J. Int. Sci. Vigne Vin, 1996, **30**, n°3, 133-150

INCIDENCE D'UNE PROTECTION VITICOLE ANTICRYPTOGAMIQUE UTILISANT UNE FORMULATION CUPRIQUE SUR LE NIVEAU DE MATURITÉ DES RAISINS ET L'ARÔME VARIÉTAL DES VINS DE SAUVIGNON

(BILAN DE TROIS ANNÉES D'EXPÉRIMENTATION)

INCIDENCE OF A VINE PROTECTION USING A COMMERCIAL FORMULA OF BORDEAUX MIXTURE ON THE SAUVIGNON GRAPES MATURITY AND THE WINES VARIETAL AROMA

(RESULTS OF A 3-YEAR STUDY)

Efimia HATZIDIMITRIOU*, Patricia BOUCHILLOUX*, Ph. DARRIET*, Y. BUGARET**, M. CLERJEAU**, C. POUPOT*, B. MEDINA*** et D. DUBOURDIEU*

*Faculté d'Œnologie, Université de Bordeaux II, 351, cours de la Libération, 33405 Talence cedex (France)
**INRA, Domaine de la Grande Ferrade, 33140 Villenave d'Ornon (France)
***D.G.C.C.R.F., 351, cours de la Libération, 33405 Talence cedex (France)

Résumé : L'incidence des modalités de traitements phytosanitaires, utilisant une formulation commerciale de bouillie bordelaise ou un fongicide organique, sur la composition des raisins et l'arôme variétal des vins de Sauvignon, a été étudiée plusieurs années consécutives dans trois sites de la région bordelaise (Entre-deux-Mers, Graves, Médoc). Pour une même dose d'application de bouillie bordelaise, des variations importantes dans la teneur en résidus de cuivre des jus de raisins sont constatées en fonction du millésime et du positionnement des traitements. Le cuivre étant réactif avec les mercaptans (thiols), l'application de bouillie bordelaise dans une période située entre la fermeture de la grappe et la véraison, affecte la teneur en 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one, l'un des constituants de l'arôme variétal des vins de Sauvignon, ainsi que l'arôme variétal des vins de ce cépage à la dégustation. Par ailleurs, les traitements cupriques des vignes de Sauvignon dans la même période végétative, peuvent entraîner un retard dans l'accumulation des sucres des raisins, dont l'intensité semble dépendre du nombre d'applications cupriques, de leur positionnement ainsi que des conditions climatiques pendant la période des traitements.

Abstract : The incidence of cupric sprayings using a commercial formula of Bordeaux mixture (containing 20% of copper sulphate or an organic fungicide), on Sauvignon grapes composition and wines varietal aroma, has been studied in three areas of the Bordeaux region (Entre-deux-Mers, Graves, Médoc). Copper content has been noticed to increase in the clarified juices in all cases after these treatments, values ranging from 0,3 mg/l to 14,5 mg/l, whereas natural copper content did not exceed 0,4 mg/l. The value of residual copper by treatment was found to be significantly different from one year to the other (2 to 3,5 mg/l in 1993, 0,3 to 0,9 mg/l in 1994 and 0,7 to 0,9 mg/l in 1995) mainly due to the grapes composition and the different climatic conditions, whereas for the same year in the three different areas, this value was almost the same. The operation known as « skin contact » during which juices were left with their skins under CO_2 at 10°C, during 18 hours before pressing, was found to decrease copper content in the clarified juices from 60 p. cent to 80 p. cent, whereas immediate pressing of grapes led to a decrease of only 20 p. cent ; the combination of copper during skin contact with glutathione, which is present in Sauvignon grapes, is a possible explanation.
Under the ripening conditions of Bordeaux's oceanic temperate climate, we have noticed that even one single spray with a commercial formula of Bordeaux mixture at 3 000 g/ha, between the stage of closing of the cluster and the post-veraison, is sufficient to significantly reduce the content in 4-mercapto-4-methylpentan-2-one (4-MMP), a main component of the characteristic Sauvignon wines aroma. Increase of the introduced copper quantities in the must as well as of the number of applications, results in a greater reduction of the content in this thiol, as 4-MMP reacts with copper residues during alcoholic fermentation while its precursor is revealed into an aroma. Nevertheless, the experiments with a polymer that eliminates copper from the juice prior to alcoholic fermentation, showing in some cases no recovery in the wines 4-MMP content, lead us to the hypothesis that copper might as well intervene during ripening of the grapes, causing thus a limitation of the aroma's precursor synthesis. By the sensory analysis, Sauvignon wines produced from copper treated vines showed much less characteristic aroma than those pro-

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

duced from not treated vines (having nevertheless been protected by an organic fungicide) and were lower graded. While the average grade for the last ones was 7,9/10, this grade was lowered to 2,9/10 and to 2,8/10 for the samples produced after one and two or three vine's copper treatments respectively. Grapes sugar concentration can also be affected by the vine's cupric treatments. Throughout the 3-year study, differences in sugar concentration up to 40 g/l have been observed, especially concerning the treatments made between stages of closing of the cluster and veraison. Nevertheless, sugar content seems highly dependent on the number of cupric applications, the period of their application as well as climatic conditions during vine sprayings.

Mots-clés : Sauvignon, cuivre, 4-MMP, arôme variétal, chromatographie en phase gazeuse, vinification
Key-words : Sauvignon, copper, 4-MMP, varietal aroma, gas chromatography, vinification

INTRODUCTION

La protection des vignobles Européens au moyen de substances fongicides contre les maladies cryptogamiques, est depuis plus d'un siècle nécessaire au maintien d'une production des raisins de qualité. Cette protection a été exclusivement assurée jusqu'en 1950 par deux matières actives, le soufre et le cuivre, dont la préconisation permit au siècle dernier de sauver la viticulture européenne de l'oïdium (*Uncinula necator*) et du mildiou (*Plasmopara viticol*a). Aujourd'hui, de nombreuses formulations de fongicides organiques, généralement plus faciles d'emploi, ont été développées, de telle sorte que les viticulteurs ont à leur disposition, outre les produits traditionnels dont l'efficacité fongicide reste incontestée, une gamme élargie de matières actives pour lutter contre les champignons parasites de la vigne. Le choix des stratégies de traitement est donc devenu plus complexe ; il s'appuie essentiellement sur les connaissances épidémiologiques et sur l'efficacité des produits contre les maladies à combattre. D'un point de vue œnologique, de nombreuses études ont aussi été réalisées pour préciser l'incidence des modalités de traitements de la vigne sur les teneurs en résidus de fongicides dans les jus de raisins ou le vin (LEMPERLE, 1988, 1989 ; CABRAS *et al.*, 1987), sur le déroulement de la fermentation alcoolique (SAPIS-DOMERCQ *et al.*, 1976 et 1978; MINARIK, 1979) et éventuellement sur les défauts organoleptiques que pourraient provoquer l'emploi de certaines matières actives (RAUHUT, 1989 ; MAUJEAN *et al.*, 1993). Cependant, l'incidence des modalités de traitement de la vigne sur la maturation des raisins et l'arôme variétal des vins est un aspect, pourtant fort important de l'utilisation des fongicides, qui n'avait pas été réellement étudié.

Les travaux qui ont été menés sur l'arôme variétal des vins de cépage Sauvignon ont permis de souligner le rôle majeur de certains composés soufrés possédant une fonction thiol dans l'arôme des vins de ce cépage (DUBOURDIEU et DARRIET, 1993 ; DARRIET, 1993). Il s'agit en particulier de la 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one (4-MMP), possédant une forte odeur de buis, dont les teneurs dans les vins de Sauvignon de Bordeaux sont situées entre 5 et 40 ng/l (DARRIET *et al.*, 1995a ; BOUCHILLOUX *et al.*, 1996). Le 3-mercaptohexanol a aussi été récemment mis en évidence dans les vins de Sauvignon par TOMINAGA *et al.*, 1995b. La 4-MMP est révélée en arôme au cours de la fermentation alcoolique à partir d'une forme non volatile de précurseur dans le raisin (DUBOURDIEU et DARRIET, 1993). Si de très fortes présomptions permettent de penser que la 4-MMP existe dans le raisin sous une forme de précurseur liée à la cystéine (TOMINAGA *et al.*, 1995a), la structure du 3-mercaptohexanol a pu être démontrée comme étant celle d'un S-dérivé de la cystéine (TOMINAGA *et al.*, 1995b).

Le cuivre réagissant facilement avec les thiols, DARRIET (1993) et DARRIET *et al.* (1995b) avaient déjà envisagé que les résidus de cuivre apportés par les traitements cupriques de la vigne puissent affecter l'arôme variétal des vins de Sauvignon. Dans cette publication, nous rapportons les résultats de travaux réalisés en 1993, 1994, 1995 dans le vignoble bordelais concernant l'incidence des traitements phytosanitaires avec une formulation de bouillie bordelaise sur la composition des raisins et l'arôme variétal des vins de Sauvignon.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I — PLAN DE L'EXPÉRIMENTATION

Les expérimentations des traitements phytosanitaires ont été menées dans l'Entre-deux-Mers, dans les Graves et dans le Médoc. Dans l'Entre-deux-Mers, une parcelle homogène de Sauvignon, plantée en 1989 à une densité de 3300 ceps par hectare (3 x 1m) sur un sol argilocalcaire, a été traitée de 1993 à 1995, en utilisant 25 ceps de vigne par modalité de traitement. Nous avons comparé diverses modalités d'application d'une formulation de bouillie bordelaise seule, à la dose d'homologation de 15 kg/ha (soit 3000 g de cuivre métal/ha) ou en association avec le folpel, à la dose de 7,5 kg/ha (soit 1500 g de cuivre métal/ha), à une modalité de référence comprenant uniquement du folpel.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

Les traitements sont réalisés par pulvérisation pneumatique à volume réduit, sur la base de 130 l/ha pour les applications de folpel et sur la base de 100 l/ha pour les applications cupriques avec un appareil à dos FONTAN (JOST, Dorlisheim), sur chacune des faces des rangs et vers l'ensemble de la végétation ; une couverture générale contre l'oïdium, le black-rot, les tordeuses de la grappe ainsi que contre la pourriture grise a également été réalisée. Les produits utilisés (tableau I A) sont appliqués aux doses d'homologation sauf cas précisés ; le rendement moyen de la récolte sur ces parcelles est de 60 hl/ha.

En 1993, plusieurs modalités d'applications cupriques tardives ont été comparées à une référence traitée uniquement avec du folpel. Les traitements ont été réalisés tous les 14 jours (tableau II A), la récolte s'est effectuée le 20 septembre soit 39 jours après le dernier traitement.

En 1994, nous avons comparé divers programmes d'applications cupriques précoces (3 traitements avant la floraison, 6 traitements avant la fermeture de la grappe, 8 traitements avant la véraison) ainsi que tardives (1 à 3 traitements avant la récolte) à des programmes de référence [référence sans cuivre (10 applications au folpel) et référence tout cuivre (10 applications d'une formulation de bouillie bordelaise commerciale)]. Les traitements ont été tous réalisés à la fréquence de 10 jours (tableau II B), la récolte est intervenue le 12 septembre soit 33 jours après le dernier traitement.

