Composantes Principales) ont été réalisées par IFV 30. Dans ces conditions d'analyse, sans a priori, les analyses de variance montrent des différences significatives entre les répétitions (modalité par modalité) et des groupes homogènes (Newman-Keuls) indépendants des répétitions !

En examinant, la réponse multivariée par l'analyse en composantes principales (ACP), la proximité des répétitions n'est pas évidente, même en retirant les 2 variables peu ou pas significatives en analyse de variance.

Il n'a pas été possible de donner suite à ces analyses les autres années du programme.

## 2. Méthode Spectralys (sur essai comparaison parcelle conventionnelle / bio et 3 méthodes de vinification LSA, Pied de cuve, spontanée essai du Beaujolais - Campagne 2010-2011)



La méthode repose sur la mesure de fluorescence en mode frontal entre 250 et 400 nm à l'excitation et 250-700 nm à l'émission. Analyse du signal par ACP.

Les résultats sont quantitatifs (analyses de spectre de fluorescence). Une analyse en composantes principales est possible.

Il n'est pas observé de bonnes répétabilités dans le plan 1 / 2 malgré une représentation très importante de l'axe 1 (87 %). Par contre, la répétabilité est excellente sur le plan 2 / 3 bien qu'il ne représente que 6,6 % de la variance pour l'axe 2 et 2,7 % pour l'axe 3.

D'après la société Spectralys, les variations sur l'axe 1 sont dues à des zones d'excitation entre 270 et 280 nm avec des émissions entre 300 et 350 nm. Ces zones correspondent principalement aux protéines et polyphénols. Les analyses physico-chimiques de ces vins concernant les polyphénols notamment, ne valident absolument pas cette affirmation. La séparation des répétitions sur l'axe 1 ne peut être attribuée aux polyphénols, la présence de protéines étant très faible puisqu'il s'agit de vins rouges.

## 3. Cristallisations sensibles réalisées sur 4 campagnes 2010-2011, 2011-2012, 2013-2014, et 2014,2015.



Enceinte de cristallisation



Cristallisations sensibles 2 vins identiques

Le principe de base de la méthode est de prendre une solution de chlorure de cuivre et d'y ajouter une solution d'un extrait organique ou minéral. La cristallisation est obtenue par évaporation dans des étuves avec des conditions de chauffage les plus reproductives possibles.

Les premiers essais ont été réalisés en 2010-2011 avec 2 laboratoires et des essais en vinification biologique (dose de SO<sub>2</sub>, Thermolisation, MFT, acidification ...) de l'unité de Nîmes avec 3 répétitions pour chaque modalité. Pour les deux laboratoires, la répétabilité n'est pas satisfaisante.

Des critiques ont été faites sur l'échantillonnage de vin en élevage et le risque d'un manque de répétabilité ou d'homogénéité des échantillons.

Un des laboratoires a tout de même réalisé pour un des essais des répétitions supplémentaires (18 cristallisations par modalité) et a posteriori (communication des concordances n°/modalités) a mis en évidence des pourcentages d'« anomalies » dans la cristallisation en fonction des modalités (dédoublément du centre, cristallisation secondaire, déchirure du réseau cristallin ...).

#### Exemple de résultats transmis :

- **Dans le cas du témoin** (essai comparaison de stabilisation microbiologique) :  
88,88 % des cristallogrammes ne présentent pas d'anomalie.  
5,55 % présentent une cristallisation secondaire ou un dédoublement du centre.  
5,55 % des cristallogrammes présentent une déchirure du réseau cristallin.
- **Pour la modalité THERMOLISATION :**  
44,44 % des cristallogrammes ne présentent pas d'anomalie.  
55,55 % présentent une cristallisation secondaire ou un dédoublement du centre.
- **Pour la modalité MFT :**  
61,11 % des cristallogrammes ne présentent pas d'anomalie.  
38,88 % présentent une cristallisation secondaire ou un dédoublement du centre
- **Pour la modalité FP :**  
55,55 % des cristallogrammes ne présentent pas d'anomalie.  
22,22 % des cristallogrammes présentent un dédoublement du centre et une déchirure du réseau cristallin.  
16,66 % des cristallogrammes présentent une déchirure du réseau cristallin.

Cette approche est intéressante et semble montrer des tendances de discrimination. Ceci dit, elle met en lumière aussi la variabilité de réponse pour un échantillon identique. Ces variations sont-elles dues à la maîtrise de la cristallisation ? Si c'est le cas, on peut penser que d'un laboratoire à l'autre ces différences risquent d'être encore plus importantes et le critère de reproductibilité semble difficile à atteindre, sans parler du coût de l'analyse s'il est nécessaire de faire 18 cristallisations par modalité...

Pour les millésimes suivants (2013 et 2014), un des 2 laboratoires a ensuite été repris (Oenocrystal) et les vins issus de l'expérimentation comparaison modes de production (programme « de la vigne au verre ») du Beaujolais, ont été utilisés comme base d'étude.

Tous les vins ont été échantillonnés juste après la mise en bouteille pour éviter des risques d'homogénéité entre les lots d'un même essai et anonymés avant l'envoi.

