J. Int. Sci. Vigne Vin, 1997, **31**, n°2, 93-98

PREMIERS ESSAIS SUR UN ÉVENTUEL PRODUIT DE REMPLACEMENT DU DIOXYDE DE SOUFRE EN VINIFICATION

FIRST RESULTS ABOUT USE OF A POSSIBLE SUBSTITUTION PRODUCT FOR SULFUR DIOXIDE IN WINE MAKING

Laurence MARCILLAUD et B. DONECHE

Faculté d'Œnologie / Unité Associée, Université Victor Ségalen Bordeaux 2 / I.N.R.A.,
351, cours de la Libération, 33405 Talence cedex (France)
Email : œnobioc@hippocrate.u-bordeaux2.fr

Résumé : L'extrait végétal DF100, issu de pamplemousse (*Citrus paradisi sp.*), possède des propriétés anti-microbiennes et anti-oxydantes. Les premiers essais réalisés montrent que son activité anti-microbienne est suffisante pour assurer la stabilité microbiologique des vins secs. Seule son utilisation à forte dose pour le mutage des vins blancs doux provoque des déviations organoleptiques. D'autres recherches sont nécessaires pour préciser son action antioxydante.

Summary : Plant extract DF100, produced by Chemie Research and Manufacturing Co. (Casselberry, Florida - U.S.A.) from wastes of grapefruit (*Citrus paradisi sp.*) juice elaboration, presents anti-microbial and anti-oxydant properties. First experiments to use it to substitute sulfur dioxide in wine-making have been realized during two years.
When DF100 is added in must at low level (less than 1 g/l), it does not influence growth and activity of yeasts. Wines obtained only differ on several fermentation secondary products as propanediol. This compound is allways more produced in the presence of DF100.
Phenolic composition of red wines is weakly modified. Lowest anthocyanin extraction is balanced by a greater color, resulting from a higher ionization degree without sulfur dioxide.
Plant extract ensures a good protective effect against bacterial alterations during wine ageing in wood casks.
For highest concentrations, especially for stopping fermentation to obtain natural sweet white wines, plant extract leads to organoleptic deviations in color and taste.
It is necessary to follow study on this plant extract and to develop new preparation with a more purified and colourless product, hoping that toxicological studies will demonstrate its harmlessness.

Mots clés : vinification, dioxyde de soufre, extrait végétal, vin rouge, vin blanc sec, vin blanc liquoreux, composition chimique.

Key words : wine making, sulfur dioxide, plant extract, red wine, dry white wine, sweet white wine, chemical composition.

INTRODUCTION

Principal produit de conservation utilisé depuis plus d'un siècle, le dioxyde de soufre (SO_2) présente de nombreux avantages. D'une mise en œuvre facile et économique sous ses différentes formes, le dioxyde de soufre possède une activité anti-microbienne (contre les levures et les bactéries), une activité anti-oxydante double (réaction directe avec l'oxygène de l'air et inactivation des activités oxydasiques) et la propriété de supprimer le caractère éventé des vins par combinaison de l'acétaldéhyde.

Les progrès réalisés dans la connaissance œnologique ont permis, grâce à une meilleure maîtrise des conditions de vinification (hygiène et protection contre l'oxydation), de réduire les doses moyennes de dioxyde de soufre dans les vins. D'après une enquête systématique réalisée par les services de la Chambre d'Agriculture de la Gironde (France), cette baisse est d'environ 60 mg/l de dioxyde de soufre total dans les vins blancs secs en 25 ans. Cette tendance est accueillie favorablement par les hygiénistes mais pourrait avoir pour corollaire un abaissement des limites maximales autorisées par la réglementation européenne, ce qui risquerait de poser certains problèmes œnologiques.