Enfin, en 1995, la comparaison d'un programme d'applications cupriques tardives (1 à 3 traitements avant la récolte) à une référence folpel (tableau II C) a été renouvelée. Les traitements ont été réalisés tous les 10 jours, la récolte s'est effectuée le 11 septembre soit 31 jours après le dernier traitement.

Deux expérimentations complémentaires ont été menées en 1994 sur des parcelles de Sauvignon dans un cru de Graves et dans un cru du Médoc ; la liste de produits utilisés est présentée tableau I B.

L'expérimentation dans les Graves a été réalisée sur une parcelle de Sauvignon de 4 ans plantée à une forte densité de plantation (7140 pieds à l'hectare) sur un sol sablo-argileux. Pour chaque modalité, quatre rangs de vigne soit 440 pieds au total ont été traités. Les essais A, B, C, D, comparent pendant la période pré-véraison, l'incidence d'une ou de deux applications d'une formulation de bouillie bordelaise à la dose homologuée de 15 kg/ha à celle d'un produit à base de folpel ; il n'y a pas eu de couverture spécifique contre la pourriture grise (tableau III). Le début véraison sur la parcelle se situe entre le 5-8 août ; les vendanges se sont déroulées le 5 septembre, le rendement de la récolte est de 40 hl / ha.

L'expérimentation en Médoc a été menée sur une parcelle de Sauvignon de 11 ans, plantée à une densité de 6670 pieds à l'hectare, sur un sol sablo-graveleux. Les essais α, β, γ étudient l'incidence de programmes de traitements avec une bouillie bordelaise à des doses inférieures à celle homologuée, mais couramment utilisées dans la pratique viticole (tableau IV). Deux doses de bouillie bordelaise ont été appliquées : 3 kg de produit formulé/ha (600 g de cuivre/ha) en association avec du folpel à la dose d'homologation et 10,8 kg de produit formulé/ha (2200 g de cuivre/ha) utilisé seul. La parcelle a été traitée uniquement avec du folpel. La protection antérieure de la vigne était assurée pour toutes les modalités de la même façon, avec des produits à base de soufre et de folpel. Deux traitements aux stades C et D ont été effectués contre la pourriture grise, avec de la vinchlozoline. Les vendanges ont été récoltées le 5 septembre ; le rendement de la récolte était de 24 hl/ha.

II — RÉCOLTE ET VINIFICATION

Les prélèvements (environ 20 kg de raisins) sont réalisés le même jour pour toutes les modalités de traitements, lorsque la maturité technologique de la modalité la plus précoce est atteinte.

Une attention particulière est portée à la protection des jus de raisins contre l'oxydation pendant les opérations préfermentaires de la vinification. Après avoir éliminé les baies atteintes de pourriture, les grappes sont éraflées, les raisins sont foulés modérément puis placés avec leur jus dans une cuve de macération de 12 l en acier inoxydable en présence de CO_2 sous forme de bâtonnets (carboglace) et de dioxyde de soufre à une dose de 30 mg/l. Une macération pelliculaire est ainsi réalisée sous atmosphère inerte à 10°C pendant 18 heures. Au terme de la macération, on récupère environ 70 p.100 du jus par égouttage direct, puis 30 p.100 restant sont obtenus par pressurage à 5 bars avec un pressoir pneumatique ; les jus de « goutte » et jus de « presse » sulfités à 4 g/hl et 8 g/hl sont assemblés. Des analyses classiques (teneur en sucres, acidité totale et pH) sont effectuées à ce stade sur les jus.

Ensuite les jus sont débourbés en présence d'enzymes pectolytiques (Lafazym CL, LAFFORT, Bordeaux) à 0,5 g/hl (seulement en 1994 et 1995), conservés dans une chambre à 4°C jusqu'à obtenir une turbidité inférieure à 200 NTU. Les jus sont alors décantés dans des bonbonnes de 5 litres, leur turbidité est ajustée à 170 NTU et ils sont placés à température ambiante. Lorsque la température des jus est supérieure à 15°C, on réalise un ensemencement levurien avec la

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

TABLEAU I

Produits de traitements utilisés dans les expérimentations

Table I — Fongicides used in the experimentations

A - Entre-deux-Mers

Produit commercial	Concentration en matière active	Dose p. f. / ha	Dose m. a. / ha
THIOVIT	soufre mouillable 80%	12 500 g	10 000 g
OLYMPE	flusilazole 100 g/l	0,3 l	30 g
SCORE	difénoconasole 250 g/l	0,12 l	30 g
KARATHANE	dinocap 350 g/l	1,66 l	580 g
MIKAL	phosétyl-Al 50% + folpel 25%	4 000 g	
FOLPET / MYCO 500	folpel 50%	3 000 g / 3 l	1 500 g
BOUILLIE BORDELAISE RSR	sulfate de cuivre 20%	15 000 g	3 000 g
CUIVRE	20%	7 500 g	1 500 g
FOLPEL	50%	1 200 g	600 g
SUMICO	diethofencarbe 250 g/l + carbendazime 250 g/l	2 l	
KIDAN	iprodione 250 g/l	3 l	750 g
SCALA	pyriméthanil 250 g/l	2,5 l	625 g
CASCADE	flufénoxuron 100 g/l		40 g

B - Graves et Médoc

Produit commercial	Concentration en matière active	Dose p. f. / ha
MICROLUX	soufre 80%	4 000 à 7 000 g
RHODAX	phosétyl-Al 44% + mancozèbe 26%	2 000 g
SYSTHANE 12E	myclobutanil 125 g/l	240 g
ANTEOR FLO	cymoxanil 40 g/l + folpel 334 g/l	3 l
ORGANIL 648	folpel 30% + thiophanate-méthyl 7%	5 000 g
ACRYPTANE	folpel 500 g/l	1 000 g
BOUILLIE BORDELAISE RSR	sulfate de cuivre 20%	15 000 g
RONILAN	vinchlozoline 50%	1 500 g

p.f. = produit formulé
m.a. = matière active

g = grammes
l = litres

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

TABLEAU II A, B, C

Programmes des traitements dans l'Entre-deux-Mers

Table II A, B, C — Spraying programs in The Entre-deux-Mers vineyard

1993	Modalités	MAI		JUIN		JUILLET			AOUT	SEPTEMBRE
		6	20	4	17	1	15	29	12 début véraison	20 récolte
référence	8 traitements folpel *	o	o	o	o	o	o	o	o	
1	4 traitements cuivre **	o	o	o	o	●	●	●	●	
2	4 traitements cuivre + folpel ***	o	o	o	o	o	o	o	o	
3	3 traitements cuivre	o	o	o	o	o	●	●	●	
4	3 traitements cuivre + folpel	o	o	o	o	o	●	o	o	
5	2 traitements cuivre	o	o	o	o	o	o	●	●	
6	2 traitements cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
7	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	
8	1 traitement cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
9	3 traitements cuivre	o	o	o	o	●	●	●	o	
10	3 traitements cuivre + folpel	o	o	o	o	o	●	o	o	
11	2 traitements cuivre	o	o	o	o	o	●	●	o	
12	2 traitements cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
13	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	●	o	
14	1 traitement cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
	Couverture anti-mildiou	Mikal	Mikal							
	Couverture anti-oïdium	Thiovit	Thiovit		Olympe	Olympe	Olympe			
	Couverture anti-pourriture				Sumico		Kidan		Kidan	
Précipitations entre traitements (mm)		75	23	55	82	21	12		12	178

* FOLPET (folpel 50%)
** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%)
*** Association de Folpet et d'une formulation de bouillie bordelaise commerciale à demi-dose (7500 et 1200 g produit formulé / ha)

1994	Modalités	MAI			JUIN			JUILLET		AOUT		SEPTEMBRE
		10	20	30	9	20	30	11	21	1 début véraison	10	12 récolte
1 (référence)	10 traitements folpel *	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
2 (référence)	10 traitements cuivre **	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
3	3 traitements cuivre avant la floraison	●	●	●	o	o	o	o	o	o	o	
4	6 traitements cuivre avant la fermeture de la grappe	●	●	●	●	●	●	o	o	o	o	
5	8 traitements cuivre avant la véraison	●	●	●	●	●	●	●	●	o	o	
6	3 traitements cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	●	●	
7	2 traitements cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	●	●	
8	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	
	Couverture anti-oïdium	Thiovit	Thiovit		Score		Score	Score	Thiovit	Thiovit		
	Couverture tordeuses de la grappe					Cascade				Cascade		
	Couverture anti-pourriture					Scala				Scala		
Précipitations entre traitements (mm)		36	35	49	10	52	0,5	16	30	5,5		40

* MYCO 500 (folpel 500 g/l)
** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%)

1995	Modalités	MAI		JUIN			JUILLET			AOUT		SEPTEMBRE
		15	24	2	12	22	3	13	24	2 début véraison	11	11 récolte
1 (référence)	10 traitements folpel *	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
2	3 traitements cuivre **	o	o	o	o	o	o	o	●	●	●	
3	2 traitements cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	●	●	
4	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	
5	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	●	o	
	Couverture anti-oïdium		Karathane	Karathane	Olympe		Olympe	Olympe	Karathane			
	Couverture tordeuses de la grappe									Cascade		
	Couverture anti-pourriture						Scala			Scala		
Précipitations entre traitements (mm)		33	9	9	11	34	20	2	0	18		64

* MYCO 500 (folpel 500 g/l)
** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%)

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

TABLEAU III

Programme de traitements dans un cru de Graves

Table III — Spraying programs in the Graves vineyard

1994	Modalités	AVRIL		MAI			JUIN		JUILLET	AOUT		SEPTEMBRE
		12	27	4	19	1	17	26	19	1	6	5
											début véraison	récolte
A (référence)	2 traitements Antéor flo *											
B	2 traitements cuivre **											
C	1 traitement cuivre											
D	1 traitement cuivre											
	Couverture générale	Microlux Rhodax	Microlux Manèbe	Microlux Manèbe	Systhane 12E Antéor flo	Microlux Organil 648	Microlux Manèbe Ekalux	Systhane 12E Antéor flo Acryptane Rufast				
Précipitations entre traitements (mm)		28	0	32	29	34	42	37	34			

* ANTEOR FLO (cymoxanil 40 g/l + folpel 334 g/l)

** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%)

TABLEAU IV

Programme de traitements dans un cru du Médoc

Table IV — Spraying programs in the Medoc vineyard

1994	Modalités	AVRIL		MAI				JUIN		JUILLET	AOUT		SEPTEMBRE
		28	5	10	18	24	31	2	15	23	22	2	22	5
														récolte
α (référence)	2 traitements folpel *													
β	3 traitements cuivre **													
γ	3 traitements cuivre + folpel ***													
	Couverture générale	soufre folpel	soufre folpel	soufre folpel	soufre folpel	soufre folpel		Tréma folpel	soufre folpel	soufre folpel				
	Couverture anti-pourriture						folpel					Ronilan	Ronilan	
Précipitations entre traitements (mm)		5	13	19	28	14	70	2	4	46	29	24		

* folpel 3 l/ha

** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%) - 10,8 kg/ha

*** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%) - 3 kg/ha

souche EG8 (INRA Colmar) à 100 mg/l. Les fermentations se déroulent dans une chambre à 20°C.

Les vins sont sulfités à 4 g/hl quelques jours après l'achèvement de la fermentation alcoolique et sont conservés à 10°C en bouteilles de 1,5 litres. Leurs lies sont régulièrement remises en suspension et leur teneurs en dioxyde de soufre maintenues à 25-30 mg/l.