Le laboratoire a réalisé les analyses dans un premier temps sans aucune information. Après avoir reçu ces résultats, la correspondance entre numéros des essais et modalités testées leur a été envoyée. Il leur a été demandé d'aller plus loin dans les interprétations éventuelles sur les produits.

En précisant la présence de répétition, contrairement à 2010, le résultat est significativement amélioré.

Avec cette recherche d'image en cristallisation sensible d'un même produit (recherche de produit identique), le score de réussite est non négligeable avec un regroupement de modalités assez intéressant, soit 4 groupes bien regroupés sur les 6 modalités proposées à l'analyse en 2011 (Bio indigènes, bio pied de cuve, bio LSA, raisonné indigènes, raisonné pied de cuve, raisonné LSA). Il semble que ce soit les images des produits les plus « qualitatifs », d'après l'interprétation du responsable du laboratoire, qui soient les mieux regroupées, les images dégradées présentant (semble-t-il) plus de variabilité.

Au niveau des modalités et du classement « qualité » effectué par le laboratoire, il ne semble pas y avoir de logique Bio / conventionnel ou type de modalité du dispositif expérimental : levuré ou non levuré, pied de cuve.

Il n'a pas été possible de faire un rapprochement entre les commentaires du laboratoire Oenocrystal et les analyses physico-chimiques et/ou sensorielles de la SICAREX Beaujolais.

Sur le programme 2013-2014, de nouvelles séries d'analyses ont été réalisées avec l'ensemble des parcelles du réseau, et pour deux parcelles des analyses sur les feuilles ont été aussi réalisées (Beaujolais et Alsace).

Au niveau des analyses sur feuille, la répétabilité ne correspond pas à l'attente, même si la qualité des échantillons n'a pas été bonne pour certains prélèvements.

Pour les vins, le classement des vins de Bordeaux est le plus satisfaisant, mais l'explication des groupes est très difficilement fiable aux données viticoles ou œnologiques de l'essai.

Les résultats en Beaujolais et Bourgogne ne sont pas parfaits, mais les erreurs sont peu nombreuses.

Pour le Beaujolais, une caractéristique annoncée sur le caractère sensoriel de ce groupe est effectivement retrouvée en dégustation. Par contre pour la Bourgogne, une des caractéristiques liées à des sensations organoleptiques n'est pas retrouvée en dégustation.

Pour le Gard et l'Alsace les résultats ne sont pas satisfaisants, mais cela peut être dû à des vins trop proches, ce qui était le cas pour le Gard, alors que les vins bio et conventionnels semblent plus différents dans le cas de l'Alsace.

Sur le programme 2014-2015, les mêmes parcelles que le millésime précédent (ainsi qu'une nouvelle parcelle dans l'Aude) sont

### **Conclusion provisoire pour la cristallisation sensible**

Cette méthode semble très difficile à maîtriser et notamment la répétabilité n'est pas très bonne d'après ces essais. Pour certains d'entre eux, des résultats plus favorables ont été trouvés notamment sur le dispositif de Bordeaux. Par contre, il est très difficile de faire un parallèle avec les autres indicateurs viticoles ou œno-

reprises, avec le même laboratoire. Il est reconduit également des analyses sur les feuilles pour les parcelles du Beaujolais, et de l'Aude. Des analyses des pleurs ont été aussi ajoutées pour les parcelles du Gard, d'Alsace et de Bordeaux.

Par rapport aux millésimes précédents, le laboratoire était informé du nombre de groupes à retrouver mais le nombre de répétitions n'était pas forcément identique pour chaque modalité et n'était pas connu du laboratoire.

Concernant les feuilles, comme pour le millésime précédent les regroupements ne sont pas très satisfaisants. Pour les pleurs, il existe des erreurs de classement. Pour les analyses sur feuille, il n'y a que 2 groupes, on pouvait donc s'attendre à un meilleur score.

Pour les vins, les résultats sont assez mauvais en termes de répétabilité pour toutes les parcelles à l'exception des vins de Bordeaux (un score de 100%). C'est sur ces parcelles que les résultats avaient été intéressants le millésime précédent. Il est pourtant toujours très difficile de relier les commentaires du laboratoire Oenocrystal aux indicateurs viticoles ou œnologiques des expérimentations. En dégustation, la modalité bio indigène est la mieux classée alors que le laboratoire l'indique comme la classe la moins qualitative.

logiques de ces essais. L'ordre de qualité n'est pas le même. Enfin, le vocabulaire utilisé dans les comptes rendus de cristallisations est parfois « imagé » mais obscur par rapport aux habitudes œnologiques et viticoles communes ...



# Etude économique

Jean-Yves Cahurel, IFV - jean-yves.cahurel@vignevin.com, Christophe Gaviglio, IFV - christophe.gaviglio@vignevin.com

De façon à simplifier la présentation des résultats, 3 phases ont été distinguées sur la durée de l'essai :

- 2003-2007 : phase de mise en route, connaissance de la parcelle et de la vigne, correspondant à la phase de conversion pour la partie biologique
- 2008-2011 : phase d'adaptation à une réduction des intrants phytosanitaires sur la partie raisonnée (POD Mildium®, enherbement tous les inter-rangs) et une meilleure maîtrise des maladies sur la partie biologique (traitement anti-botrytis)
- 2012-2013 : phase de croisière

Les résultats seront donc présentés selon ces 3 phases. De plus, de façon à mettre en évidence d'éventuelles différences entre milieux, une comparaison entre deux années opposées en termes climatiques et en termes de pression phytosanitaire a été réalisée :

- 2011 : année au printemps sec, faible pression parasitaire
- 2012 : année très humide, très forte pression parasitaire.

