

## INFLUENCE DU MATÉRIAU SUR L'ÉVOLUTION DU VIN CONDITIONNÉ EN CONTENANT DE FAIBLE VOLUME

J.-N. BOIDRON et M. BAR\*

Institut d'Oenologie, Université de Bordeaux II  
351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex (France)

Cette étude concerne l'évolution de vins conditionnés dans des bouteilles de 18,7 cl, dites «1/4 aviation» avec bouchage à vis. Traditionnellement cette bouteille est en verre, sa neutralité et son imperméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau en font un matériau parfait pour la conservation prolongée des vins. Cependant pour des raisons économiques et techniques on cherche des matériaux de remplacement. On demande à ces matériaux de permettre une aussi bonne conservation du vin que le verre et d'avoir des qualités supplémentaires (légèreté, résistance aux chocs, moindre encombrement, coût plus faible, présentation différente). Le facteur légèreté est particulièrement pris en considération par les compagnies d'aviation. Nous avons donc étudié la conservation dans les bouteilles de 18,7 cl qu'elles utilisent habituellement.

Trois matériaux sont actuellement proposés pour le vin en bouteilles plastique. Ce sont des matériaux thermoplastiques :

- le polychlorure de vinyle (PVC)
- le polyéthylène téréphtalate (PET)
- le PET revêtu de PVDC (polychlorure de vinylidène)

Des études ont déjà été faites sur des contenants de plus grand volume et de composition différente, en particulier les couches multiples carton / aluminium / polyéthylène (GALASSI, 1985; LORUSSO, 1985). Le PET a été étudié essentiellement avec la bière (RYDER, 1982; NEWTON, 1986) et le Cognac (CANTAGREL, 1987). La perméabilité à l'oxygène et à la vapeur d'eau est un facteur important à prendre en compte. La pénétration d'oxygène est faible mais continue. L'importance de ces facteurs est d'autant plus grande que le récipient est plus petit (plus grand rapport surface / volume) et que la température est plus élevée (KOLLEN et JABARIN, 1985).

La particularité de notre étude est la faible capacité des contenants étudiés. Nous comparons l'influence du verre, du PVC et du PET sur l'évolution de vins différents, de concentrations en SO<sub>2</sub> initial variables; nous étudions également le comportement d'une solution synthétique, afin de mieux apprécier la fixation éventuelle par les matériaux de certains constituants du vin ou le rélargage de composants du contenant.

---

\* Actuellement D.G.C.C.R.F., 59650 Villeneuve d'Ascq.

Quatre séries de comparaisons ont été effectuées :

- vin rouge AOC Bordeaux en bouteilles verre, PVC, PET
- vin blanc AOC Bordeaux en bouteilles verre, PVC, PET
- vin blanc AOC Graves en bouteilles verre et PET
- solution synthétique en bouteilles verre, PVC, PET.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### I — MATÉRIEL

Les bouteilles en verre, PVC et PET sont des bouteilles commerciales de 18,7 cl, avec bouchage à vis BVP. Les caractéristiques principales des matériaux figurent au tableau I.

**TABLEAU I**  
**Caractéristiques des matériaux des bouteilles utilisées.**

	Polyéthylène Téréphtalate PET	Copolymère PVC / PVA Rapport molaire 90 / 10 PVC	Verre teinte champagne	
Monomère résiduel	Acétaldéhyde < 0,08 %	Chlorure de vinyle < 1 ppm		
	ppm Mn 32 Ti 5 Ca < 5 P 35	ppm Cu 3 Sn 100 Pb < 1 Mg < 1	% SiO <sub>2</sub> 70,50 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,45 CaO 10,50 Na <sub>2</sub> O 13,20 MgO 1,70	% MnO 0,11 K <sub>2</sub> O 0,70 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,14 TiO <sub>2</sub> 0,09 NiO < 0,03
Épaisseur (mm)				
moyenne	0,81	0,77		
écart-type	0,06	0,10		
Poids moyen (g)	26	23	143	

Les capsules de bouchage à vis sont des capsules Stelcap 22/30 pour bordelaises 18,7 cl. Le «spot» est composé d'un disque en polyéthylène expansé, inséré entre deux films d'EVA (copolymère éthylène-acétate de vinyle) de 24 $\mu$ . Le collage des films est assuré par du chlorure de polyvinylidène (PVDC ou Saran).

## II — MÉTHODOLOGIE

Les différentes bouteilles utilisées ont été remplies dans des conditions standard, sur une ligne de conditionnement industrielle, utilisée dans les conditions normales de tirage pour les divers types de contenants considérés.

Pour chaque essai, plusieurs centaines d'échantillons ont été prélevés au hasard au poste de la mise en cartons d'expédition.

Après prélèvement, les bouteilles sont conservées, soit à 20°C, soit à 30°C, debout dans leur carton et à l'obscurité.

Les compositions initiales de la solution synthétique et des vins utilisés sont rassemblées tableau II.

Les expertises sont effectuées au bout de 1, 3 et 6 mois.