Environ six mois après, les vins sont soutirés puis embouteillés.

III — ÉLIMINATION DU CUIVRE PAR TRAITEMENT DU JUS DE RAISIN AVEC UN POLYMERE COMPLEXANT

Les polymères complexants « pop-corn » sont des polymères à base de 1-vinylimidazole et de 1-vinylpyrolidones (BASF AG, Allemagne) qui possèdent la propriété de fixer des métaux, en particulier le fer et le cuivre (FUSSNEGER *et al.*, 1992). Le produit est introduit à la dose de 80 g/hl dans le jus de raisin clarifié (200 NTU) qui est conservé à -4°C. Tous les jours, le polymère est remis en suspension et un dosage du cuivre résiduel est réalisé ; la teneur en dioxyde de soufre est maintenue à 25 mg/l. Après l'élimination totale du cuivre, le jus est soutiré puis ensemencé avec la souche EG8 à 100 mg/l et mis à fermenter à 20°C.

IV — ANALYSES

1) Analyses classiques

Les teneurs en sucres ont été déterminées dans les jus après macération et pressurage, par dosage à la liqueur de Fehling ; l'acidité totale a été déterminée par titration avec une solution d'hydroxyde de sodium N/10 en employant le bleu de bromothymol comme indicateur (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1982).

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

2) Détermination des teneurs en cuivre

La teneur en cuivre des jus de raisins est déterminée soit par spectrométrie d'absorption atomique ou d'émission atomique à l'aide d'une torche à plasma (D.C.P.) en utilisant la technique des ajouts dosés, soit par méthode chimique de dosage colorimétrique avec un réactif spécifique du cuivre (cuivreux Cu+) le 2,2-diquinolyle (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1982).

3) Analyse d'extraits organiques de vins de Sauvignon par chromatographie en phase gazeuse (CPG)-olfactométrie et appréciation des teneurs en 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one

Nous avons utilisé la méthode proposée par DARRIET *et al.* (1991). 100 ml de vin sont extraits dans une fiole de 200 ml successivement par 10/5/5 ml d'un mélange 1/1 d'éther-diéthylique (SDS, Spectrosol) et de pentane (SDS, Pestipur) ; après 5 minutes d'agitation magnétique à 600 r.p.m., les 2 phases sont séparées pendant 5 minutes dans une ampoule à décanter. Les phases organiques sont regroupées dans un pilulier. L'extrait est concentré à 500 µl sous débit d'azote de 100 ml/min.

L'analyse est effectuée sur un chromatographe en phase gazeuse Hewlett-Packard HP5890 comprenant une installation olfactométrique (ODO1-Scientific Glass Engineering) et une station d'intégration Hewlett-Packard HP 9000-216. 3 µl de l'extrait sont injectés en mode splitless (température de l'injecteur 230°C) sur une colonne capillaire de polyéthylène glycol greffée chimiquement en silice fondue (type Carbowax 20 M, BP20, SGE, 50 mètres, 0,25 mm d.i., 0,25 µm épaisseur de film). Le gaz vecteur est l'hydrogène U (pression en tête de colonne 20 psi). Le programme de température est le suivant : 45°C, 1 min ; 3°C/min jusqu'à 230°C ; isotherme 30 min à 230°C.

La détection est réalisée en sortie de colonne par un opérateur entraîné qui mesure la durée de perception de la 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one.

4) Dosage de la 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one par méthode physico-chimique

Il est effectué selon la méthode mise au point par BOUCHILLOUX *et al.*, 1996.

RÉSULTATS

I — LA TENEUR EN CUIVRE DANS LES JUS DE RAISINS CLARIFIÉS

Lorsque la vigne n'a pas été traitée avec la bouillie bordelaise, le jus de raisin contient naturellement de faibles quantités de cuivre : dans nos conditions, ces teneurs ne dépassent pas 0,5 mg/l et sont globalement situées entre 0,2 et 0,4 mg/l de cuivre dans les jus de raisins clarifiés (tableaux V, VI, VII).

Dans les jus de raisins provenant de vignes traitées avec une formulation de bouillie bordelaise, les teneurs en cuivre sont toujours plus importantes. Elles varient directement avec le nombre de traitements et peuvent atteindre 14,5 mg/l de cuivre (tableau VIII). Cependant, pour une même parcelle, les teneurs en cuivre dans les jus de raisins clarifiés fluctuent de manière significative en fonction du millésime, du positionnement du traitement, de la dose d'application (tableau VIII).

TABLEAU V

Analyses des jus de raisins de 1993

Table V — Analysis of grape juices from 1993 vintage

				Nombre de traitements	Cuivre (mg/l)	Sucres (g/l)	T.A.P. [a] % vol.	Acidité totale (g/l H_2SO_4)	pH	Taux de pourriture %
	ENTRE-DEUX-MERS									
			réf.	-	0,4 [b]	169	10,2	5,7	3,1	61
MODALITÉS	Traitements avant la véraison et à véraison	cuivre 3000 g/ha	1	4	14,5	128	7,8	5,5	3,1	27
			3	3	8,8	152	9,2	5,4	3,1	nd [c]
			5	2	6,1	160	9,7	5,8	3,1	nd
			7	1	2,6	162	9,8	5,6	3,1	nd
		cuivre 1500 g/ha	2	4	6,6	142	8,6	5,0	3,2	31
			4	3	4,7	150	9,1	5,8	3,2	nd
			6	2	2,9	160	9,7	5,5	3,2	nd
			8	1	2,0	152	9,2	5,4	3,1	nd
	Traitements avant la véraison	cuivre 3000 g/ha	9	3	6,8	143	8,7	5,3	3,2	nd
			11	2	4,7	139	8,4	5,0	3,2	nd
			13	1	2,4	147	8,9	5,4	3,1	nd
		cuivre 1500 g/ha	10	3	3,6	134	8,1	5,0	3,2	nd
			12	2	2,3	143	8,7	5,1	3,2	nd
			14	1	1,7	150	9,1	5,5	3,1	nd

[b] dosage par absorption atomique

[a] Titre alcoométrique potentiel

[c] non déterminé

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

TABLEAU VI

Analyses des jus de raisins de 1994

Table VI — Analysis of grape juices from 1994 vintage

				Nombre de traitements	Cuivre (mg/l)	Sucres (g/l)	T.A.P. % vol.	Acidité totale (g/l H_2SO_4)	pH	Taux de pourriture %
MODALITES	*ENTRE-DEUX-MERS*									
			1	-	0,2 [b]	212	12,8	3,4	3,0	
			2	10	8,5	184	11,2	4,0	3,1	
	Traitements précoces		3	3 avant la floraison	0,2	195	11,8	3,4	3,0	
			4	6 avant la f.g. [a]	0,4	205	12,4	3,9	3,1	< 5
		cuivre	5	8 avant la véraison	2,1	205	12,4	4,3	3,1	
	Traitements	3000 g/ha	6	3	2,4	179	10,8	3,6	3,1	
	avant et après		7	2	1,1	187	11,3	3,4	3,1	
	la véraison		8	1	0,3	207	12,5	3,4	3,2	
	GRAVES									
			A	-	0,2	187	11,3	5,1	3,5	40
	Traitements	cuivre	B	2	2,3	179	10,8	5,2	3,5	23
	avant	3000 g/ha	C	1	0,8	181	11,0	5,0	3,5	36
	la véraison		D	1	0,3	192	11,6	5,0	3,5	33
	MEDOC									
			α	-	0,2	200	12,1	4,9	3,3	
	Traitements	2200 g	β	3	1,6	204	12,4	5	3,3	< 10
	avant et après									
	la véraison	600 g	γ	3	0,4	204	12,4	5,5	3,3	

[b] dosage par D.C.P.

[a] fermeture de la grappe

TABLEAU VII

Analyses des jus de raisins de 1995

Table VII — Analysis of grape juices from 1995 vintage

				Nombre de traitements	Cuivre [a] (mg/l)	Sucres (g/l)	T.A.P. % vol.	Acidité totale (g/l H_2SO_4)	pH	Taux de pourriture %
MODALITES	*ENTRE-DEUX-MERS*									
			1	-	0,2	192	11,6	3,1	3,2	
			2	3	2,2	184	11,2	3,4	3,2	< 5
	Traitements	cuivre	3	2	1,8	192	11,6	3,0	3,2	
	avant et après	3000 g/ha	4	1	0,8	195	11,8	3,0	3,3	
	la véraison		5	1	0,7	192	11,6	3,0	3,3	

[a] dosage chimique

En 1993, on a déterminé environ 2 à 3,5 mg/l de cuivre par traitement ; pour 4 traitements la teneur en cuivre s'élève à 14,5 mg/l. En 1994, on retrouve seulement entre 0,3 et 0,9 mg/l de cuivre par traitement et en 1995 entre 0,7 et 0,9 mg/l par traitement (tableaux V, VI, VII).

Il semble d'autre part que les traitements réalisés avant la fermeture de la grappe entraînent seulement des très faibles teneurs en cuivre dans les jus de raisins. Ainsi, lors du millésime 1994, nous avons constaté que 3 traitements effectués avant la floraison ou 6 traitements effectués avant la fermeture de la grappe laissent respectivement seulement 0,2 et 0,4 mg/l de cuivre (tableau VI).

Lorsqu'on diminue les doses de bouillie bordelaise appliquées à la vigne, les teneurs en cuivre retrouvées dans les jus de raisins clarifiés sont significativement plus faibles. En 1993, un traitement mixte folpel-bouillie bordelaise à demi-dose (1500 g de cuivre/ha) laisse en moyenne 1,5 mg/l de cuivre par traitement, pratiquement moitié moins par rapport aux traitements à pleine dose (tableau V). En 1994, dans l'expérimentation menée en Médoc, des teneurs de 0,2 mg/l et 0,5 mg/l de cuivre par traitement sont relevées dans les jus de raisins pour des applications d'une bouillie bordelaise aux doses respectives de 600 g et 2200 g de cuivre /ha (tableau VI).