## 1. Méthodologie appliquée

L'estimation des coûts a été réalisée avec l'outil Viticoût®, uniquement à partir des interventions réalisées pour l'entretien du sol et les traitements antiparasitaires, en se basant sur les opérations enregistrées sur les 11 années d'expérimentation.

L'évolution annuelle des coûts des différents postes n'a pas été prise en compte, certains produits phytopharmaceutiques utilisés en début d'expérimentation n'existant plus actuellement.

Le coût de la main d'œuvre est issu des données INSEE et correspond à une main d'œuvre qualifiée (opérations avec machine).

Le coût du carburant est issu des publications Agreste.

Le prix des fournitures (pesticides) est issu du Coût des Fournitures en Viticulture et Œnologie (IFV-Chambres d'Agriculture).

Les hypothèses en termes de matériel sont les suivantes :

- tracteur enjambeur (60 000 €), avec travail sur 2 rangs pour le désherbage chimique et combinaison de travail du sol inter-cep et inter-rang.
- autres matériels : pulvérisateur 16 000 €, rampe de désherbage 2000 €, paire d'interceps 8 000 €, outil de travail du sol (inter-rang) 4 000 €, tondeuse 7 000 €.

Les matériels sont amortis sur 7 années. Leur entretien est pris en compte dans le calcul (30 % de l'amortissement annuel).

Pour l'évaluation des temps de travaux, les outils de travail dans l'inter-rang sont utilisés à 6 km/h, les inter-ceps à 2,5. La plus petite vitesse est prise en compte dans le cas des combinaisons.

## 2. Résultats

### Coûts totaux

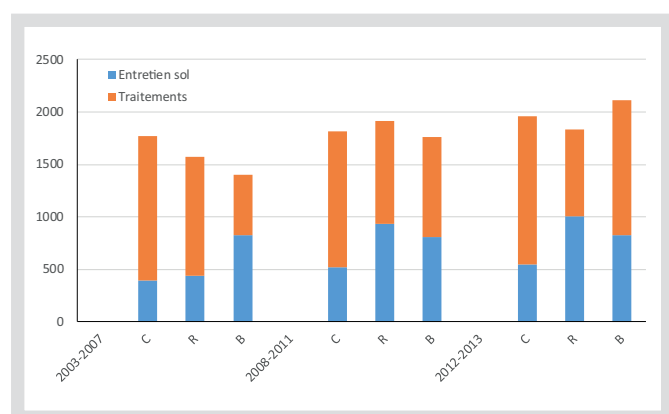


Figure 1 : Coûts totaux par phase et par modalité (€/ha)

Pour la phase 2003-2007, la modalité C présente les coûts les plus importants. R permet de réduire les coûts de 10 % et B de 20 %. Les traitements occasionnent des coûts supérieurs à l'entretien du sol sur C et R (70 à 80 % des coûts totaux), alors que c'est l'inverse sur B.

Pour la phase 2008-2011, les coûts sont à peu près identiques sur les 3 modalités. Les traitements représentent toujours la part la plus importante des coûts sur C, alors que les coûts entre traitement et entretien du sol sont équilibrés sur R et B.

Pour la phase 2012-2013, les coûts sont supérieurs sur B (+ 8 %) et inférieurs sur R (- 7 %) par rapport à C. Les traitements représentent toujours la part la plus importante des coûts sur C mais c'est également le cas pour B, en lien avec deux années à pression phytosanitaire importante. Les coûts sont légèrement supérieurs pour l'entretien du sol sur R.

## Coûts des traitements

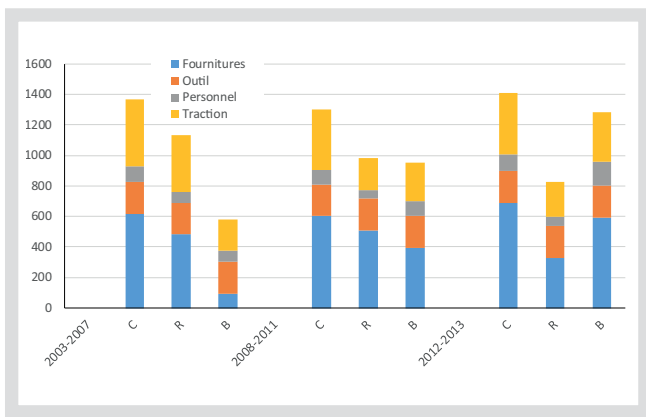


Figure 2 : Coûts des traitements par phase et par poste (€/ha)

Pour la phase 2003-2007, les fournitures (fongicides et insecticides) représentent un poste important pour C et R, de même que la traction. Ces postes sont bien moins importants pour B (surtout les fournitures), d'où des coûts globaux moins importants (- 60 % par rapport à C).

