

## IMPACT DE CINQ TECHNIQUES DE MACERATION SUR LES CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES, AROMATIQUES ET SENSORIELLES DES VINS ROUGES

Olivier GEFFROY<sup>1</sup>, Ricardo LOPEZ<sup>3</sup>, Eric Serrano<sup>1</sup>, Thierry DUFOURCQ<sup>2</sup>, Elisa GRACIA-MORENO<sup>3</sup>, Juan CACHO<sup>3</sup>, Vicente FERREIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut Français de la Vigne et du Vin Pôle Sud-Ouest, V'innopôle, BP22, 81 310 Lisle Sur Tarn, Francia;

<sup>2</sup> Institut Français de la Vigne et du Vin Pôle Sud-Ouest, Domaine de Mons, 32100 Caussens, Francia;

<sup>3</sup> Laboratorio de Análisis del Aroma y Enología, Facultad de Ciencias, Universidad Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España

email: olivier.geffroy@vignevin.com

*Travail présenté au Colloques Internationaux sur les Arômes du Vin (Project VINAROMAS), Toulouse et Saragosse, les 20 et 22 Novembre, 2012*

### Introduction

L'un des volets du projet VINAROMAS a permis de caractériser finement cinq itinéraires de macération en rouge. Certaines de ces techniques comme la macération préfermentaire à chaud ou la macération carbonique par exemple, ont fait l'objet d'études il y a de nombreuses années. Ces recherches s'étaient alors orientées plus sur l'optimisation du potentiel polyphénolique des vins, que sur les modifications aromatiques induites. Cependant des travaux réalisés dans les années 1980 (Ducruet 1984) font mention de concentrations supérieures en décanoate d'éthyle, en terpénols, en eugénol, en vanillates, en éthyl et vinyl-gaïacol, en éthyl et vinyl-phénols, en benzaldéhyde et en cinnamate d'éthyle sur les vins issus de macération carbonique. Il a également été démontré que la macération préfermentaire à chaud favorisait la présence de quantités importantes d'esters dans les vins (Girard 1989) tout en dégradant la 3-isobutyl-2-méthoxypyrazine (IBMP), responsable des notes de poivron vert (Roujou de Boubée 2000).

Ces techniques connaissent aujourd'hui un regain d'intérêt afin de produire des vins fruités adaptés aux attentes des marchés internationaux. Malgré les progrès réalisés ces 10 dernières années dans les techniques de dosages des composés aromatiques, très peu de nouvelles références sont disponibles sur le sujet. Notre étude a permis d'évaluer l'impact de ces techniques par le suivi de paramètres œnologiques classiques, par l'analyse sensorielle mais aussi par l'analyse de 78 composés aromatiques volatiles. De nouvelles acquisitions scientifiques permettant de mieux comprendre l'impact aromatique des techniques testées, ont ainsi pu être mises en évidence.

### 1. Matériels et méthodes

#### 1.1 Modalités mises en œuvre

En 2009 et en 2010, 5 modalités de macération ont été mises en œuvre dans le chai expérimental de l'IFV Sud-Ouest sur des lots de vendanges homogènes de Carignan, Grenache et de Fer Servadou, récoltés à deux niveaux de maturité différents :

- Témoin (TEM) : après éraflage, foulage, sulfitage à 4g/hl et levurage à 20g/hl, la macération est conduite à 25°C pendant 8 jours. Un unique pigeage journalier est réalisé jusqu'à la masse volumique de 1000 g/l.
- Macération carbonique (CARB) : 1/4 de la récolte est éraflée, foulée, disposée dans le fond d'une cuve fermentant hermétiquement et levurée à 20g/hl afin de simuler l'écrasement naturel se produisant dans les conditions d'un chai normal de vinification. Compte tenu du faible niveau d'acide malique sur les variétés espagnoles et afin de prévenir les risques de piqûres lactiques (Beelman and McArdle, 1974), le fond de cuve est systématiquement complété à l'aide de lysozyme (25 g/hl). Des apports de CO<sub>2</sub> exogène sont réalisés pendant le remplissage du reste de la cuve et maintenus pendant 36 heures. La cuve est

ensuite placée dans une chambre à 30°C, pressée avec assemblage des jus de presse et de goutte après 8 jours d'anaérobie et fermentée à 18°C.