II — INCIDENCE DES OPÉRATIONS PRÉFERMENTAIRES DE LA VINIFICATION EN BLANC SUR L'ÉVOLUTION DES TENEURS EN CUIVRE DES JUS DE RAISINS

La détermination de la teneur en cuivre dans les jus de raisins clarifiés constitue une information importante pour apprécier les effets du cuivre au cours de la fermentation alcoolique sur des thiols de l'arôme variétal du Sauvignon.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

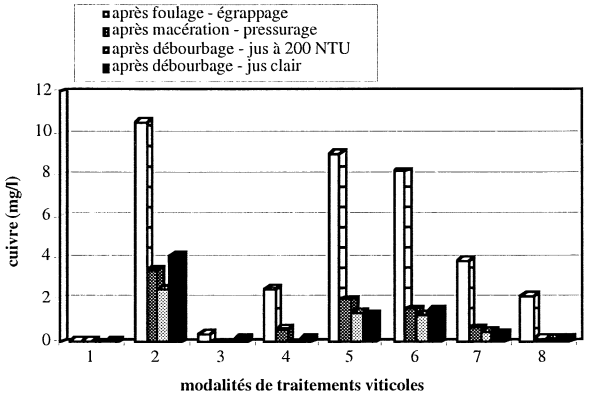


Fig. 1 — Évolution des teneurs en cuivre dans les jus de raisins de 1994 au cours des opérations préfermentaires de la vinification en blanc

Fig. 1 — Evolution of copper contents in 1994 grapes juices during pre-fermentative operations of the white wine vinification

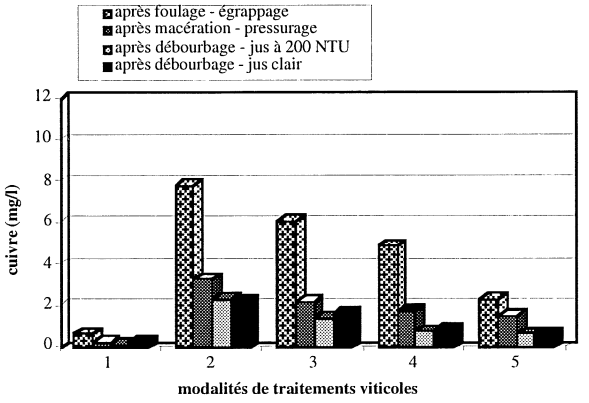


Fig. 2 — Évolution des teneurs en cuivre dans les jus de raisins de 1995 au cours des opérations préfermentaires de la vinification en blanc

Fig. 2 — Evolution of copper contents in 1995 grapes juices during pre-fermentative operations of the white wine vinification

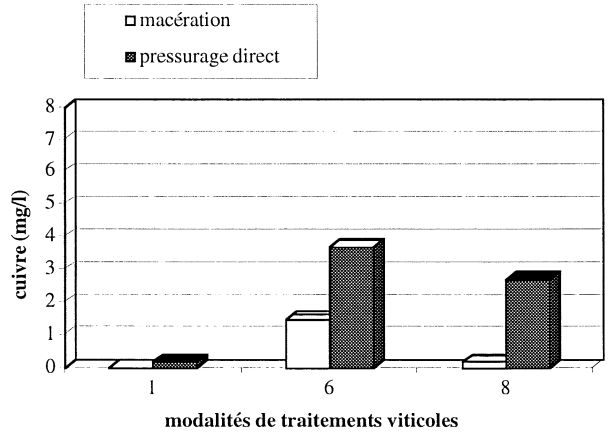


Fig. 3 — Teneurs en cuivre dans les jus de raisins clarifiés de 1994 provenant d'une macération préfermentaire ou d'un pressurage direct des raisins

Fig. 3 — Copper contents in the 1994 clarified grape juices obtained after the operation of skin contact or after direct pressing of the grapes

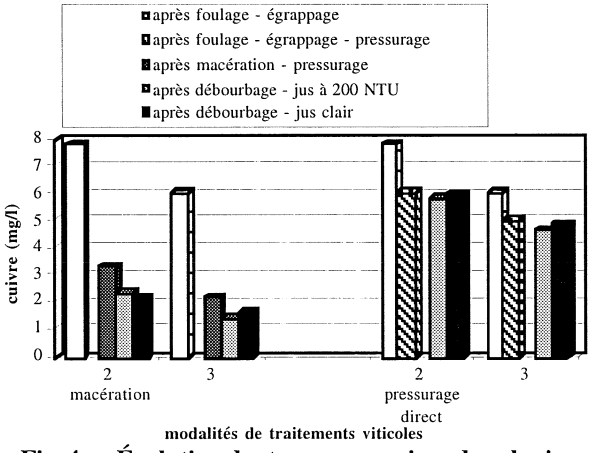


Fig. 4 — Évolution des teneurs en cuivre dans les jus de raisins de 1995 au cours des opérations préfermentaires de la vinification en blanc

Fig. 4 — Evolution of copper contents in 1995 grape juices during pre-fermentative operations of the white wine vinification

Par ailleurs, nous avons observé en 1994 et 1995 l'évolution des teneurs en cuivre au cours des opérations préfermentaires de la vinification en blanc (figures 1, 2). Durant ces opérations, le dosage du cuivre par méthode chimique permet d'établir dans tous les cas, une baisse de ces teneurs au cours de la macération préfermentaire des raisins de Sauvignon de l'ordre de 60 à 80 p. cent, puis de l'ordre de 20 à 30 p. cent pendant le débourbage. Ensuite, entre 200 NTU, turbidité souhaitée pour les jus de raisins avant le déclenchement de la fermentation alcoolique et 4 NTU, il n'y a pas de différence significative.

Cependant, lorsque les raisins sont pressés directement sans macération, les teneurs en cuivre sont systématiquement plus importantes dans les jus de raisins clarifiés (figures 3, 4). En outre, les teneurs en cuivre ne changent pratiquement pas pendant le débourbage dans les jus provenant d'un pressurage direct, alors qu'elles baissent au cours du débourbage des jus de raisins obtenus après macération (figure 4).

III — INCIDENCE DES TRAITEMENTS CUPRIQUES SUR LA TENEUR EN SUCRES DES RAISINS, L'ACIDITÉ TOTALE ET LE pH

La teneur en sucres des jus de raisins varie en fonction des modalités de traitements viticoles. Pour les trois millésimes, la teneur en sucres des raisins provenant de vignes n'ayant pas reçu de cuivre est supé-

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

TABLEAU VIII

Incidence des modalités de traitements cupriques sur la teneur en cuivre des jus de raisins clarifiés

Table VIII — Incidence of different copper sprayings on the copper content of the clarified grape juices

MODALITES				NOMBRE DE TRAITEMENTS							
				0	1	2	3	4	6	8	10
	1993	*ENTRE-DEUX-MERS*									
				0,4							
		avant la véraison	3000 g Cu / ha		2,6	6,1	8,8	14,5			
		et à véraison	1500 g		2	2,9	4,7	6,6			
		avant la véraison	3000 g		2,4	4,7	6,8				
			1500 g		1,7	2,3	3,6				
	1994	*ENTRE-DEUX-MERS*									
				0,2							
		avant la floraison					0,2				
		avant la fermeture de la grappe							0,4		
		avant la véraison	3000 g							2,1	
		avant la véraison			0,3	1,1	2,4				
		et à véraison									
		avant la récolte									8,5
		GRAVES									
				0,2							
		avant	3000 g		0,8	2,3					
		la véraison			0,3						
		MEDOC									
				0,2							
		avant et après	2200 g				1,6				
		la véraison	600 g				0,4				
	1995	*ENTRE-DEUX-MERS*									
				0,2							
		avant et après	3000 g		0,8	1,8	2,2				
		la véraison			0,7						

TABLEAU IX

Incidence des modalités de traitements cupriques sur la teneur en sucres des raisins (écarts avec une référence non traitée au cuivre)

Table IX — Incidence of different copper sprayings on the sugar content of the clarified grape juices (differences with a non-treated reference)

MODALITES				NOMBRE DE TRAITEMENTS						
				1	2	3	4	6	8	10
	1993	*ENTRE-DEUX-MERS*								
		avant la véraison	3000 g Cu / ha	-7	-9	-17	-41			
		et à véraison	1500 g	-17	-9	-19	-27			
		avant la véraison	3000 g	-22	-30	-26				
			1500 g	-19	-26	-35				
	1994	*ENTRE-DEUX-MERS*								
		avant la floraison				-17				
		avant la fermeture de la grappe	3000 g					-7		
		avant la véraison							-7	
		avant et après		-5	-25	-33				
		la véraison								
		avant la récolte								-28
		GRAVES								
		avant	3000 g	-6	-8					
		la véraison		+5						
		MEDOC								
		avant et après	2200 g			+4				
		la véraison	600 g			+4				
	1995	*ENTRE-DEUX-MERS*								
		avant et après	3000 g	+3	0	-8				
		la véraison		0						

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

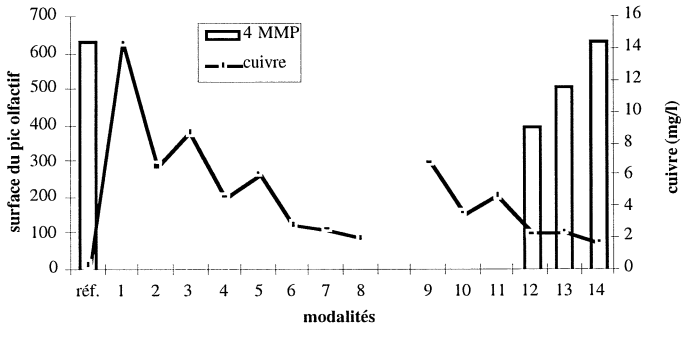


Fig. 5 — Appréciation de l'intensité de la 4-MMP dans les vins de Sauvignon de 1993 en fonction des modalités de traitements viticoles

Fig. 5 — Appreciation of the 4-MMP intensity in 1993 Sauvignon wines, obtained from different vines spraying conditions

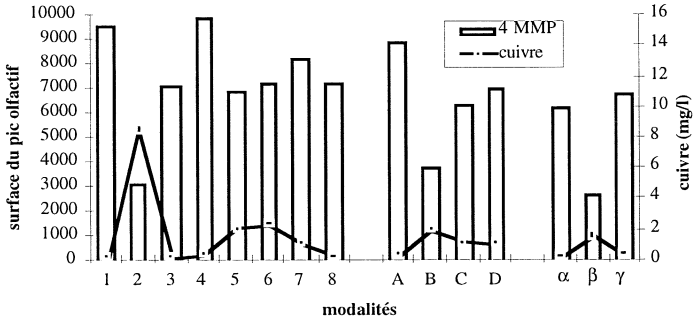


Fig. 6 — Appréciation de l'intensité de la 4-MMP dans les vins de Sauvignon de 1994 en fonction des modalités de traitements viticoles

Fig. 6 — Appreciation of the 4-MMP intensity in 1994 Sauvignon wines, obtained from different vines spraying conditions

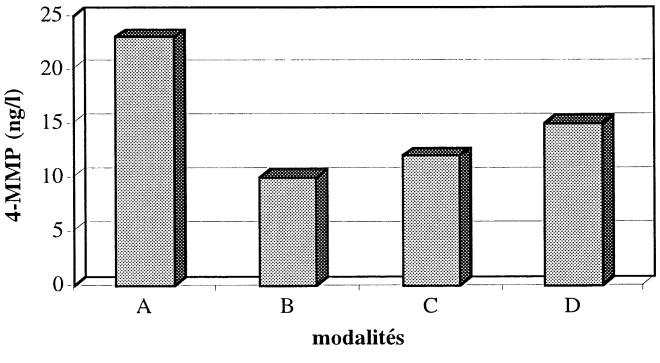


Fig. 7 — Teneurs en 4-MMP dans les vins de Sauvignon de 1994 en fonction des modalités de traitements viticoles dans un cru de Graves

Fig. 7 — 4-MMP content in 1994 Sauvignon wines, after different vines treatments, in a Graves vineyard

rieure dans la très grande majorité des échantillons sinon égale à celle des raisins provenant de vignes traitées avec une formulation de bouillie bordelaise (tableaux V, VI, VII, IX).