Pour la phase 2008-2011, le poste fournitures augmente sur B en lien avec les modifications apportées sur la stratégie phytosanitaire (soufre contre l'oïdium, traitements anti-botrytis et anti-tordeuses – voir partie phytosanitaire). La traction diminue sur R, du fait de la réduction des passages (POD Mildium®). Les coûts des traitements sont donc inférieurs d'environ 25 % sur R et B. Notons toutefois que cet outil POD nécessite des observations et donc du temps (estimé à environ 7 h par hectare en moyenne, soit un coût annuel de 130 €/ha), temps qui n'a pas été intégré aux coûts présentés ici.

Pour la phase 2012-2013, les coûts des traitements augmentent sur B, notamment les fournitures et la traction, en relation avec la pression phytosanitaire. Ils restent légèrement inférieurs à ceux de C (- 10 %). L'utilisation du POD Mildium® permet à R une bonne maîtrise de coûts (- 40 % par rapport à C).

Le fait que les traitements sur C soient systématiques, engendrent un coût régulier entre les différentes phases.

## Coûts de l'entretien du sol

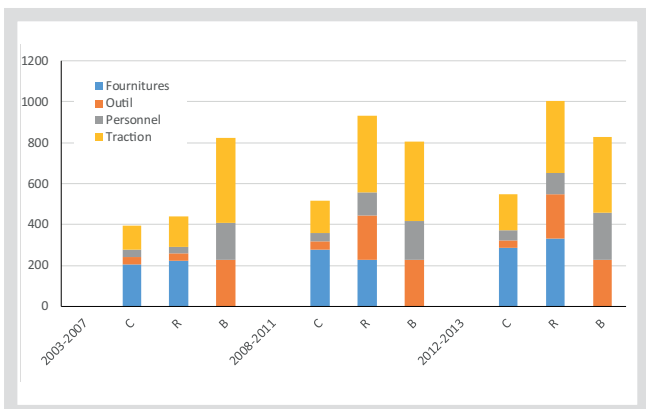


Figure 3 : Coûts de l'entretien du sol par phase et par poste (€/ha)

Pour la phase 2003-2007, C et R ne se différencient pas, la stratégie étant identique (désherbage chimique sur toute la surface), seul le choix des produits étant différent. Le coût des herbicides représentent environ la moitié du coût total lié à l'entretien du sol sur ces modalités. B présente un coût multiplié par 2, en relation, en particulier, avec le coût de la traction qui compte pour moitié sur le coût total lié à l'entretien du sol. Les coûts liés aux outils et au personnel sont multipliés par 5,5-6 par rapport à C.

Pour la phase 2008-2011, la répartition dans les différents postes est sensiblement identique pour B par rapport à la phase précédente. L'écart par rapport à C se réduit. Le passage à l'enherbement tous les inter-rangs sur R augmente de façon très importante les coûts (+ 80 % par rapport à C), avec une augmentation de tous les postes, en particulier le poste outil, lié à la tondeuse, à part les fournitures.

Pour la phase 2012-2013, R reste le plus coûteux, malgré une répartition différente dans les postes du fait du passage à un enherbement tous les 2 inter-rangs. On ne constate pas de changement pour C et B.



Désherbage mécanique



Désherbage chimique

## Comparaison 2011-2012

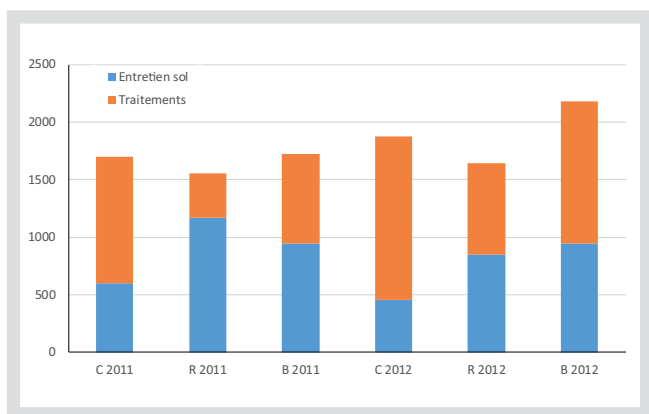


Figure 4 : Comparaison des coûts totaux entre 2011 et 2012 (€/ha)

Les coûts liés aux traitements augmentent sur les 3 modalités, en lien avec le nombre de traitements réalisés du fait de la pression phytosanitaire beaucoup plus importante en 2012. Les coûts liés à l'entretien du sol diminuent sur C et R et restent stables sur B.

Le coût global est à peu près comparable pour R mais augmente pour C et surtout pour B. Au final les écarts entre 2012 et 2011 restent modérés, excepté sur B : + 10 % pour C, + 6 % pour R et + 27 % pour B.