Or, il est admis que certaines pratiques œnologiques (surmaturation naturelle ou provoquée par *Botrytis cinerea*, élevage en barriques) exigent des teneurs

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

importantes en dioxyde de soufre. Les moûts issus de raisins botrytisés renferment par exemple une quantité plus ou moins grande de substances susceptibles de combiner le dioxyde de soufre (BLOUIN, 1966; GUILLOU, 1996). La stabilisation biologique des vins obtenus nécessite parfois des doses importantes de dioxyde de soufre total pour assurer une teneur minimale en produit libre et seul actif vis-à-vis des microorganismes.

Jusqu'à ce jour, aucun produit n'a pu véritablement remplacer le dioxyde de soufre. La réglementation européenne autorise l'utilisation des acides sorbique et ascorbique pour augmenter respectivement le pouvoir anti-microbien et le pouvoir anti-oxydant du dioxyde de soufre. Les autres produits expérimentés ont été abandonnés en raison de leur toxicité (pyrocarbonate d'éthyle, acide peracétique...) ou à cause des déviations organoleptiques qu'ils provoquent (gallate d'octyle, vitamine K5 et acides gras en C_8 et C_{10}). Seule la pimaricine, déja autorisée dans certaines productions alimentaires, a fait l'objet d'une étude œnologique approfondie (BLOUIN, 1993). Ce produit, fongistatique efficace et autodégradable, ne possède cependant aucune activité anti-oxydante.

A la différence de la pimaricine, l'extrait végétal DF100, élaboré par la société Chemie Research and Manufacturing Co (Casselberry, Florida - USA), présente à la fois des activités anti-microbienne et anti-oxydante (HARICH, 1982). Il s'agit d'un extrait de pulpe, zeste et pépins de pamplemousse (*Citrus paradisi sp.*) renfermant, outre le solvant d'extraction (glycérol à 50 p. cent), différentes molécules de flavanoïdes, stéroïdes et de composés azotés.

Cette préparation a été initialement développée comme produit de désinfection dans les industries agro-alimentaires. Elle est à ce titre autorisée dans de nombreux pays d'Amérique, d'Asie et d'Europe du nord. Plus récemment, ce produit a fait l'objet d'une demande d'utilisation comme additif alimentaire (F.D.A. Petition n° 9A4713, source : Chemie Research and Manufacturing Co) aux U.S.A et dans divers autres pays.

Le présent travail a pour but de juger des possibilités de remplacement du dioxyde de soufre, en partie ou en totalité, par l'extrait végétal DF100 dans l'élaboration des vins.

Dans cette phase préliminaire d'expérimentation, les résultats portent sur de faibles volumes des principaux types de vins de Bordeaux: rouge, blanc sec et blanc doux.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I — VINIFICATION EN ROUGE

Un lot homogène de vendange saine de cépage Cabernet-Sauvignon, ensemencé avec des levures sèches actives (F10 : 15 g/hl), a été réparti dans deux cuves de 5 hl, l'une recevant une addition de dioxyde de soufre (témoin : 5 g/hl), l'autre étant traitée avec du DF100 (traité : 10 g/hl). A l'issue de la fermentation alcoolique, les vins témoin et traité ont été écoulés en barriques. Après fermentation malolactique, le vin témoin a été stabilisé avec du dioxyde de soufre (3 g/hl), tandis que le vin traité recevait une addition de DF100 à la dose de 10 g/hl.

II — VINIFICATION EN BLANC SEC

Un moût issu de raisins sains de cépage Sémillon a été débourbé à froid (turbidité voisine de 150 NTU) avant d'être séparé en deux lots recevant soit une addition de dioxyde de soufre (témoin : 5 g/hl), soit une addition de DF100 (traité : 10 g/hl). La fermentation s'est déroulée en barriques neuves, après ensemencement à l'aide de levures sèches actives (KD : 10 g/hl). Les vins ont ensuite été soutirés et élevés sur lies fines avec batonnages réguliers, après addition de dioxyde de soufre (témoin : 5 g/hl) ou de DF100 (traité : 10 g/hl).

III — VINIFICATION EN BLANC DOUX

Les expérimentations ont été réalisées à partir de moûts issus de raisins botrytisés de cépage Sémillon.