- Macération Préfermentaire à Chaud suivie d'une vinification en phase liquide (MPC) : cette modalité consiste à chauffer la vendange pendant 2h effectives à 70°C, à la presser et à clarifier le moût à 150 NTU après un débouillage statique au froid à l'aide d'enzymes de clarification. Le moût est ensuite mis à fermenter en phase liquide à 18°C.
- Macération Préfermentaire à Chaud suivie d'une vinification en phase solide (MPCSO) : après chauffage à 70°C pendant 2 heures, la vendange est fermentée en phase solide comme la modalité témoin (TEM).
- Macération Préfermentaire à Froid (MPF) : la vendange est refroidie à 4°C et maintenue à cette température pendant 72 heures. La cuve est ensuite réchauffée et un levurage est réalisée lorsque la température s'élève au dessus de 15°C. La vinification est ensuite conduite selon le procédé standard (TEM).
- Macération courte (COURT) : la vendange est fermentée pendant 5 jours à 25°C. Le décuage intervient à une masse volumique du moût d'environ 1010 g/l avec achèvement de la fermentation alcoolique en phase liquide à 18°C.

## 1.2 Suivis analytiques, analyse sensorielle et traitement statistique

8 paramètres œnologiques classiques ont été suivis par l'IFV Sud-Ouest dans les vins en bouteille dont le TAV, l'acidité totale, l'acide tartrique, le pH, l'acidité volatile, le potassium, IPT et anthocyanes.

78 composés aromatiques différents appartenant à 14 familles chimiques (esters éthyliques, acétates, acides, alcools, aldéhydes, cétones, terpénols, norisoprénoides, phénols, dérivés de la vanilline, mercaptans, cinnamates, thiols variétaux et pyrazines) ont été dosés dans les vins par l'équipe du LAEE.

L'analyse sensorielle a été réalisée par le jury expert de l'IFV Sud-Ouest composé de 8 dégustateurs entraînés régulièrement. Les vins sont notés sur une échelle discontinue de 0 à 5 au moyen de 15 descripteurs sensoriels.

L'ensemble des données recueillies est analysé statistiquement grâce à une ANOVA à 4 facteurs (macération x millésime, date de récolte x cépage) avec interactions à l'aide du logiciel Xlstat suivie d'un test de comparaison de moyenne de Fisher au seuil de 5%.

## 2. Résultats / Discussions

### 2.1 Impact des techniques sur les paramètres œnologiques classiques

L'impact des techniques testées sur les paramètres œnologiques classiques est résumé dans le tableau n°1. L'impact le plus important est observé sur les modalités CARB et MPC alors que les différences par rapport à la vinification témoin induites par MPF et MACOU restent faibles. Le traitement MPCSO possède un positionnement intermédiaire.

Tableau 1 : résumé des impacts des techniques de macération sur les paramètres œnologiques classiques par rapport à la vinification témoin des vins en bouteille. Millésimes 2009-2010. MPC = Macération Préfermentaire à Chaud + phase liquide ; MPCSO = Macération Préfermentaire à Chaud + phase solide ; CARB = macération carbonique ; COURT = macération courte ; MPF = macération préfermentaire à froid. <sup>a</sup> Les chiffres mentionnés représentent les écarts moyens exprimés dans l'unité du paramètre considéré lorsque des différences significatives sont observées entre les modalités au seuil de 5%.

Modalité / Paramètres	MPC	MPCSO	CARB	COURT	MPF
TAV (% vol.)	+0.66 <sup>a</sup>	=	-0.64	=	=
Acidité totale (g/l H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	-0.3	=	=	=	=
pH	+ 0.06	=	=	=	=
Acide tartrique (g/l)	+0.59	=	=	=	=
Acidité volatile (g/l acide acétique)	+0.15	+0.10	-0.11	=	=
Potassium (g/l)	+0.14	+0.05	+0.04	+0.05	+0.07
IPT	=	+16	-15	=	=
Anthocyanes (mg/l)	-95	=	-240	=	=