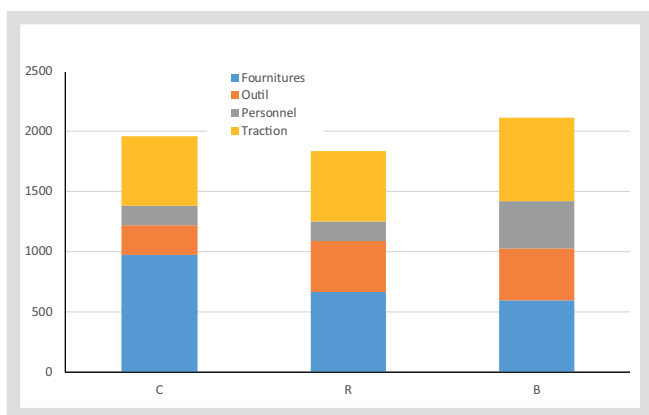


Figure 5 : Coûts totaux par poste et par modalité pour la phase 2012-2013 (€/ha)

En conclusion, si l'on en reste sur la phase de croisière (2012-2013), où les stratégies sont à peu près stabilisées, les écarts entre les systèmes sont modérés (figure 5). Le gain généré par le POD Mildium® au niveau des traitements sur R est en partie comblé par le surcoût lié à l'entretien mixte du sol (désherbage chimique/enherbement). Le surcoût engendré par le poste personnel et outils sur B est en partie comblé par le gain lié à la réduction des intrants phytosanitaires (surtout les herbicides).

Cette approche purement économique ne prend pas en compte l'organisation du travail qui est plus contraignante pour le désherbage mécanique. La réactivité est en effet nécessaire avec cette technique pour s'adapter aux conditions climatiques et aux conditions de sol, tout en gérant en parallèle les autres interventions à réaliser sur la vigne.

# Impacts environnementaux des différents systèmes de production

Maxime Demarez, IFV - maxime.demarez@vignevin.com, Sophie Penavayre, IFV - sophie.penavayre@vignevin.com

Les phases étudiées ici sont les mêmes que celles étudiées dans la partie économique.

## 1. Méthodologie appliquée

L'évaluation des impacts environnementaux potentiels a été réalisée en reprenant les principes de la méthode de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), sans la phase de revue critique externe indispensable à la qualification d' « ACV » selon la norme internationale ISO 14 040.

L'ACV est une méthode multi-étapes (qui étudie l'ensemble du cycle de vie des produits, de l'extraction des matières premières à la gestion des déchets) et multi-critères (qui prend en compte les impacts écologiques, sur la santé et l'épuisement des ressources). Elle consiste à quantifier l'ensemble des flux entrants et sortants du cycle de vie d'un produit et à traduire cet inventaire en impacts environnementaux grâce à un facteur de caractérisation<sup>1</sup>. Ces im-

pacts sont exprimés pour une unité fonctionnelle (1 ha de vigne, 1 kg de raisin, 1 bouteille de vin...).

Cette étude s'intéresse à l'impact de deux grandes pratiques qui diffèrent entre les 3 systèmes: l'entretien du sol et la protection phytosanitaire. Les autres interventions (fertilisation, taille...) sont considérées comme identiques. La récolte n'est pas prise en compte.

<sup>1</sup> Un facteur de caractérisation quantifie l'impact relatif d'une substance sur une problématique environnementale. Le CO<sub>2</sub> a par exemple un facteur de caractérisation de 1 pour l'indicateur de changement climatique car sert de référence, tandis que le méthane a un facteur de 25, car son pouvoir de réchauffement global est 25 fois plus important que celui du CO<sub>2</sub>.

## Éléments pris en compte dans l'étude

Pratiques	Éléments pris en compte
Protection phytosanitaire	Intrants phytosanitaires de synthèse (sauf herbicides)
	Cuivre et Soufre
	Produits de biocontrôle
	Prélèvements en eau (bouillies fongiques et insecticides)
	Utilisation du matériel pour l'application (enjambeur + pulvérisateur)
Entretien du sol	Herbicides
	Prélèvements en eau (bouillies herbicides)
	Utilisation du matériel pour un désherbage chimique (enjambeur + rampe)
	Utilisation du matériel pour un désherbage mécanique (enjambeur + griffage + interceps)
	Utilisation du matériel pour les tontes (enjambeurs + tondeuse)

## Références du matériel utilisé pour l'étude

Matériels	Nombre de rangs traités par passage	Nom/référence
Enjambeur	/	Bobard 809
Pulvérisateur	4 rangs	Tecnomat Turbocol
Tonte (1 gyrobroyeur)	1 inter-rang	Boisselet
Matériel entretien du sol (griffage + interceps)	1 rang + 1 inter-rang	Souslikoff
Rampe (2 rampes)	2 rangs + 2 inter-rangs	Tecnomat



## 2. Résultats

Les résultats sont exprimés pour 1 ha de vigne, selon 2 indicateurs d'impact :

- le degré d'eutrophisation aquatique qui exprime le déséquilibre entre l'apport et la consommation naturelle de nutriments par l'écosystème.
- le changement climatique qui exprime l'impact des émissions de gaz à effet de serre. Cet indicateur s'exprime en kg équivalent CO<sub>2</sub>. L'inventaire a été réalisé en suivant le référentiel méthodologique issu du projet Agribalyse<sup>®</sup> cofinancé par l'ADEME entre 2010 et 2013<sup>2</sup>. La caractérisation des impacts repose sur la méthode Impact 2002 +.