Un premier lot homogène de moût a été réparti dans deux barriques, l'une recevant une addition de dioxyde de soufre (témoin : 5 g/hl), l'autre étant traitée avec du DF100 (traité : 10 g/hl), et ensemencé avec des levures sèches actives (BRG : 15 g/hl). La fermentation alcoolique a été stoppée par mutage à l'aide soit de dioxyde de soufre (témoin : 27,5 g/hl), soit de DF100 (traité : 200 g/hl). Après dépôt des levures mortes, les vins ont été clarifiés par simple soutirage et conservés en fûts.

Un autre lot a subi la fermentation alcoolique en cuve après ensemencement avec des levures sèches actives (BRG : 10 g/hl). Lorsque le titre alcoométrique acquis a atteint 14,5 p. cent volume, la cuve a été refroidie à une température de 8 °C. Le mutage a été réalisé, après soutirage, selon différentes modalités :

- dioxyde de soufre à 20 g/hl ;
- DF100 à 200 g/hl ;
- ou traitement thermique pendant 30 mn à 48°C suivi de l'addition de dioxyde de soufre ou de DF100, seuls ou en mélanges de proportions variables.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

IV — ANALYSES

Pendant les fermentations, les populations microbiennes ont été déterminées par ensemencement de mileux gélosés à l'aide de suspensions-dilutions dans l'eau stérile et comptage des colonies formées après incubation (JOYEUX, 1983).

Les vins obtenus ont été soumis à l'analyse classique et à diverses déterminations spécifiques. Ainsi, le dosage des produits secondaires fixes et volatils des fermentations a été réalisé par méthode enzymatique (BERGMEYER, 1974) et par chromatographie en phase gazeuse (BERTRAND, 1975). Les constituants phénoliques des vins rouges ont été analysés selon les méthodes décrites par GLORIES (1984).

RÉSULTATS

I — VINIFICATION EN ROUGE

Le suivi de la fermentation alcoolique montre que le DF100, appliqué sur la vendange à la dose de 10 g/hl, n'a pas d'influence sur la multiplication et le rendement fermentaire des levures (figure 1). En effet, il n'y a pas de différence significative entre les titres alcoométriques obtenus (vin témoin : 11,9 p. cent volume, vin traité: 12,0 p. cent volume).

La fermentation malolactique s'est déclenchée rapidement après l'écoulage (figure 2). Le développement de la population bactérienne a présenté un retard de 5 jours environ en présence de DF100. Mais la densité de cette population est restée importante plus longtemps que dans le témoin; en conséquence, la dégradation de l'acide malique s'est achevée en même temps dans les deux cas.

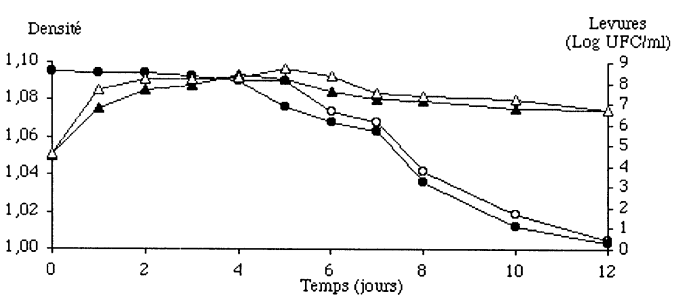


Fig. 1 — Influence du DF 100 sur la consommation des sucres (●) et les populations de levures (▲) lors de la vinification en rouge en précense de dioxyde de soufre (symboles vides) ou d'extrait végétal DF 100 (symboles pleins)

Figure 1 — DF100 incidence on sugar consommation (▲) and yeast populations (●) for red wines maked with sulfur dioxide (empty symbols) or with DF100 vegetal extract (full symbols)