On note ainsi en 1994 qu'une protection totale des vignes de Sauvignon (10 traitements), dans l'Entre-deux-Mers, avec la bouillie bordelaise appliquée à la dose d'homologation, entraîne une teneur en sucres des raisins significativement plus faible (écart de 28 g/l) par rapport à celle des raisins issus de la parcelle traitée au folpel (tableaux VI, IX). Mais, quatre traitements, voire seulement deux ou trois traitements, réalisés sur le même site, dans la période précédant la véraison ou au moment de la véraison peuvent aussi entraîner une moindre teneur en sucres des raisins : en 1993, un écart de 41 g/l a été noté avec quatre traitements cupriques tandis que deux ou trois traitements dans la même période végétative ont entrainé des écarts situés entre 9 et 35 g/l avec la teneur en sucres des raisins de la référence folpel (tableaux V et IX). En 1994, l'écart relevé est de 25 g/l de sucres pour deux traitements et de 33 g/l pour trois traitements (tableaux VI, IX).

Cependant, en 1995, sur le site de l'Entre-deux-Mers, avec deux ou trois traitements cupriques réalisés dans la même période végétative, il n'y a pas de différence notable dans la teneur en sucres de raisins en fonction des modalités de traitements cupriques (tableaux VII, IX). De plus, avec un seul traitement à la bouillie bordelaise, excepté en 1993, il n'y a pas d'incidence significative sur la teneur en sucres des raisins (tableaux V, IX).

Les écarts de teneurs en sucres entre les raisins des modalités de traitement au cuivre et ceux de la modalité de référence Folpel, ne paraissent pas aussi importants lorsque les applications cupriques sont réalisées au moment de la floraison. Ainsi, en 1994, avec des vignes traitées en début du cycle végétatif jusqu'à la fermeture de la grappe ou jusqu'à la véraison (modalités 4, 5), les différences de teneurs en sucres sont peu importantes en regard du nombre de traitements cupriques appliqués (tableau IX). Cependant, lorsque trois traitements sont réalisés avant la floraison, un écart de 17 g/l de sucres est noté.

Enfin, l'application d'une demi-dose de la formulation de bouillie bordelaise n'a pas permis en 1993 de limiter les effets du cuivre (tableaux V, IX) ; mais, lorsque les rendements de production sont faibles (24 hl/ha), on ne note aucun effet des traitements cupriques sur la teneur en sucres des raisins malgré trois traitements de bouillie bordelaise aux doses de 600 g/ha et de 2200 g/ha de cuivre (tableau VI).

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

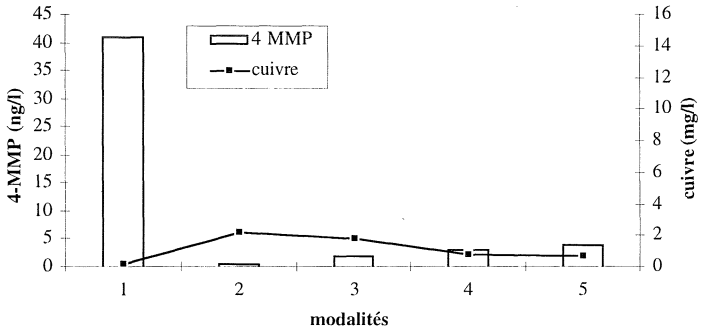


Fig. 8 — Teneur en 4-MMP dans les vins de Sauvignon de 1995 en fonction des modalités de traitements viticoles

Fig. 8 — 4-MMP content in 1995 Sauvignon wines, after different vines treatments

L'acidité totale et du pH des jus de raisins diffèrent aussi en fonction des modalités de traitements phytosanitaires de la vigne et leur évolution se trouve dans l'ensemble corrélée avec la teneur en sucres des raisins (tableaux V, VI, VII).

IV — LES EFFETS DES TRAITEMENTS CUPRIQUES SUR L'ARÔME VARIÉTAL

1) Détermination des teneurs en 4-MMP dans les vins de Sauvignon

L'appréciation de l'intensité de la nuance buis-bourgeon de cassis de la 4-MMP dans les vins de Sauvignon, a été faite par CPG-olfactométrie (figures 5, 6). Le dosage de ce composé par méthode physico-chimique a aussi été réalisé pour certains échantillons (figures 7, 8).

La 4-MMP est systématiquement détectée dans les vins provenant de raisins dont les vignes n'ont pas reçu de traitement à la bouillie bordelaise (figures 5, 6, 7, 8). Dans les vins issus de vignes traitées au cuivre, ce composé n'est pas toujours détecté et sa teneur appréciée par couplage CPG-olfactométrie ou déterminée par la méthode physico-chimique est d'autant plus faible que le nombre de traitements cupriques de la vigne est élevé. Cependant, des écarts sont observés selon le millésime.

En 1993 et 1995, pour les expérimentations menées dans l'Entre-deux-Mers, les teneurs en 4-MMP dans les vins provenant de vignes peu traitées au cuivre (2 traitements) sont très faibles ou nulles alors que ce composé est bien détecté dans les vins de Sauvignon obtenus à partir de raisins traités au folpel (figures 5, 8). En 1994, pour un même nombre de traitements, la 4-MMP est détectée dans tous les vins (figures 6, 7). Cependant, avec un seul traitement cuprique de la vigne, la teneur de ce composé est inférieure à celle retrouvée dans le vin provenant de vignes non traitées au cuivre.

Lorsque les vignes sont traitées avec des doses de cuivre inférieures à 3000 g/ha (dose d'homologation), l'effet sur les teneurs en 4-MMP n'est pas systématique. Avec trois traitements à 600 g/ha, l'intensité de la 4-MMP dans les vins de Sauvignon en 1994 n'est pas significativement affectée (figure 6). Par contre, avec le même nombre de traitements à 2200 g/ha, la teneur en 4-MMP du vin de Sauvignon est beaucoup plus faible. A dose de cuivre réduite de moitié par rapport à la dose homologuée (1500 g/ha), les résultats obtenus en 1993, millésime où les teneurs en cuivre dans les jus de raisins clarifiés sont assez élevées, mettent en évidence des effets sur les teneurs en 4-MMP avec un seul traitement réalisé au moment de la véraison (figure 5). Les résultats ne sont pas aussi significatifs avec un seul traitement réalisé avant véraison (figure 5).

2) Analyse sensorielle

Les vins de Sauvignon ont été dégustés à deux périodes de l'année par un jury de dégustateurs entraînés. Les échantillons sont présentés à l'aveugle, dans des verres AFNOR ; on demande aux dégustateurs de noter à la fois l'intensité et la complexité des arômes de vins de Sauvignon dans des nuances de buis, bourgeon de cassis, toastées.

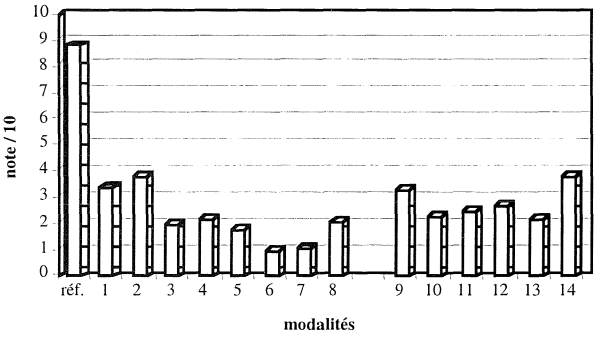


Fig. 9 — Appréciation à la dégustation de l'intensité de l'arôme variétal dans les vins de Sauvignon de 1993

Fig. 9 — Appreciation by the sensory analysis of the intensity of 1993 Sauvignon wines varietal aroma

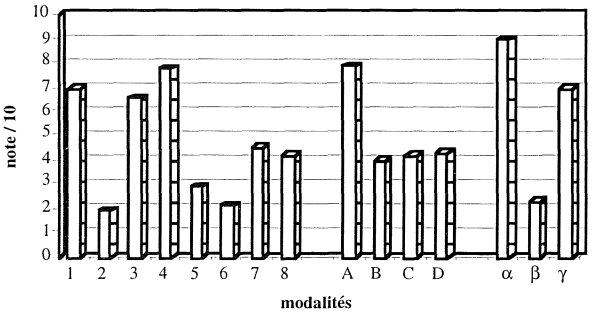


Fig. 10 — Appréciation à la dégustation de l'intensité de l'arôme variétal dans les vins de Sauvignon de 1994

Fig. 10 — Appreciation by the sensory analysis of the intensity of 1994 Sauvignon wines varietal aroma

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

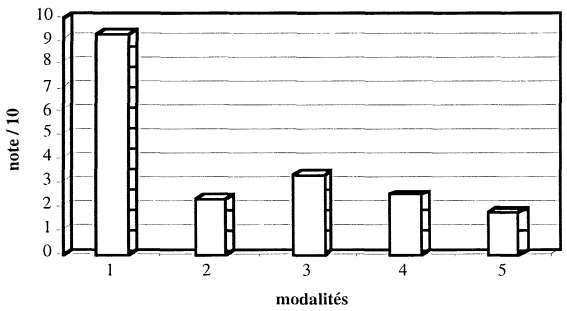


Fig. 11 — Appréciation à la dégustation de l'intensité de l'arôme variétal dans les vins de Sauvignon de 1995

Fig. 11 — Appreciation by the sensory analysis of the intensity of 1995 Sauvignon wines varietal aroma

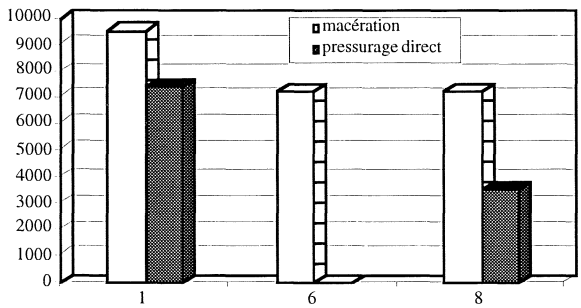


Fig. 12 — Appréciation de l'intensité de la 4-MMP dans les vins de 1994 provenant d'une macération préfermentaire ou d'un pressurage direct des raisins

Fig. 12 — Appreciation of the 4-MMP intensity in 1994 wines obtained from a skin contact operation or direct pressing of the grapes

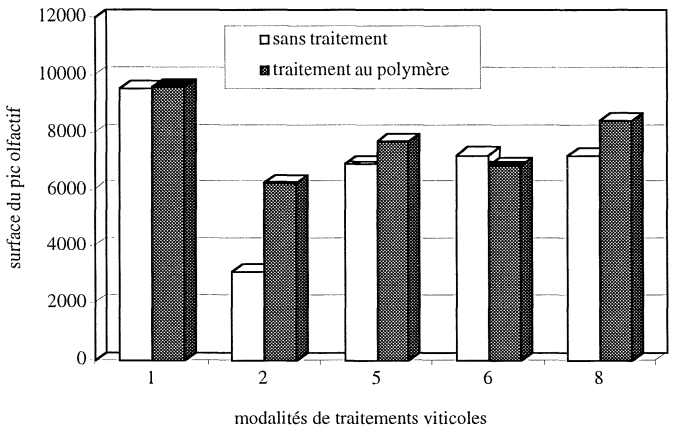


Fig. 13 — Appréciation de l'intensité de la 4-MMP dans les vins de 1994 provenant de jus de raisins traités ou non avec un polymère complexant

Fig. 13 — Appreciation of the 4-MMP intensity in 1994 Sauvignon wines obtained from polymer-treated or not treated grape juices

Les vins les mieux jugés sont ceux qui proviennent de raisins n'ayant pas reçu de traitement à la bouillie bordelaise ou dont les moûts contenaient moins de 0,5 mg/l de cuivre (figures 9, 10, 11). Les notes de ces vins s'échelonnent entre 6,6/10 et 9,3/10 avec une moyenne de 7,9/10 ; l'écart de notes avec les vins provenant de vignes traitées au cuivre est très important, l'arôme variétal étant alors considéré dans ces vins comme très faible ou nul.