Les résultats présentés comparent les performances environnementales entre les 3 systèmes sur une période ou une campagne viticole définie. Les résultats sont présentés en pourcentage et le système qui obtient l'impact le plus important se voit attribué la note de 100 %.

### Généralités sur l'indicateur « eutrophisation aquatique »

Ne nous intéressant qu'à l'entretien du sol et à la protection phytosanitaire, il n'existe potentiellement aucune substance émise directement à la parcelle liée à ces deux activités contribuant au phénomène d'eutrophisation. Cet indicateur traduit principalement les émissions indirectes liées à la production des intrants.

Le recours aux fongicides étant prépondérant par rapport aux herbicides, la protection phytosanitaire aura majoritairement une plus grande contribution pour cet indicateur que l'entretien du sol sauf cas d'année atypique où la pression de bio-agresseurs est faible.

### Généralités sur l'indicateur « changement climatique »

Cet indicateur dépend principalement des émissions liées à la combustion du diesel. Cet indicateur n'est pas directement corrélé au nombre d'interventions pour l'impact global puisque suivant le matériel utilisé les consommations de carburant vont différer. Cependant cette corrélation reste plus évidente sur la protection phytosanitaire car le pulvérisateur est le seul matériel utilisé pour ce poste sur l'ensemble des 3 systèmes. A noter que l'utilisation du pulvérisateur se traduit par un plus grand taux de charge sur l'enjambeur et consomme plus de carburant pour traiter une même surface qu'un désherbage chimique ou mécanique. De même qu'un désherbage mécanique consomme plus qu'un désherbage chimique pour une même surface par rapport au matériel pris en compte dans la modélisation. Viennent ensuite les émissions indirectes de Gaz à Effets de Serre (GES) liées à la production des produits phytosanitaires de synthèse qui est le deuxième contributeur sur cet indicateur.

## Période 2003 - 2007

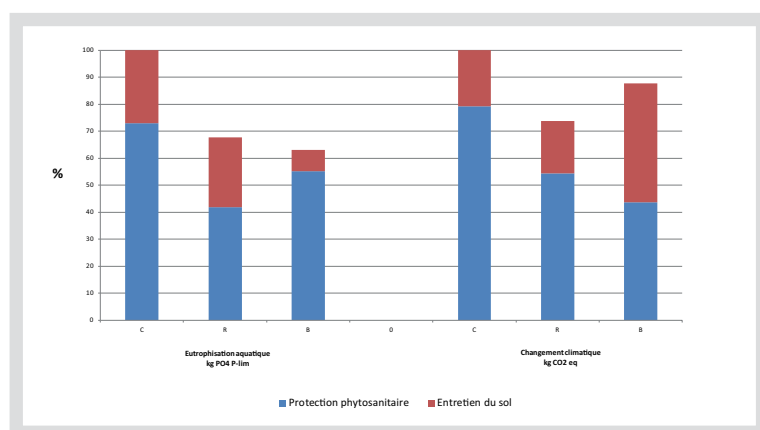


Figure 1 : Comparaison des impacts environnementaux potentiels sur la période 2003-2007

### Eutrophisation aquatique

Le système C a le plus grand impact car le recours aux produits fongiques (hors Cuivre et Soufre) est plus important que pour le système R (-30%). On note que les systèmes R et B ont un impact global similaire avec une part plus importante pour la protection phytosanitaire pour le système B mais qui est compensé avec un désherbage mécanique sur l'entretien du sol. En effet, la part liée à la production des herbicides, qui est identique sur les systèmes C et R, est plus importante que la part liée à la production du matériel utilisé pour le désherbage mécanique sur le système B.

<sup>2</sup> <http://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/production-agricole/passer-a-l'action/dossier/evaluation-environnementale-agriculture/loutil-agribalyse-agribalyse-program>

## Changement climatique

Le système C est le plus impactant en termes d'émissions de GES. Le nombre annuel d'interventions pour la protection phytosanitaire pour le système C est de 9,2 comparé à 6,4 et 6,6 respectivement pour les systèmes R et B. Si la contribution pour la protection phytosanitaire est supérieure pour le système R comparé au système B, ceci s'explique par les plus fortes émissions de GES émis lors de la production de produits phytosanitaires de synthèse comparée à la production de cuivre et de soufre utilisés dans le système B (10 fois supérieur). La plus grande contribution pour l'entretien du sol sur le système B s'explique par l'entretien du sol mécanisé qui demande un nombre de passages plus élevé (3,2 fois supérieur en moyenne) correspondant à une consommation de carburant 5 fois supérieure aux 2 autres systèmes sur ce poste dû au travail combiné de l'interceps sur le rang et du griffage sur l'inter-rang.