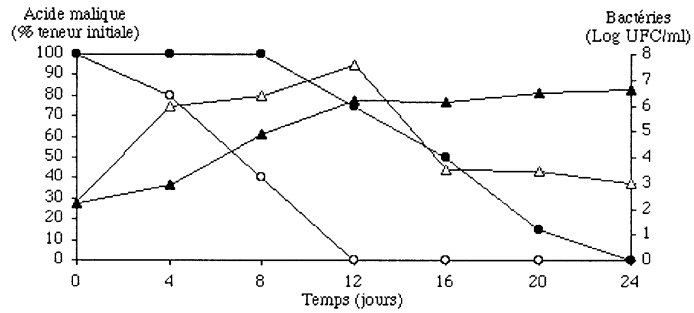


Fig. 2 — Influence du DF 100 sur la dégradation de l'acide malique (●) et les populations bactériennes (▲) au cours de la vinification en rouge en présence de dioxyde de soufre (symboles vides) ou d'extrait végétal DF100 (symboles pleins).

Figure 2 — DF100 incidence on malic acid degradation (●) and bacteria population (▲) for red wines making with sulfur dioxyide (empty symbols) or DF100 plant extract (full symbols).

Nous n'avons pas observé d'augmentation significative de l'acidité volatile (vin témoin : 0,27 g H_2SO_4/l, vin traité : 0,33 g H_2SO_4/l). Cependant, la fermentation malolactique plus lente dans l'essai a entraîné une production plus importante de certaines molécules (propanediol, succinate d'éthyle). Inversement, le vin témoin renferme plus d'acétaldéhyde et de méthyl-3-butan-1-ol.

L'analyse détaillée de la composition phénolique des vins obtenus montre qu'il existe certaines différences entre le témoin et l'essai (tableau I). Il apparaît nettement que l'intensité colorante (somme des composantes jaune, rouge et mauve de la couleur) est plus importante dans l'essai que dans le témoin. Ce phénomène ne correspond pas à une extraction plus importante des anthocyanes mais à leur coloration plus forte en absence de dioxyde de soufre, comme le montrent les résultats obtenus pour les quantités d'anthocyanes et leur degré d'ionisation. Il existe peu de différence au niveau des tanins. On peut simplement constater que les formes faiblement combinées, notées AT, sont proportionnellement plus importantes dans le vin traité au DF100. Ceci est susceptible d'entraîner une évolution différente de la couleur au cours de l'élevage.

II — VINIFICATION EN BLANC SEC

Comme dans le cas de l'élaboration de vin rouge, le DF100 n'a pas perturbé le bon déroulement de la fermentation alcoolique. En effet, celle-ci s'est achevée après 21 jours pour le témoin et l'essai traité au DF100. Le degré alcoolique final montre que l'extrait végétal n'influe pas sur le rendement en alcool des levures (tableau II).

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU I

Comparaison de la constitution phénolique des vins rouges obtenus en présence de dioxyde de soufre ou de l'extrait végétal DF100 (analyses effectuées après la fermentation malolactique selon les méthodes décrites par GLORIES, 1984)

Table I — Changes in phenolic composition of red wines obtained with sulfur dioxide treatment or DF100 plant extract addition (results from analysis after malolactic fermentation according to the technics described by GLORIES, 1984)

	vin témoin (SO_2)	Vin traité (DF100)
pH	3,5	3,6
Dioxyde de soufre libre (mg/l)	20	-
Indice D 280	36	35
Tanins L.A. (g/l)	1,6	1,6
Tanins corr. (g/l)	1,2	1,2
Indice HCl (%)	6	11
Indice éthanol (%)	3	5
Indice dialyse (%)	24	23
Indice gélatine (%)	55	52
Anthocyanes (mg/l)	359	272
Indice PVP (%)	24	27
Indice ionisation (%)	14	26
Intensité colorante	0,569	0,719
Teinte	0,71	0,73
d420 (%)	37	37
d520 (%)	52	51
d620 (%)	11	12
dA (%)	53	52
Densité optique à 520 nm	0,295	0,368
dAl (%)	35	32,3
dAT (%)	16,1	25,4
dTAT (%)	48,9	42,3

Il n'existe pas de différence significative au niveau des produits secondaires du métabolisme levurien, à l'exception d'une accumulation plus importante de propanediol dans le vin traité au DF100. Ce phénomène, déja observé dans le cas du vin rouge, n'est pas dû, comme nous l'avons vérifié, à un apport de propanediol par l'extrait végétal. De telles concentrations sont cependant sans incidence sur les caractères organoleptiques des vins traités.