Les vins élaborés par macération préfermentaire à chaud (MPC) présentent en bouteille un niveau supérieur d'acidité volatile, de potassium et d'acide tartrique. Cette observation traduit une forte extraction d'acides aminés, de potassium et d'acide tartrique contenus dans la pellicule sous l'effet du chauffage. Ce phénomène déjà décrit dans la littérature en ce qui concerne les acides aminés (Poux, 1974) conduit naturellement à une formation supérieure d'acidité volatile et d'acétate d'éthyle par la levure (Bell et Henscke, 2005). Des essais complémentaires réalisés en 2011 avec dosages d'azote réalisés sur moûts avant et après chauffage à 70 °C de 2 heures, ont montré un gain en acides aminés de 199% sur Fer Servadou (figure 1). L'azote ammoniacal n'est que très faiblement impacté. L'excès de potassium n'est pas complètement neutralisé par l'excès d'acide tartrique et conduit à une baisse de l'acidité totale et à une augmentation du pH. Ces phénomènes étant moins observés sur la modalité MPCSO, l'extraction apparaît supérieure lorsque les moûts sont pressés à chaud. Pour un niveau d'IPT identique au témoin, les vins de MPC présentent une teneur en anthocyanes inférieure, ce qui laisse présager une modification dans la structure des anthocyanes sous l'effet du chauffage par combinaison avec les tanins (Singleton et Trousdale 1992) ou bien par dégradation. Phénomène combiné de la fermentation à basse température et de l'amélioration des rendements en alcool sous l'effet de l'azote, la teneur des vins de MPC en alcool est supérieure à ceux de la vinification témoin. Comme déjà démontré précédemment (Cottureau et Desseigne 2007), les vins élaborés selon le traitement MPCSO possèdent un niveau d'IPT supérieur aux autres vins.

Les vins de macération carbonique élaborés dans le cadre de notre étude présentent des niveaux inférieurs en IPT, en anthocyanes, en acidité volatile et en alcool. Le bon contrôle de l'acidité volatile est la conséquence de l'utilisation de lysozyme. Les quantités d'alcool moindres illustrent un phénomène d'inversion du cycle de Krebs au cours du phénomène anaérobie comme déjà décrit précédemment (Flanzy 1987).

L'impact des modalités MPF et COURT reste limité au teneur en potassium. De manière surprenante les vins issus de la modalité COURT, déçus à une masse volumique de 1010 g/l, présentent le même niveau d'IPT que le témoin. Ceci peut s'expliquer par le fait que sur la modalité témoin, aucun acte d'extraction n'a été réalisé après une densité de 1000 g/l.

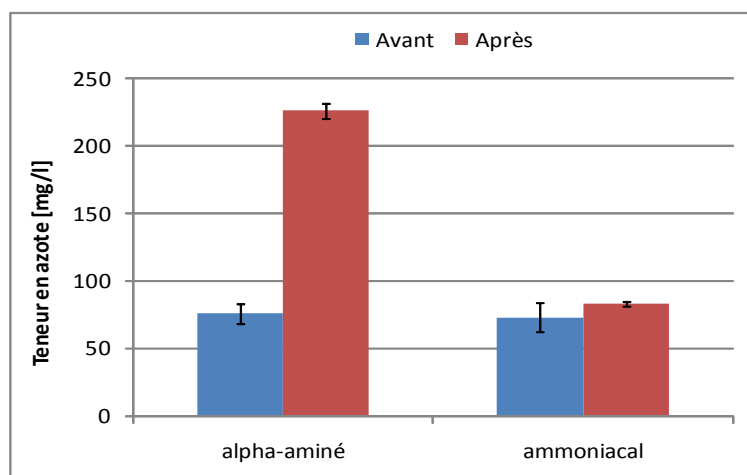


Figure 1 : Teneur en azote des moûts de Fer Servadou avant et après chauffage à 70 °C de 2 heures (n=4) – millésime 2011. Intervalle de confiance au seuil de 5%

## 1.2 Impact des techniques sur la composition aromatique des vins

L'impact des techniques testées sur la composition aromatique des vins est présenté dans le tableau 2. Compte tenu du nombre considérable de variables mesurées (78 au total), sont présentés dans cet article une sélection de composés illustratifs ou possédant un rôle prépondérant sur l'arôme des vins.

Comme pour les paramètres œnologiques classiques, les modalités CARB, MPC et dans une moindre mesure MPCSO, induisent de profondes modifications dans les caractéristiques aromatiques des vins, alors que l'impact des modalités COURT et MPF demeure faible. Ces observations confirment des résultats récents observés sur la macération à froid (Gardner et al. 2011). La production d'esters par la levure étant limitée à la phase stationnaire (Mouret et al. 2010), logiquement leur concentration dans les vins de macération courte (COURT), où le décuage intervient pendant la phase de déclin, n'est pas améliorée.