## Période 2008 - 2011

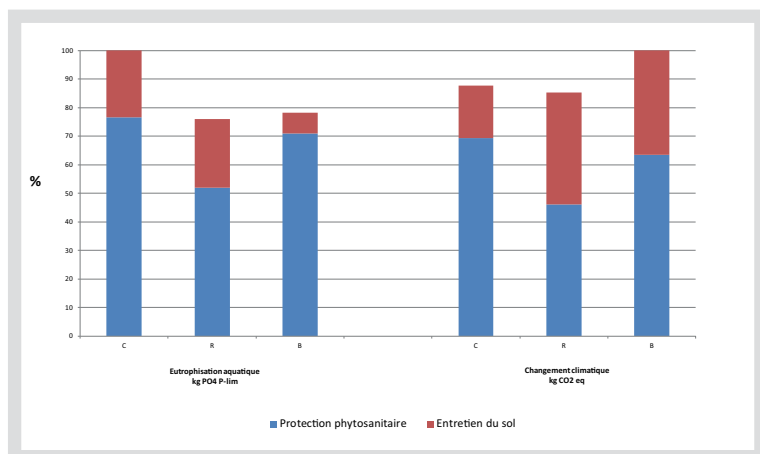


Figure 1 : Comparaison des impacts environnementaux potentiels sur la période 2008 - 2011

## Eutrophisation aquatique

On retrouve les mêmes ordres de grandeur que pour la période 2003-2007 : le système C est le plus impactant et les systèmes R et B ont un impact global comparable. L'écart de l'impact global sur cette période est cependant réduit à 20% entre le système C et les systèmes R et B. On note toujours une réduction sur le système R de l'impact de la protection phytosanitaire, pilotée à partir de cette période par le POD Mildium®. La part la plus importante pour le poste entretien du sol sur les systèmes C et R est liée à la production des herbicides.

## Changement climatique

Le système B est le plus impactant pour cet indicateur. La consommation de carburant pour la protection phytosanitaire sur le système B est la plus élevée avec une consommation moyenne annuelle sur cette période de 76,9 L/ha. Si ce poste apparaît comme plus impactant pour le système C alors que la consommation de diesel moyenne annuelle est de 70,7 L/ha, c'est que les émissions liées à la production des produits fongiques de synthèse restent plus importantes que pour le cuivre et soufre utilisés dans le B. Le désherbage mécanique consomme plus de carburant pour traiter une même surface qu'un désherbage chimique. Le système B se retrouve alors globalement plus émetteur sur cette période. L'écart d'environ 20% entre les systèmes C et R sur l'entretien du sol est dû aux tontes; la consommation de carburant est presque 3 fois supérieure au désherbage chimique en moyenne. Ce travail de désherbage chimique et de tontes sur le système R équivaut au travail mécanique sur le système B concernant les émissions de GES.

## Période 2012 - 2013

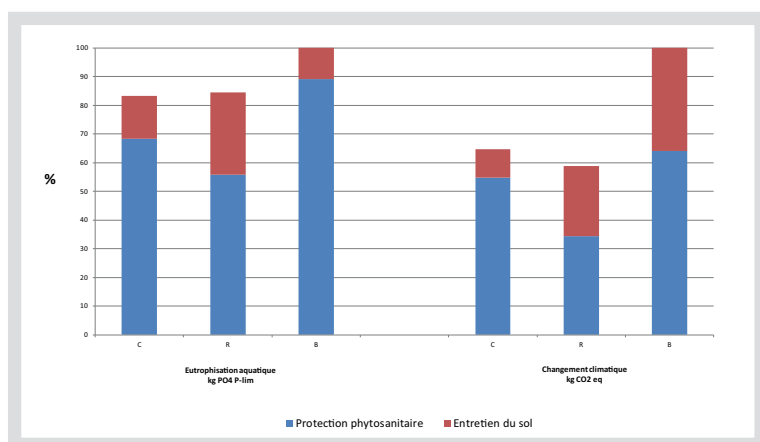


Figure 3 : Comparaison des impacts environnementaux potentiels sur la période 2012 - 2013

## Eutrophisation aquatique

Sur la période 2012-2013, le système B a le plus grand score. Ceci s'explique par la forte utilisation de cuivre et soufre en préventif sur cette période dont la production contribue fortement au score de l'indicateur. Cette fois-ci ce sont les systèmes C et R qui sont dans le même ordre de grandeur ; même si le recours aux produits phytosanitaires est plus faible pour le système R, l'utilisation d'une plus grande quantité de glyphosate compense la réduction gagnée sur la protection. Le désherbage mécanique plus important pour le système B sur cette période vient gommer la différence notable avec le C sur le poste d'entretien du sol sur les autres périodes.

## Changement climatique

Pour les émissions de GES, le B a aussi le plus grand impact sur la période 2012-2013. Ceci est dû à un nombre élevé de passages pour les traitements préventifs ainsi qu'un travail de désherbage mécanique annuel moyen plus important. Les tontes pour le R contrebalancent la réduction des traitements comparée au C. Cependant, l'impact est moins important que pour la période précédente puisqu'il n'y plus qu'un inter-rang sur deux qui est enherbé et donc tondu.