Après deux mois d'élevage, la densité optique à 420 nm (couleur jaune) est identique pour les deux

TABLEAU II

Principales caractéristiques chimiques des vins blancs secs obtenus en présence de dioxyde de soufre ou de l'extrait végétal DF100, après 2 mois d'élevage en barrique

Table II — Main chemical characteristics of dry white wines obtained with sulfur dioxide or DF100 plant extract treatment after 2 months ageing in wood cask

	Vin témoin (SO_2)	Vin traité (DF100)
Titre alcoométrique (% volume)	12,5	12,7
Acidité totale (g H_2SO_4/l)	4,6	4,5
Acidité volatile (g H_2SO_4/l)	0,37	0,36
Dioxyde de soufre libre (mg/l)	39	—
Densité optique à 420 nm	0,182	0,184

vins, témoin et traité. L'absence de dioxyde de soufre n'a pas provoqué l'oxydation des composés phénoliques au cours de cet élevage. Ce résultat peut s'expliquer soit par la stabilité à l'égard de l'oxygène du vin utilisé, soit par une bonne activité antioxydante du DF100 à faible dose (100 mg/l).

III — VINIFICATION EN BLANC DOUX

Une première expérimentation a été réalisée sur un lot homogène de moût botrytisé réparti dans deux barriques, l'une recevant une addition de dioxyde de soufre (témoin : 5 g/hl), l'autre étant traitée avec du DF100 (traité : 10 g/hl), et ensemencé avec des levures sèches actives (BRG : 15 g/hl). Comme dans le cas de l'élaboration des vins secs, nous avons constaté que l'addition préalable de DF100 ne perturbe pas le déroulement de la fermentation alcoolique.

L'arrêt de la fermentation par mutage selon la méthode classique (addition de dioxyde de soufre à la dose de 275 mg/l) provoque une diminution rapide du nombre de levures vivantes (tableau III). Par contre, lorsque cette opération est réalisée avec le DF100, à la dose de 2 g/l, la mort des levures est moins brutale et une population relativement importante survit pendant plus de 10 jours.

Les vins obtenus ne diffèrent pas par leur acidité volatile et leur équilibre sucres/alcool. Une différence significative porte sur le propanediol, dont la formation plus importante dans le vin traité au DF100 entraîne une augmentation des composés acétoïniques, sans

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

incidence sur les caractères organoleptiques (tableau IV). Inversement la formation d'acétaldéhyde est moins importante lors du traitement avec le DF100. Ce résultat devra être confirmé mais on peut supposer, d'après les travaux de LAFON-LAFOURCADE (1985), que l'acétaldéhyde n'étant pas bloqué par combinaison avec le dioxyde de soufre, il est vraisemblablement réduit par les levures en phase de déclin.

Le vin traité avec une dose importante d'extrait végétal (2 g/l) a une couleur jaune plus soutenue, comme l'indique la mesure de la densité optique à 420 nm. Cela résulte de la coloration propre du DF100 et/ou de l'oxydation de certains composés présents dans cet extrait végétal.

Compte tenu de ces premiers résultats, il nous a paru nécessaire de rechercher des conditions de mutage permettant de réduire la dose de DF100, et ses conséquences sur la couleur du vin. C'est dans ce but qu'une deuxième expérimentation a été réalisée en cuve selon les conditions précédemment citées.