Conséquence de la fermentation du moût en phase liquide à une température relativement basse après pressurage (Ferreira et al. 1996), des niveaux inférieurs en alcools de fusel sont mis en évidence dans les vins de macération carbonique. En complément d'observations déjà réalisées sur la technique, trois nouvelles acquisitions méritent d'être signalées : un gain significatif en 3-mercaptophexanol (3MH), en  $\beta$ -damascenone et en o-cresol dont la contribution sensorielle est négligeable. Le niveau supérieur en 3MH pourrait être lié à l'augmentation de la teneur des vins en acides aminés (Flanzy et al. 1989), qui en limitant le phénomène de répression catabolique de l'azote (Subileau et al. 2008) pourrait avoir favorisé l'hydrolyse des précurseurs. La différence de température de fermentation entre la macération carbonique après pressurage (18°C) et la vinification standard fermentée à 25°C pourrait également jouer un rôle.

Tableau 2 : résumé des impacts des techniques de macération sur une sélection de composés aromatiques analysés dans les vins en bouteille. Millésimes 2009-2010. <sup>a</sup>Le niveau dans les vins se réfère aux concentrations retrouvées et à leur positionnement par rapport au seuil de perception de la molécule. « = » autour du seuil de perception ; « > » 1 à 10 fois le seuil ; « >> » supérieur à 10 fois le seuil ; « < » de 0.1 à 1 fois le seuil ; « << » < 0.1 fois le seuil

<sup>b</sup> les chiffres mentionnés représentent des écarts significatifs moyens exprimés en pourcentage de variation par rapport au témoin lorsque des différences significatives sont observées entre les modalités au seuil de 5%.

Modalité / Composé aromatique	Descripteur	Niveaux dans les vins <sup>a</sup>	MPC	MPCSO	CARB	COURT	MPF
3-mercaptophexanol	pamplemousse	>	=	=	+117% <sup>b</sup>	=	=
2-furfurylthiol	café	>	=	+84%	=	=	=
Acide octanoïque	beurre	>>	+264%	=	=	=	=
Hexanoate d'éthyle	fruité	>>	+273%	=	=	=	+60%
Acétate d'éthyle	verniss	>>	+58%	+29%	+40%	+29%	+42%
Isobutanol	fusel	=	-42%	=	-46%	=	=
Citronellol	floral, rose	≤	-46%	-39%	+139%	=	=
α-terpinéol	floral, rose	<<	+78%	+109%	=	=	=
β-damascenone	exhausteur du fruité, prune	>	-19%	-22%	+21%	+19%	=
o-cresol	pharmaceutique	<<	-60%	-49%	+23%	+22%	+24%
Guaiacol	fumé	<	+210%	+225%	=	=	=
Eugenol	clou de girofle	=	=	=	+192%	=	=
Cinnamate d'éthyle	floral	≥	=	=	+970%	=	=
Vanillate d'éthyle	vanille	<	-64%	-62%	=	=	=

Le chauffage de la vendange modifie sensiblement la composition aromatique des vins en bouteille. Sur les modalités MPC et MPCSO, un effet dépréciatif est mis en évidence sur plusieurs composés aromatiques comme la β-damascenone, le citronellol, l'o-cresol, le vanillate d'éthyle et le cinnamate d'éthyle. Pour les composés où un précurseur glycosidique a été reporté, cette diminution peut s'expliquer par la destruction thermique de l'activité β-glucosidase par dénaturation. Les concentrations supérieures en α-terpineol, produit de dégradation connu du

citronelol et du geraniol (Maicas and Mateo 2005) et en gäiacol soutiennent l'hypothèse d'une dégradation des terpénols et des composés phénoliques sous l'effet de la chaleur. Le seuil de perception de l' $\alpha$ -terpinéol étant supérieur à celui du citronellole et du gäeraniol, la perception globale des terpénols s'en trouve pénalisée. La diminution de la concentration des vins en  $\beta$ -damascenone mérite quelques commentaires, puisque des études réalisées sur des vins de Merlot et sur Sochu, un alcool de pomme de terre japonais, ont mis en évidence qu'un chauffage modéré ou à travers la distillation favorisait la production de  $\beta$ -damascenone (Kotseridis et al. 1999, Yoshozaki et al. 2011). Dans le cas des traitements MPC et MPCSO, le chauffage est réalisé avant le début de la fermentation alcoolique sans présence d'éthanol dans le milieu. Or des travaux résumés dans un article de revue (Mendes-Pinot 2009) montrent que la formation de la  $\beta$ -damascenone par dégradation thermique des caroténoïdes, nécessite la présence d'un solvant comme l'éthanol ou le benzène. Le chauffage de la vendange n'a aucun effet sur la concentration des vins en 3-mercaptohexanol (3MH) et son acétate, 4-mercapto-4-méthyl-2-pentanone (4MMP) même si un gain aurait pu être attendu compte tenu de la modification en azote aminé induite par le chauffage (Subileau et al. 2008). Ceci suggère une possible dégradation des précurseurs des thiols variétaux sous l'effet de la chaleur.