# Campagne viticole 2011

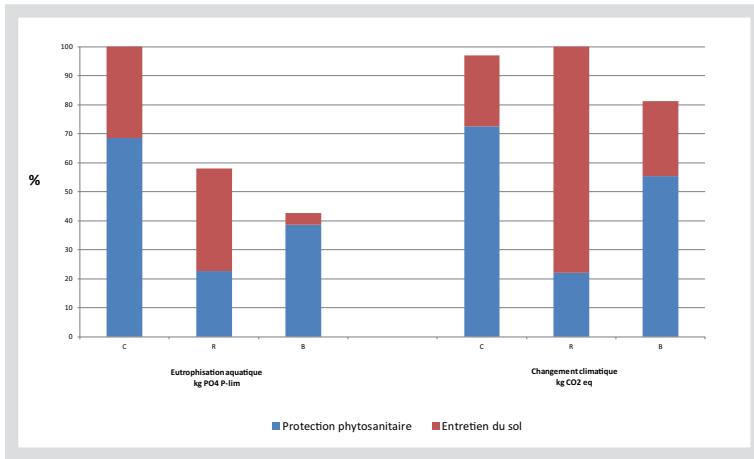


Figure 1 : Comparaison des impacts environnementaux potentiels sur la campagne 2011

## Eutrophisation aquatique

Le système C est le plus impactant sur cette période. La faible pression parasitaire sur cette année atypique permet au B de réduire drastiquement son impact sur l'indice d'eutrophisation par rapport aux autres années et au R d'augmenter encore la marge de réduction par rapport au C.

## Changement climatique

Le système le plus impactant est le R dû aux tontes (1 seul inter-rang par passage et tous les rangs sont tondus). La faible pression parasitaire se répercute sur la contribution de chaque poste : le poste d'entretien du sol a plus de poids sur l'impact global. Par contre, les émissions liées à la consommation de carburant annuelle moyenne pour les traitements restent bien inférieures pour le R comparé au C : 60 L/ha pour le C contre 17,1 L/ha pour le R. La consommation annuelle moyenne du B est de 51,5 L/ha pour la protection phytosanitaire.

# Campagne viticole 2012

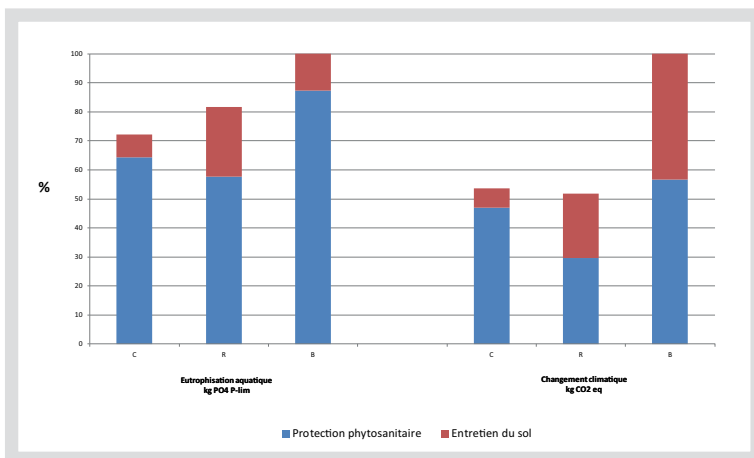


Figure 5 : Comparaison des impacts environnementaux potentiels pour la campagne viticole 2012

## Eutrophisation aquatique

Le B est le système le plus impactant sur l'année 2012 avec comme cause les nombreux traitements préventifs pour contrer la forte pression parasitaire. La réduction des traitements phytosanitaires sur R par rapport au C reste moins marquée que pour les autres années. La part plus importante de l'entretien du sol pour le R reste liée aux émissions pour la production du glyphosate.

## Changement climatique

Le B reste le plus impactant sur les émissions de GES du fait de l'importance des traitements préventifs en cuivre et soufre : 13 passages en B contre 9 en C et 5 en R. L'entretien du sol pour le B est aussi important avec le travail sur interceps qui contribue aussi majoritairement à l'impact global.

## 3. Limites

L'ACV est un outil permettant d'identifier les impacts potentiels et globaux d'un système ou d'un produit. Bien que bénéficiant d'une norme internationale, la méthode doit encore être précisée, notamment pour s'adapter aux spécificités de la filière vitivinicole. Elle est l'objet de nombreux projets de recherche, suivis et/ou coordonnés par l'unité IFV Beaujolais, qui tentent d'ouvrir le champ de son application.

Le nombre d'indicateurs de la méthode IMPACT 2002+ présenté dans cette étude est réduit au nombre de 2 pour deux raisons :

- soit les autres indicateurs ne présentaient pas de lien suffisamment important avec la protection phytosanitaire et l'entretien du sol, et donc n'étaient pas pertinents
- soit il existait trop d'incertitude sur les autres indicateurs pour être interprétés







**INSTITUT FRANÇAIS  
DE LA VIGNE ET DU VIN**

**SICAREX Beaujolais / IFV**  
**210 Bd V. Vermorel, CS60320**  
**69661 Villefranche-sur-Saône**  
**Cedex**

Tél.04 74 02 22 40  
sicarex@beaujolais.com

**Siège social IFV**  
**Domaine de l'Espiguette**  
**30240 Le Grau du Roi**  
Tél : 04 66 80 00 20  
Fax 04 66 51 59 28  
www.vignevin.com

Ces travaux sont réalisés en collaboration et avec le soutien de :