Un seul traitement à la bouillie bordelaise à la dose d'homologation (3000 g/ha) dans la période pré-post véraison suffit pour enlever aux vins une grande partie de leur typicité (notes de 1,1/10 à 4,3/10 avec une moyenne de 2,9/10) ; avec deux ou trois traitements, aucun vin de Sauvignon ne présente les nuances caractéristiques de ce cépage (notes entre 1,8 et 4,5/10 avec une moyenne de 2,8/10) (figures 9, 10, 11). Lorsque les doses d'application de bouillie bordelaise sur la vigne sont plus faibles, l'arôme typique des vins de Sauvignon n'est pas pour autant toujours reconnu (figure 9). En 1993, malgré une seule application de 1500 g de cuivre/ha, les vins ne présentent pas des caractères typiques du Sauvignon (vraisemblablement à cause de la présence de cuivre dans les jus de raisin - 1,7 à 2 mg/l - comme d'une faible teneur en sucres - 150 à 152 g/l). En 1994, le vin issu de vignes traitées trois fois avec 600 g/ha de cuivre est bien noté ; le jus de raisin contient peu de cuivre (0,4 mg/l) et la teneur en sucres est élevée (204 g/l) (figures 6, 10).

Enfin, lorsque les traitements au cuivre s'arrêtent après la floraison (modalité 4 en 1994), on retrouve nettement les arômes typiques de Sauvignon à la dégustation des vins (note 7,8/10) (figure 10).

V — INCIDENCE DES OPÉRATIONS PRÉFERMENTAIRES DE LA VINIFICATION SUR L'ARÔME VARIÉTAL DES VINS DE SAUVIGNON

1) Influence d'un pressurage direct des raisins

Les teneurs en 4-MMP sont beaucoup plus faibles dans les vins dont le jus de raisin a été obtenu par pressurage direct des raisins par rapport aux vins provenant de raisins macérés (figure 12). Un tel résultat a déjà été observé (DARRIET, 1993) et se trouve corrélé avec une augmentation de l'arôme variétal des vins de Sauvignon à la dégustation.

Cependant, lorsque les raisins de Sauvignon proviennent de vignes traitées au cuivre, les écarts dans les teneurs en 4-MMP sont nettement plus importants entre les vins provenant de raisins pressés directement et ceux provenant de raisins qui ont subi une macération pelliculaire. La concentration en cuivre plus élevée dans les jus de pressurage direct comme la moindre diffusion des constituants de l'arôme variétal sont vrai-

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

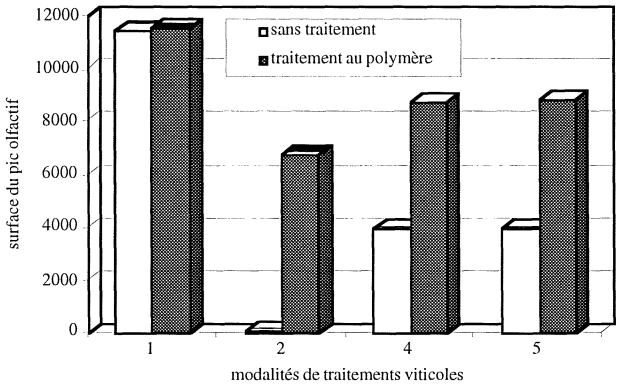


Fig. 14 — Appréciation de l'intensité de la 4-MMP dans les vins de Sauvignon de 1995 provenant de jus de raisins traités ou non avec un polymère complexant

Fig. 14 — Appreciation of the 4-MMP intensity in 1995 Sauvignon wines obtained from polymer-treated or not treated grape juices

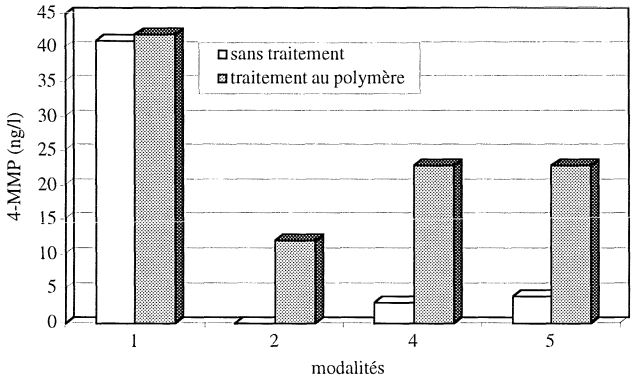


Fig. 15 — Teneurs en 4-MMP dans les visn de Sauvignon de 1995 provenant de jus de raisins traités avec un polymère complexant

Fig. 15 — 4-MMP content in 1995 Sauvignon wines obtained from polymer-treated grape juices

semblablement à l'origine de ces différences.

2) Le traitement du jus de raisin avec un polymère complexant

Les teneurs en 4-MMP dans les vins issus de jus traités au polymère complexant avant la fermentation alcoolique sont présentées figures 13, 14, 15.

Lorsque le jus de raisin ne contient pas de cuivre (référence Folpel 1994 et 1995), l'intensité de la 4-MMP dans les aromagrammes des vins provenant de moûts non traités ou traités avec le polymère est comparable, ce qui permet d'écarter un risque d'adsorption de formes précurseurs de la 4-MMP avec un tel polymère. Cependant, en 1994, la teneur en 4-MMP trouvée dans les vins après traitement des jus provenant de vignes ayant reçu du cuivre n'est guère plus importante que celle des vins issus de jus qui n'ont pas été traités au polymère complexant, à l'exception du vin issu de la modalité 2 (10 applications de bouillie bordelaise).

Par contre, en 1995, la récupération de la 4-MMP est importante. Tandis que sans traitement, nous ne détectons pas de 4-MMP, après traitement des jus avec le polymère, la teneur de la 4-MMP est nettement plus élevée dans tous les échantillons sans pour autant être aussi que dans la référence (figures 14, 15). Ces résultats ont été confortés par détection physique de la 4-MMP dans les vins de Sauvignon (figure 15).

DISCUSSION

L'accroissement systématique des teneurs en résidus de cuivre dans le jus de raisin est une conséquence reconnue des traitements de la vigne avec une formulation de bouillie bordelaise (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1982). Nous soulignons que paradoxalement une macération préfermentaire des raisins permet de diminuer significativement la teneur en cuivre dans les jus de raisins clarifiés avant fermentation alcoolique. La réaction du cuivre pendant la macération sous atmosphère inerte avec un thiol, le glutathion, présent dans les raisins de Sauvginon à une concentration de plusieurs centaines de milligrammes par litre (CHEYNIER *et al.*, 1989) pourrait expliquer une telle évolution. Par contre, la faible évolution des teneurs en cuivre pendant le débourbage des jus de raisins confirme des observations déjà réalisées par d'autres auteurs (LAY et LEMPERLE, 1981; LEMPERLE et LAY, 1984 ; REDL, 1992) en particulier pour les jus obtenus par pressurage direct des raisins.

Par ailleurs, l'écart dans la teneur en cuivre des jus de raisins clarifiés provenant de vignes traitées un même nombre de fois est très significatif d'un millésime à l'autre alors que les modalités d'applications de la bouillie bordelaise comme le déroulement des opérations préfermentaires sont similaires (tableau VIII). La diminution plus ou moins importante selon le millésime des teneurs en cuivre au cours des opérations préfermentaires (figures 1 et 2) permet d'envisager que la composition des raisins de Sauvignon, peut-être en glutathion, puisse modifier la teneur en cuivre des jus de raisins. Des différences importantes sont aussi notées dans la teneur en cuivre des jus de raisins bruts obtenus juste après foulage, et provenant de vignes ayant subi un même nombre de traitements cupriques. Cette observation a déjà été effectuée par d'autres auteurs (LEMPERLE et LAY, 1984) et parait liée à la pluviométrie pendant la période des traitements ou en fin de maturation.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

Cependant, quelles que soient les conditions climatiques de la période estivale (figures 16 a, b,c) et la dose de cuivre retrouvée dans les jus de raisin, dans des conditions de maturation en climat océanique tempéré, un seul traitement avec une formulation de bouillie bordelaise appliquée aux doses d'homologation après le stade de fermeture de la grappe entraîne une teneur en 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one (4MMP) dans les vins de Sauvignon qui est plus faible que celle retrouvée dans les vins provenant des mêmes vignes traitées avec un fongicide organique de type folpel. La baisse des teneurs en 4-MMP (appréciée par couplage CPG-olfactométrie ou par dosage physique) est d'autant plus importante que le nombre d'applications cupriques et la teneur en résidus de cuivre dans le raisin clarifié sont élevés. Comme cela avait pu être noté dans des expérimentations préliminaires (DARRIET, 1993), ce résultat peut s'interpréter par la facilité de réaction de la 4-MMP présente dans les vins à une très faible concentration (située entre quelques ng/l et 40 ng/l) (BOUCHILLOUX *et al.*, 1996) avec le cuivre. Il est fort vraisemblable que les teneurs en 3-mercaptohexan-1-ol récemment identifié dans les vins de Sauvignon (TOMINAGA *et al.*, 1995b) puissent aussi être affectées par la présence de résidus de cuivre dans les jus de raisin de Sauvignon.

Concernant le stade de combinaison du cuivre avec la 4-MMP, ce composé étant présent dans le jus de raisin sous une forme thioéther, à priori de S-dérivé de la cystéine (TOMINAGA *et al.*, 1995a), il parait probable que la 4-MMP réagisse avec le cuivre au cours de la fermentation alcoolique lors de la révélation du précurseur non volatil en arôme (DUBOURDIEU et DARRIET, 1993). Cependant, les expériences menées avec les résines fixatrices de métaux lourds utilisées pour éliminer le cuivre présent dans le jus de raisin, montrent en 1994 à l'inverse de 1995 que l'élimination du cuivre dans les jus de raisin avant fermentation ne suffit pas toujours pour accroître les teneurs en 4-MMP dans les vins. De plus, ce traitement ne permet pas d'aboutir à une teneur en 4-MMP comparable à celle du vin de référence ; on peut donc imaginer aussi une limitation par le cuivre de la synthèse du précurseur de la 4MMP pendant la maturation soit directement à cause de résidus cupriques soit indirectement par l'action des traitements cupriques sur le métabolisme de la vigne.

Les notes de dégustation des vins de Sauvignon sont bien corrélées avec la détermination des teneurs en 4MMP dans les vins de Sauvignon. Ainsi, les vins issus de vignes traitées avec la formulation cuprique possèdent un arôme variétal significativement moins intense que les vins provenant des modalités sans traitement cuprique. Cependant, la dégustation intègre à la fois la présence de thiols de l'arôme variétal des vins de Sauvignon et le niveau de maturité des raisins. Ceci est peut-être à l'origine d'une mauvaise notation en 1993 des vins provenant des modalités 12, 13, 14 comme en 1994 des vins issus des modalités 5, 6, 7, 8.