La modalité PHTL possède une composition aromatique singulière, imputable au fait que la fermentation a été réalisée en phase liquide à relativement basse température et sur un moût clarifié riche en azote assimilable. Les vins possèdent les concentrations les plus élevées en esters, en acétates et en acides gras (Moreno et al. 1988) et les teneurs les plus faibles en alcool de fusel. Un gain significatif en 2-furfurylthiol, responsable de notes de café intenses, est observé sur la modalité MPCSO.

## 1.2 Impact des techniques sur le profil sensoriel des vins

Les techniques de macération testées impactent de manière significative 8 des 15 descripteurs sensoriels (Tableau 3). A la dégustation, les vins notés les plus aromatiques au nez sont ceux des modalités MPC et CARB en lien avec les niveaux élevés de cinnamate d'éthyle et d'esters retrouvés. Les vins MPC se caractérisent par de faibles arômes végétaux, des notes fermentaires et lactées soutenues. Le côté "yaourt", typique des vins élaborés par thermotraitement, est la conséquence des teneurs élevées en acides gras (butyrique, hexanoïque, octanoïque et décanoïque) mis en évidence précédemment. En bouche, les vins sont jugés plus gras et avec plus de sucrosité que les vins témoin. Cette perception de douceur est la conséquence d'une importante extraction de polysaccharides sous l'action de la chaleur (Doco et al. 2007). En accord avec les valeurs analytiques d'IPT mesurées, les vins de macération carbonique sont notés moins astringents, ceux de MPCSO plus tanniques. Les vins des modalités COURT et MPF possèdent un profil aromatique proche de ceux des vinifications témoin (TEM).

Tableau 3 : descripteurs sensoriels impactés de manière significative au seuil de 5% par les techniques de macération. Millésimes 2009-2010. <sup>a</sup> Les chiffres mentionnés représentent les écarts moyens significatifs de note sur cinq observés.

Modalité / descripteurs	MPC	MPCSO	CARB	COURT	MPF
Intensité aromatique (nez)	+0.32 <sup>a</sup>	=	+0.53	=	=
Fermentaire	+1.61	+0.33	+0.60	=	=
Végétal	-0.24	=	=	=	=
Lacté	+0.56	=	=	=	=
Gras	+0.38	=	=	=	=
Sucrosité	+0.52	=	=	=	=
Astringence	=	+0.21	-0.82	=	=
Intensité aromatique (bouche)	+0.41	=	=	=	=

L'observation plus fine des données sensorielles par cépage, montre que la macération préfermentaire à froid réalisée sur cépage Grenache, au-delà de toute considération analytique, peut s'avérer particulièrement intéressante afin de renforcer les notes épicées caractéristiques des vins de cépage. Sur les vins de Fer Servadou, les cinq techniques de macération permettent d'atténuer le caractère végétal des vins en comparaison à la vinification témoin. La macération carbonique réussit très bien aux vins de Carignan dont le profil aromatique s'avère particulièrement complexe.

### Conclusion et perspectives

Les essais réalisés en 2009 et 2010 ont permis de caractériser finement les vins élaborés selon cinq techniques de macération. La macération carbonique et la macération préfermentaire à chaud suivie d'une vinification en phase liquide, possèdent l'impact le plus fort sur le profil sensoriel des vins, alors que la macération courte et préfermentaire à froid ont un effet limité. Au vu de ces résultats, les essais mis en œuvre en 2011 au cours de la dernière année du projet, se sont recentrés sur ces deux techniques. En ce qui concerne la macération préfermentaire à chaud, deux niveaux de turbidité des moûts après débouillage (150 et 800 NTU) et de température de fermentation (18 et 25 °C) ont été évalués sur les trois cépages, afin d'essayer de moduler la palette aromatique des vins de « thermo ». Compte tenu des phénomènes de dégradation observés lors du chauffage à 70°C de la vendange, une température moindre de 50°C a été expérimentée en 2011. Les techniques de thermotraitement de la vendange étant souvent mises en œuvre sur des raisins de qualité sanitaire irréprochable sans activité laccase, ce domaine de température de chauffage mérite aujourd'hui d'être retesté au vu des résultats obtenus. Ce

nouveau champ d'exploration pourrait permettre de varier la palette aromatique des vins issus de thermotraitement en favorisant certains arômes variétaux comme les thiols par exemple.