Nous avons pu constater que le traitement préalable par le froid entraîne une sédimentation rapide des levures au point que, 4 jours après le mutage, il n'a pas été possible de détecter des levures viables dans les différents essais Lorsqu'on combine cette sédimentation rapide avec un traitement par la chaleur, le mutage peut être obtenu avec une dose réduite de DF100 (0,5 g/l), seul ou en combinaison avec de faibles quantités de dioxyde de soufre. Les vins obtenus ne diffèrent pas significativement dans leurs teneurs en sucres et en acidité volatile (tableau V). Le traitement thermique est cependant difficilement envisageable dans tous les cas, notamment lorsqu'il s'agit de vins issus de raisins botrytisés très concentrés.

TABLEAU III

Comparaison de l'efficacité du dioxyde de soufre et de l'extrait végétal DF100 pour le mutage des vins blancs liquoreux

Table III — Compared efficacity of sulfur dioxide and DF100 plant extract for stopping alcoholic fermentation of natural sweet white wines

Temps (jours)	Levures viables (en % de la population initiale)	
	Vin témoin (SO_2)	Vin traité (DF100)
0	100,0	100,0
5	80,0	92,5
10	62,9	85,0
15	25,7	72,5
20	0	57,5
25	0	42,5
30	0	0

TABLEAU IV

Principales caractéristiques chimiques des vins blancs liquoreux obtenus après mutage au dioxyde de soufre ou avec l'extrait végétal DF100, après 2 mois d'élevage en barrique

Table IV — Main chemical characteristics of natural sweet white wines obtained by stopping alcoholic fermentation with sulfur dioxide or plant extract DF100, after 2 months of ageing in wood cask

	Vin témoin (SO_2)	Vin traité (DF100)
Densité optique à 420 nm	0,490	0,695
Acide pyruvique (mg/l)	13,3	11,5
Acétaldéhyde (mg/l)	64,6	37,1
Somme des composés acétoïniques (mg/l)	439,5	558,3
dont propanediol	25,1	128,5
Somme des alcools supérieurs (mg/l)	349,3	359,6
Somme des esters (mg/l)	64,4	71,3
Somme des acides volatils (mg/l)	11,2	11,7

TABLEAU V

Comparaison de l'effet de différentes modalités de mutage sur la stabilité des vins blancs liquoreux, après 1 mois d'élevage en barrique

Table V — Effects of different conditions for stopping the alcoholic fermentation on the stability of natural sweet white wines after 1 month ageing in wood cask

Conditions de mutage	Sucres (g/l)	Acidité volatile (g H_2SO_4/l)	Densité optique à 420 nm
Témoins :			
Dioxyde de soufre 200 mg/l	83,1	0,53	0,420
DF100 2 g/l	83,2	0,54	0,668
Traitement thermique 30 mn à 48 °C			
DF100 0,5 g/l	84,1	0,52	0,610
+ dioxyde de soufre 60 mg/l	85,4	0,53	0,598
+ dioxyde de soufre 100 mg/l	84,6	0,52	0,556

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Même à la dose de 0,5 g/l, l'addition de DF100 augmente la couleur jaune, qui est nettement supérieure à celle du vin classiquement traité avec le dioxyde de soufre (tableau V). Cette augmentation est limitée par addition simultanée d'une faible quantité de dioxyde de soufre. On peut ainsi supposer que le dioxyde de soufre protège de l'oxydation certaines molécules labiles contenues dans l'extrait végétal.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Le dioxyde de soufre demeure le principal produit de conservation des vins. Les recherches antérieures ont montré qu'il est difficile de lui trouver un produit de substitution présentant les mêmes avantages, notamment son efficacité anti-microbienne et antioxydante. D'après les premiers résultats obtenus, l'extrait végétal DF100 paraît répondre à certaines de ces exigences.

En effet, le produit possède une activité anti-microbienne certaine. Même à faible dose (100 mg/l), il empêche toute déviation bactérienne pouvant provoquer une augmentation de l'acidité volatile. Pour ces faibles concentrations, il n'inhibe pas la multiplication levurienne. Sa présence ne perturbe que faiblement le métabolisme de la levure. Ainsi l'accumulation plus importante de propanediol n'a pas d'incidence organoleptique. Ce produit semble donc capable d'assurer la stabiliité microbiologique des vins secs.