Enfin, il apparaît que les traitements cupriques réalisés en début de période végétative (modalités 3 et 4 en 1994) n'entraînent qu'une faible teneur en résidus dans les jus de raisins et n'ont pas une incidence aussi marquée sur les teneurs en 4MMP et l'arôme variétal des vins de Sauvignon que les traitements menés à partir du stade fermeture de la grappe. Le vin provenant de la modalité 4 (traitements cupriques jusqu'à la nouaison) est bien noté. Ceci pourrait aussi être lié à la limitation de récolte provoquée par un effet pollinicide du cuivre (GARTEL, 1967).

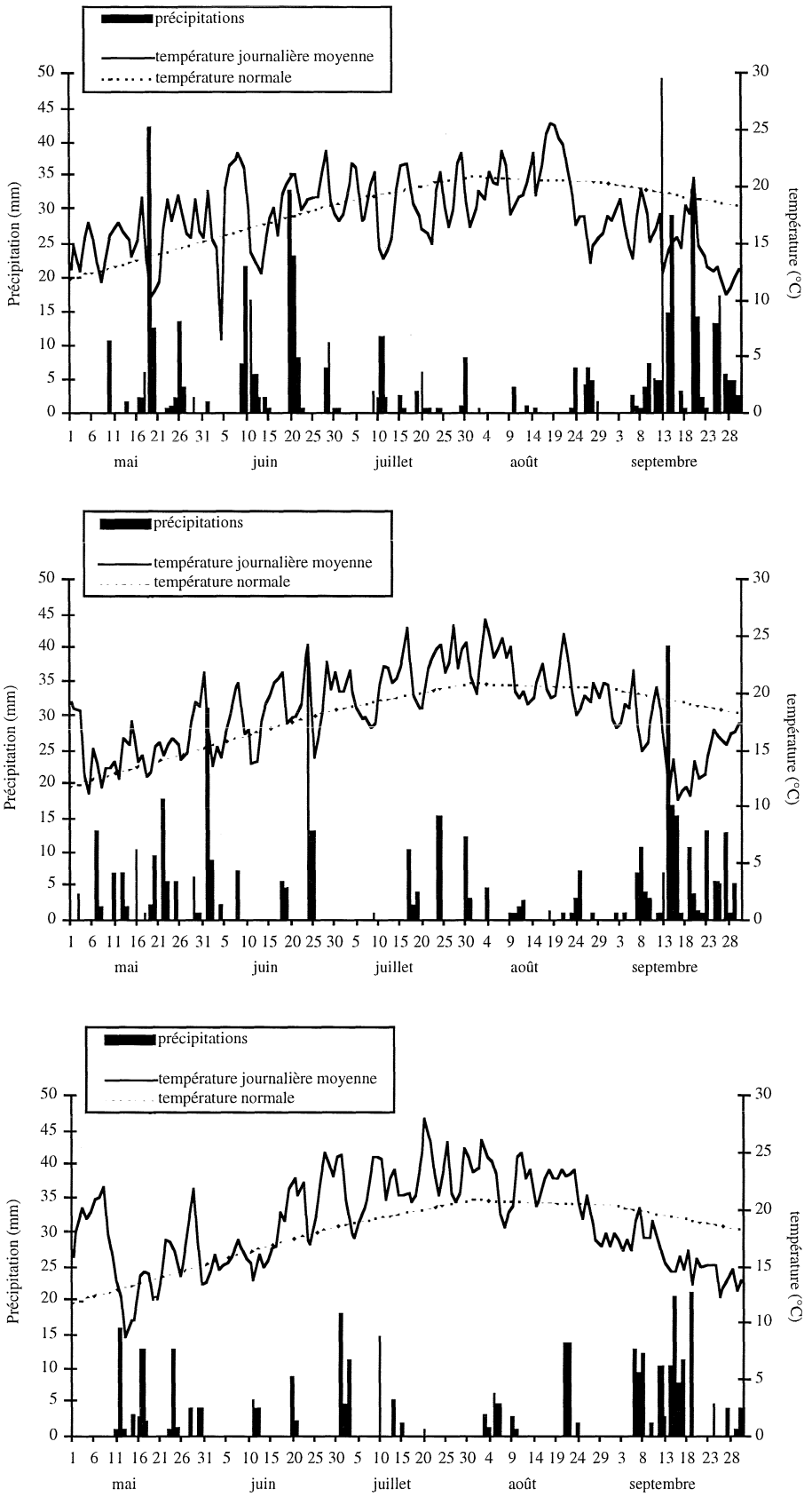
L'observation répétée de la moindre teneur en sucres dans les raisins provenant de vignes traitées avec une formulation de bouillie bordelaise, en regard des raisins issus des mêmes parcelles mais traitées avec un fongicide organique, fait surprenant, n'a pas été rapporté dans la littérature quoique vraisemblablement observé par certains praticiens et compte tenu des divers effets phytotoxiques (brûlures, coulure) liés à l'utilisation de bouillies cupriques, en particulier par temps frais et humide (LAFON et COUILLAUD, 1971 ; GALET, 1976).

Dans nos expérimentations, le retard de maturité en sucres des raisins ne peut pas s'interpréter par un développement plus important de pourriture grise sur les raisins provenant de vignes traitées avec du cuivre (tableaux V, VI, VII). Ce retard est lié au nombre de traitements cupriques réalisés dans la période végétative de la vigne située entre la fermeture de la grappe et la véraison mais l'importance de ce phénomène est plus ou moins marquée en fonction du site viticole, du positionnement du traitement et du millésime. En particulier, les résultats obtenus en 1995 sur la parcelle de l'Entre-deux-Mers (tableau VII) permettent d'envisager un moindre effet dépressif du cuivre en climat estival chaud et peu pluvieux (figures 16 a,b,c). Enfin, la teneur en sucres des raisins issus de vignes traitées à trois reprises avec une formulation de cuivre à 2200 g/ha dans le vignoble du Medoc permet de penser que les effets du cuivre sont limités lorsque le rendement de production est faible (tableau VI).

CONCLUSION

Les données présentées dans cette publication, résultats de trois années d'expérimentations, mettent en évidence que les traitements anticryptogamiques de la

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)



Figures 16 a, b, c — Conditions climatiques en 1993, 1994 et 1995

Figures 16 a, b, c — Climatic conditions in 1993, 1994 and 1995

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

vigne avec une formulation de bouillie bordelaise peuvent modifier la constitution des raisins de Sauvignon et limiter significativement l'expression aromatique variétale des vins de ce cépage.

L'effet des traitements cupriques de la vigne sur l'arôme variétal des vins de Sauvignon est d'abord lié à la réactivité du cuivre avec des thiols très odorants, dont la 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one, qui malgré leur présence à de faibles concentrations jouent un rôle important dans l'arôme des vins de ce cépage. Cependant, la connaissance que nous avons à l'heure actuelle de l'arôme d'autres cépages *Vitis vinifera* ne nous permet pas d'extrapoler ces résultats à d'autres variétés.

Les traitements anticryptogamiques de vignes de Sauvignon avec une formulation de bouillie bordelaise pendant la période située entre la fermeture de la grappe et la véraison, peuvent engendrer dans des conditions de maturation en climat océanique tempéré une teneur en sucres des raisins plus faible que celle notée dans les raisins provenant des mêmes vignes traitées avec un fongicide organique de type Folpel. Mais l'intensité de ce phénomène dépend du nombre de traitements cupriques, de leur positionnement, vraisemblablement de la dose de cuivre appliquée sur la vigne, du rendement de production et paraît liée aux conditions climatiques.

Remerciements : Les auteurs remercient Monsieur Pierre SAURIES, INRA, qui a réalisé les traitements anticryptogamiques sur les parcelles de l'Entre-deux-Mers en 1994 et 1995, Messieurs Jean-Pascal VAZART et François FEVRE qui ont participé à cette étude dans le cadre de la préparation du Diplome National d'Œnologue, Monsieur Jean-Louis CAUSSANEL D.G.C.C.R.F. pour son aide dans l'analyse du cuivre ainsi que le Conseil Interprofessionnel des Vins de Bordeaux (CIVB) qui a financé ces travaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUCHILLOUX P., DARRIET Ph. et DUBOURDIEU D., 1996. Mise au point d'une méthode de dosage de la 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one dans les vins de Sauvignon. *J. Intern. Sci. Vigne Vin*, **30**, n°1, 23-29.

CABRAS P., MELONI M. et PIRISI F.M., 1987. Pesticide fate from vine to wine. *Rev. Environ. Contam.Toxicol.*, Springer-Verlag U.S.A., **99**, 83-117.

CHEYNIER V., SOUQUET J.M. et MOUTOUNET M., 1989. Glutathione content and glutathione to hydroxycinnamic acid ratio in *Vitis vinifera* grapes and musts. *Am. J. Enol. Vitic.*, **40**, 320-324.

DARRIET Ph., LAVIGNE V., BOIDRON J.N. et DUBOURDIEU D., 1991. Caractérisation de l'arôme variétal des vins de Sauvignon par couplage chromatographie en phase gazeuse-olfactométrie. *J. Intern. Sci. Vigne Vin*, **25**, n°3, 167-174.

DARRIET Ph., 1993. Recherches sur l'arôme et les précurseurs d'arôme du Sauvignon. *Thèse Doctorat*, Université de Bordeaux II.

DARRIET Ph., TOMINAGA T., LAVIGNE V., BOIDRON J.N. et DUBOURDIEU D., 1995 a. Identification of a powerful aromatic component of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon wines : 4-mercapto-4-methylpentan-2-one. *Flavour and Fragrance Journal*, **10**, 385-392.

DARRIET Ph., HATZIDIMITRIOU E., POUPOT C., LAFON R. et DUBOURDIEU D., 1995b. Incidence des traitements anticryptogamiques de la vigne sur l'état de maturité des raisins et les caractéristiques organoleptiques des vins de Sauvignon. *5e Symp. Intern. œnol., Œnologie 95*, Lonvaud-Funel A., ed. Lavoisier-TEC&DOC, Paris.

DUBOURDIEU D. et DARRIET Ph., 1993. Recherches sur l'arôme variétal du Sauvignon. Mise en évidence dans les vins de composés soufrés à fort pouvoir odorant formés au cours de la fermentation alcoolique à partir de précurseurs non volatils du moût. Actes du Symp. Intern. Montpellier, Connaissance Aromatique des Cépages et Qualités des Vins, février 1993. *Rev. Fr. Œnol.*

FUSSNEGER B., MAURER R. et DETERING J., 1992. Insoluble, complex-forming polymers as potentiel substitutes for potassium hexacyanoferrate (II) for the diminution of heavy metals in wine. *Vitic. Enol. Sci.*, **47**, 8-23.

GALET P., 1976. Les maladies et les parasites de la vigne. Tome I, Montpellier.

GARTEL W., 1967. Action sur la vigne des produits chimiques utilisés dans la lutte contre les parasites et ses conséquences. *Bull. O.I.V.*, **40**, 442, 1342-1351.

LAFON J. et COUILLAUD P., 1971. Traité d'Ampélologie. Sciences et Techniques de la vigne. *Tome II - Culture, pathologie, défense sanitaire de la vigne*, ed. Dunod, Paris.