*"VINAROMAS est un projet de coopération transfrontalière entre la France et l'Espagne, financé par l'UE dans le cadre du programme Européen de coopération territoriale (POCTEFA), visant à renforcer l'intégration économique et sociale de la zone frontalière Espagne-France-Andorre."*

### Références bibliographiques

Beelman, R.B. and Mcardle, F.J. (1974) Influence of carbonic maceration on acid reduction and quality of a Pennsylvania dry red table wine. *American Journal of Enology and Viticulture* 25, 219-221.

Bell, S-J. and Henschke, P.A. (2005) Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 11, 242–295.

Cottureau, P. and Desseigne, J.M. (2007) Chauffage de la vendange et arômes fruités. Actes des entretiens vitivinicoles Rhône-Méditerranée, Narbonne pp. 20-22.

Doco, T., Williams, P. and Cheynier, V. (2007) Effect of flash release and pectinolytic enzyme treatments on wine polysaccharide composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 6643-6649.

Ducruet, V. (1984) Comparison of the headspace volatiles of carbonic maceration and traditional wine. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Journal* 17, 217-221

Ferreira, V., Fernandez, P. and Cacho, J. (1996) A study of factors affecting wine volatile composition and its application in discriminant analysis. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Journal* 29, 251-259.

Flanzy, M., Benard, P. and Flanzy, C. (1987) La vinification par macération carbonique (Quae: Versailles).

Gardner, D.M., Zoeklein, B.W. and Mallikarjunan, K. (2011) Electronic nose analysis of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grape and wine volatile. Differences during cold soak and postfermentation. *American Journal of Enology and Viticulture* 62, 81-90.

Girard, B., Kopt, T.G. and Reynolds, A.G. (1997) Influence of vinification treatments on aroma constituents and sensory descriptors of Pinot noir wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 48, 198-206.

Kotseridis, Y., Baumes, R.L. and Skouroumounis, G.K. (1999) Quantitative determination of free and hydrolytically liberated  $\beta$ -damascenone in red grapes and wines using a stable isotope dilution assay. *Journal of Chromatography A* 849, 245-254.

Maicas, S. and Mateo, J.J. (2005) Hydrolysis of terpenyl glycosides in grape juice and other fruit juices: a review. *Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* 67, 322–335.

Mendes-Pinot, M.M. 2009. Carotenoid breakdown products the norisoprenoids in wine aroma. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 483, 236–245.

Mouret, J.C., Nicolle, P., Angenieux, M., Aguera, E., Perez, M. and Sablayrolles, J.M. (2010) On line measurement of 'quality markers' during winemaking fermentation. Congrès International Intervitis Interfructa. Stuttgart, Allemagne.

Moreno, J., Median, M. and Garcia, M.D. (1988) Optimization of the fermentation conditions of musts from Pedro Ximénez grapes grown in Southern Spain. Production of higher alcohols and esters. *South African Journal of Enology and Viticulture* 9, 16-20.

Poux, C. (1974) Chauffage de la vendange et composés azotés. *Industries Alimentaires et Agricoles* 91, 335-340.

Roujou de Boubée, D. (2000) Recherche sur la 2-méthoxy-3-isobutylpyrazine dans les raisins et les vins. Approches analytique, biologique et agronomique. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 2. 170 pp.

Sacchi, K.L., Bisson, L.F. and Adams, D.O. (2005) A Review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 56, 197-206.

Singleton, V.L. and Trousdale, E.K. (1992) Anthocyanin-tannin interactions explaining differences in polymeric phenols between white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 43, 63-70

Subileau, M., Schneider, R., Salmon, J.M. and Degryse, E. (2008) Nitrogen catabolite repression modulates the production of aromatic thiols characteristic of Sauvignon Blanc at the level of precursor transport. *FEMS Yeast Research* 8, 771–780.

Yoshizaki, Y., Takamine, K., Shimada, S., Uchihori, K., Okutsu, K., Tamaki, H., Ito, K. and Sameshima, Y. (2011) The formation of  $\beta$ -damascenone in sweet potato Shochu. *Journal of the Institute of Brewing* 117, 217-223.