Il est nécessaire d'utiliser de fortes concentrations en extrait végétal pour obtenir le mutage direct des vins blancs doux. En présence de DF100 à la dose de 2 g/l et en absence de tout traitement physique, un pourcentage important de levures restent viables pendant plus de 15 jours avant de sédimenter. Ce phénomène n'est pas dangereux dans la mesure où le produit exerce un effet fongistatique sur les levures, bloquant leur métabolisme et les empêchant de se multiplier.

Mais l'utilisation de fortes concentrations en DF100 entraîne des modifications des caractères organoleptiques des vins (odeur particulière et surtout couleur plus soutenue). La combinaison de DF100 avec une dose réduite de dioxyde de soufre permet de limiter l'augmentation de la couleur. Il existe effectivement dans cet extrait des composés facilement oxydables. Ainsi, au laboratoire, nous avons pu éliminer ces molécules en extrayant par le chloroforme le principe actif aux propriétés anti-microbiennes. Mais il est nécessaire de réaliser une étude approfondie de l'action antioxydante de cet extrait végétal, brut ou partiellement purifié, notamment pour juger de son éventuel effet à l'égard des oxydases du raisin sain et surtout du raisin parasité par *Botrytis cinerea*.

Enfin, en vinification en rouge, le DF100 ne modifie pas profondément la constitution phénolique. La plus faible extraction des anthocyanes est compensée par une coloration plus importante de ces molécules en absence de dioxyde de soufre. Il reste cependant à juger de la stabilité de la couleur obtenue au cours du temps, le DF100 modifiant en partie les combinaisons tanins-anthocyanes (GLORIES, 1984).

Remerciements : Ce travail a été réalisé avec le soutien financier du Conseil Régional d'Aquitaine et de la Société Chemie Research and Manufacturing Co (Casselberry, Florida-USA). Nous tenons à remercier vivement les responsables des entreprises vinicoles et les œnologues, et tout particulièrement MM. Massieu et Sanchez, sans qui ces essais n'auraient pas pu être réalisés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERGMEYER H.U., 1974. *Methods of enzymatic analysis*. Verlag Chemie Weinhem ed., Academic Press, New York.

BERTRAND A., 1975. Recherches sur l'analyse des vins par chromatographie en phase gazeuse. *Thèse Doctorat ès Sciences*, Université Bordeaux II.

BLOUIN J., 1966. Contribution à l'étude des combinaisons de l'anhydride sulfureux dans les moûts et les vins. *Thèse de Docteur-Ingénieur*, Université de Bordeaux.

BLOUIN J., 1993. Le SO_2 : Qu'en savons-nous en 1993 ? *C.R. Journée technique du CIVB*, Bordeaux, 21 janvier 1993.

GLORIES Y., 1984. La couleur des vins rouges. II: mesure, origine et interprétation. *Connaissance Vigne Vin*, **18**, n°4, 253-271.

GUILLOU I., 1996. Etude de substances de faible poids moléculaire combinant le dioxyde de soufre dans les vins blancs issus de vendanges botrytisées - Mise en évidence et importance du rôle de l'hydroxypropanedial. *Thèse de Doctorat*, Université de Bordeaux II.

HARICH J., 1982. DF100 U.S. Patent N° 1-354-818, F.D.A. n° R-0013982.

JOYEUX A., 1983. Analyse microbiologique des raisins, des moûts et des vins - Application à l'étude des bactéries acétiques. *Thèse de Doctorat d'Université*, Université de Bordeaux II.

LAFON-LAFOURCADE S., 1985. Rôle des microorganismes dans la formation de substances combinant le SO_2. *Bull. O.I.V.*, **652-653**, 590-604.

Manuscrit reçu le 16 mai 1997 ;
accepté pour publication le 27 juin 1997.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)