LAY H. et LEMPERLE E., 1981. Kupfergehalte auf Weintrauben, in Traubenmost und in Wein nach Anwendung kupferhaltiger Peronospora-Fungizide. 1. Mitt.: Ergebnisse aus dem Jahre 1980. *Die Weinwirtschaft*, **30**, 908-912.

LEMPERLE E. et LAY H., 1984. Kupfergehalte auf Weintrauben, in Traubenmost und in Wein nach Anwendung kupferhaltiger Peronospora-Fungizide. 2. Mitteilung: Ergebnisse aus dem Jahren 1982 und 1983. *Die Weinwirtschaft-Technik*, **8**, 221-224.

LEMPERLE E., 1988. Fungicide residues in musts and wines. *Proceed. 2e Internat. Cool Climate Vitic. Œnol. Symp.*, Auckland, New Zealand, January 1988, 211-217.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

LEMPERLE E., 1989. Wirkstoffrückstände nach Fungizidanwendung. *Die Weinwirtschaft-Technik*, **125**, n°3, 14-26.

MAUJEAN A., NEDJMA M., VIDAL J.P., CANTAGREL R. et LURTON L., 1993. Étude du comportement chimique et thermique des produits soufrés dans les vins et les eaux-de-vie. *1er Symp. Sci. Intern. Cognac*, Élaboration et connaissance des spiritueux, Cantagrel R., ed. Lavoisier-TEC&DOC, Paris.

MINARIK E., 1979. Les pesticides et leur influence sur la fermentation. *Intern. Congress on Microbiology in Food Industries*, APRIA, 7-12 oct., 65-84.

RAUHUT D., 1989. Trace analysis of sulphurous off-flavours in wine caused by extremely volatile S-containing metabolites of pesticides e.g. Orthene. *IVe Symp. Intern. Œnol.*, Actualités Œnologiques 1989, Ribéreau-Gayon P. et Lonvaud A., ed. Dunod, Paris.

REDL H., 1992. Untersuchungen über allfällige pflanzenschutzmittelbedingte Anreicherungen von Kupfer in Most und Wein. *Mitteilungen Klosterneubung*, **42**, 58-64.

RIBÉREAU-GAYON J., PEYNAUD E., RIBÉREAU-GAYON P. et SUDRAUD P., 1982. Traité d'Œnologie. Sciences et Techniques du vin. *Tome I Analyse et contrôle des vins*, ed. Dunod, Paris.

SAPIS-DOMERCQ S., BERTRAND A., MUR F. et SARRE C., 1976. Influence des produits de traitement de la vigne sur la microflore levurienne. *Connaissance Vigne Vin*, **10**, n°4, 369-389.

SAPIS-DOMERCQ S., BERTRAND A., JOYEUX A., LUCMARET U. et SARRE C., 1978. Étude de l'influence des produits de traitement de la vigne sur la microflore des raisins et des vins. Comparaison avec les résultats de 1976 et 1975. *Connaissance Vigne Vin,* **12**, n°4, 245-275.

TOMINAGA T., MASNEUF I. et DUBOURDIEU D., 1995a. Mise en évidence d'un S-conjugué de la cystéine, précurseur d'arôme du Sauvignon. *J. Intern. Sci. Vigne Vin*, **29**, n°4, 227-232.

TOMINAGA T., MASNEUF I. et DUBOURDIEU D., 1995b. Des conjugués de la cystéine précurseurs de certains arômes du Sauvignon. *5e Symp. Intern. œnol., Œnologie 95*, Lonvaud-Funel A., ed. Lavoisier-TEC&DOC, Paris.

Manuscrit reçu le 30 août 1996 ;
accepté pour publication le 24 septembre 1996

©Vigne et Vin Publications Internationales (Martillac, France)

Erratum : Dans l'article « Incidence d'une protection viticole anticryptogamique utilisant une formulation cuprique sur le niveau de maturité des raisins et l'arôme variétal des vins de Sauvignon (Bilan de trois années d'expérimentation) » par Efimia HATZIDIMITRIOU, Patricia BOUCHILLOUX, Ph. DARRIET, Y. BUGARET, M. CLERJEAU, C. POUPOT, B. MEDINA et D. DUBOURDIEU, vol. 30, n°3, p. 137-138, un problème de lisibilité des tableaux est apparu lors de l'impression. Nous prions nos lecteurs de bien vouloir nous excuser de cette erreur et de trouver ci-après les deux pages rectifiées.

TABLEAU II A, B, C

Programmes des traitements dans l'Entre-deux-Mers

Table II A, B, C — Spraying programs in The Entre-deux-Mers vineyard

1993	Modalités	MAI		JUIN		JUILLET			AOUT	SEPTEMBRE
		6	20	4	17	1	15	29	12 début véraison	20 récolte
référence	8 traitements folpel *	o	o	o	o	o	o	o	o	
1	4 traitements cuivre **	o	o	o	o	●	●	●	●	
2	4 traitements cuivre + folpel ***	o	o	o	o	o	o	o	o	
3	3 traitements cuivre	o	o	o	o	o	●	●	●	
4	3 traitements cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
5	2 traitements cuivre	o	o	o	o	o	o	●	●	
6	2 traitements cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
7	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	o	●	
8	1 traitement cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
9	3 traitements cuivre	o	o	o	o	●	●	●	o	
10	3 traitements cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
11	2 traitements cuivre	o	o	o	o	o	●	●	o	
12	2 traitements cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
13	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	●	o	
14	1 traitement cuivre + folpel	o	o	o	o	o	o	o	o	
	Couverture anti-mildiou	Mikal	Mikal							
	Couverture anti-oïdium	Thiovit	Thiovit		Olympe	Olympe	Olympe			
	Couverture anti-pourriture				Sumico		Kidan		Kidan	
	Précipitations entre traitements (mm)	75	23	55	82	21	12	12	178	

* FOLPET (folpel 50%)
** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%)
*** Association de Folpet et d'une formulation de bouillie bordelaise commerciale à demi-dose (7500 et 1200 g produit formulé / ha)

1994	Modalités	MAI			JUIN			JUILLET		AOUT		SEPTEMBRE
		10	20	30	9	20	30	11	21	1 début véraison	10	12 récolte
1 (référence)	10 traitements folpel *	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
2 (référence)	10 traitements cuivre **	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
3	3 traitements cuivre avant la floraison	●	●	●	o	o	o	o	o	o	o	
4	6 traitements cuivre avant la fermeture de la grappe	●	●	●	●	●	●	o	o	o	o	
5	8 traitements cuivre avant la véraison	●	●	●	●	●	●	●	●	o	o	
6	3 traitements cuivre	o	o	o	o	o	o	o	●	●	●	
7	2 traitements cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	●	●	
8	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	
	Couverture anti-oïdium	Thiovit	Thiovit		Score		Score	Score		Thiovit	Thiovit	
	Couverture tordeuses de la grappe					Cascade					Cascade	
	Couverture anti-pourriture					Scala					Scala	
	Précipitations entre traitements (mm)	36	35	49	10	52	0,5	16	30	5,5		40

* MYCO 500 (Folpel 500 g/l)
** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%)

1995	Modalités	MAI		JUIN			JUILLET			AOUT		SEPTEMBRE
		15	24	2	12	22	3	13	24	2 début véraison	11	11 récolte
1 (référence)	10 traitements folpel *	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
2	3 traitements cuivre **	o	o	o	o	o	o	o	●	●	●	
3	2 traitements cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	●	●	
4	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	o	●	
5	1 traitement cuivre	o	o	o	o	o	o	o	o	●	o	
	Couverture anti-oïdium		Karathane	Karathane	Olympe		Olympe	Olympe	Karathane			
	Couverture tordeuses de la grappe									Cascade		
	Couverture anti-pourriture						Scala			Scala		
	Précipitations entre traitements (mm)	33	9	9	11	34	20	2	0	18		64

* MYCO 500 (Folpel 500 g/l)
** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%)

 ©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU III

Programme de traitements dans un cru de Graves

Table III — Spraying programs in the Graves vineyard

1994	Modalités	AVRIL		MAI			JUIN		JUILLET	AOUT		SEPTEMBRE
		12	27	4	19	1	17	26	19	1	6 début véraison	5 récolte
A (référence)	2 traitements Antéor flo *											
B	2 traitements cuivre **											
C	1 traitement cuivre											
D	1 traitement cuivre											
	Couverture générale	Microlux Rhodax	Microlux Manèbe	Microlux Manèbe	Systhane 12E Antéor flo	Microlux Organil 648	Microlux Manèbe Ekalux	Systhane 12E Antéor flo Acryptane Rufast				
Précipitations entre traitements (mm)		28	0	32	29	34	42	37	34			

* ANTEOR FLO (cymoxanil 40 g/l + folpel 334 g/l)

** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%)

TABLEAU IV

Programme de traitements dans un cru du Médoc

Table IV — Spraying programs in the Medoc vineyard

1994	Modalités	AVRIL		MAI				JUIN		JUILLET	AOUT		SEPTEMBRE
		28	5	10	18	24	31	2	15	23	22	2	22	5 récolte
α (référence)	2 traitements folpel *													
β	3 traitements cuivre **													
γ	3 traitements cuivre + folpel ***													
	Couverture générale	soufre folpel	soufre folpel	soufre folpel	soufre folpel	soufre folpel		Tréma folpel	soufre folpel	soufre folpel				
	Couverture anti-pourriture						folpel					Ronilan	Ronilan	
Précipitations entre traitements (mm)		5	13	19	28	14	70	2	4	46	29	24		

* folpel 3 l/ha

** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%) - 10,8 kg/ha

*** FORMULATION DE BOUILLIE BORDELAISE COMMERCIALE (sulfate de cuivre 20%) - 3 kg/ha

souche EG8 (INRA Colmar) à 100 mg/l. Les fermentations se déroulent dans une chambre à 20°C.

Les vins sont sulfités à 4 g/hl quelques jours après l'achèvement de la fermentation alcoolique et sont conservés à 10°C en bouteilles de 1,5 litres. Leurs lies sont régulièrement remises en suspension et leurs teneurs en dioxyde de soufre maintenues à 25-30 mg/l.

Environ six mois après, les vins sont soutirés puis embouteillés.

III — ÉLIMINATION DU CUIVRE PAR TRAITEMENT DU JUS DE RAISIN AVEC UN POLYMERE COMPLEXANT

Les polymères complexants « pop-corn » sont des polymères à base de 1-vinylimidazole et de 1-vinylpyrolidones (BASF AG, Allemagne) qui possèdent la propriété de fixer des métaux, en particulier le fer et le cuivre (FUSSNEGER *et al.*, 1992). Le produit est introduit à la dose de 80 g/hl dans le jus de raisin clarifié (200 NTU) qui est conservé à -4°C. Tous les jours, le polymère est remis en suspension et un dosage du cuivre résiduel est réalisé ; la teneur en dioxyde de soufre est maintenue à 25 mg/l. Après l'élimination totale du cuivre, le jus est soutiré puis ensemencé avec la souche EG8 à 100 mg/l et mis à fermenter à 20°C.

IV — ANALYSES

1) Analyses classiques

Les teneurs en sucres ont été déterminées dans les jus après macération et pressurage, par dosage à la liqueur de Fehling ; l'acidité totale a été déterminée par titration avec une solution d'hydroxyde de sodium N/10 en employant le bleu de bromothymol comme indicateur (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1982).

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)