**TABLEAU II**  
**Composition de la solution synthétique et des vins**  
**lors de la mise en bouteilles.**

	Solution synthétique	Vin rouge Bordeaux AOC	Vin blanc Bordeaux AOC	Vin blanc Graves AOC
Acétate d'isoamyle (mg/l)	4			
Hexanoate d'éthyle (mg/l)	8,8			
Octanoate d'éthyle (mg/l)	10			
Décanoate d'éthyle (mg/l)	2,3			
Hexanol (mg/l)	7,9			
Phényl-2 éthanol (mg/l)	100			
Éthanol (%)	11,43	12,17	12,40	12,22
SO <sub>2</sub> libre (mg/l)	96	38	74	33
SO <sub>2</sub> total (mg/l)	102	122	154	122
CO <sub>2</sub> (g/l)	1,8	0,2	0,35	0,1
Acidité totale (g/l H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		3,5	4,4	4,1
Acidité volatile (g/l H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		0,40	0,30	0,25
Acétate d'éthyle (mg/l)		94	40,6	50
Couleur	{ Intensité (d420 + d520) Teinte (d420 / d520)	0,48		
		0,72		
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)		< 2	< 2	2

**TABLEAU III**

**Évolution de la solution synthétique. Variation en % après 6 mois de stockage.  
Comparaison bouteilles 1/4 verre, 1/4 PVC, 1/4 PET.**

	VERRE		PVC		PET	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
Éthanol	0	0	0	+ 2	0	+ 3
CO <sub>2</sub>	0	0	- 33	- 60	- 33	- 55
SO <sub>2</sub> libre	- 17	- 30	- 18	- 41	- 18	- 48
SO <sub>2</sub> total	- 18	- 22	- 33	- 60	- 33	- 55

Les analyses des substances volatiles ont été faites par chromatographie en phase gazeuse, celle du gaz carbonique avec une électrode spécifique. Les autres analyses ont été faites selon les méthodes classique (RIBÉREAU-GAYON, 1976). Les analyses sont faites chaque fois sur 3 bouteilles prises au hasard, dont on donne la moyenne dans les tableaux III à VII.

Les comparaisons organoleptiques sont faites à l'aveugle. Le jury étant composé de 19 personnes dont au minimum 13 sont toujours présentes. Il s'agit de dégustateurs entraînés, mais non sélectionnés. On utilise la méthode duo-trio : on compare deux produits dont un est doublé, soit trois échantillons. Ceux-ci sont disposés au hasard. Chaque juge doit indiquer également sa préférence pour l'échantillon double ou l'échantillon unique ; ce résultat n'est pris en compte que s'il a correctement identifié l'échantillon doublé.

Pour suivre l'évolution des différences, nous avons considéré deux coefficients :

- R, pourcentage de dégustateurs ayant correctement apparié les échantillons. Plus le pourcentage est important, plus les échantillons sont différents.

- P, le pourcentage de R ayant préféré le conditionnement verre.

Il est sûr que parmi ceux qui reconnaissent les différences, les préférences peuvent être opposées, certains peuvent préférer les vins fruités, les autres les vins oxydés, par exemple.

Tous les essais sont effectués à 11 heures du matin, avec les verres AFNOR, à 19°C en salle d'analyse sensorielle elle-même à 19°C, sans communication entre les différents participants.

**TABLEAU IV**

**Évolution de la composition du vin rouge AOC Bordeaux conditionné en bouteilles de t<sub>0</sub> à 6 mois, à 20°C et 30°C. Comparaison bouteilles 1/4 verre, 1/4 PVC, 1/4 PET.**

	20°C				30°C		
	t <sub>0</sub>	1 M	3 M	6 M	1 M	3 M	6 M
<i>Bouteilles 1/4 verre</i>							
CO <sub>2</sub> (g/l)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SO <sub>2</sub> L (mg/l)	38	19	16	16	14	12	14
SO <sub>2</sub> T (mg/l)	122	113	106	100	82	89	84
Couleur	{ Intensité Teinte	0,48	0,44	0,40	0,41	0,42	0,41
		0,72	0,72	0,77	0,84	0,76	0,85
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
<i>Bouteilles 1/4 PVC</i>							
CO <sub>2</sub> (g/l)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SO <sub>2</sub> L (mg/l)	38	11	7	9	5	5	3
SO <sub>2</sub> T (mg/l)	122	101	93	80	59	55	32
Couleur	{ Intensité Teinte	0,48	0,47	0,50	0,56	0,53	0,57
		0,72	0,70	0,71	0,78	0,77	0,87
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3
<i>Bouteille 1/4 PET</i>							
CO <sub>2</sub> (g/l)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SO <sub>2</sub> L (mg/l)	38	11	7	9	4	4	4
SO <sub>2</sub> T (mg/l)	122	100	87	84	68	46	28
Couleur	{ Intensité Teinte	0,48	0,48	0,51	0,53	0,51	0,55
		0,72	0,68	0,72	0,79	0,77	0,88
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3

1 M, 2 M, 3 M : durée de conservation en bouteilles au moment de l'analyse, en mois.

## RÉSULTATS

### I — ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUES

#### 1) Solution synthétique

Après 6 mois de stockage, tous les matériaux se comportent de la même façon, quelle que soit la température, vis à vis des esters et des alcools il n'a pas été constaté d'absorption de ces substances.

Dans les cas du PVC et du PET, le CO<sub>2</sub>, le SO<sub>2</sub> libre et le SO<sub>2</sub> total diminuent (tableau III) alors que les variations sont nulles ou beaucoup plus faibles en bouteilles de verre. La température accélère les variations.

**TABLEAU V**  
**Évolution de la composition du vin blanc AOC Bordeaux**  
**conditionné en bouteilles de t<sub>0</sub> à 6 mois, à 20° C et 30° C.**  
**Comparaison bouteilles 1/4 verre, 1/4 PVC, 1/4 PET.**

	20° C				30° C		
	t <sub>0</sub>	1 M	3 M	6 M	1 M	3 M	6 M
<i>Bouteilles 1/4 verre</i>							
CO <sub>2</sub> (g/l)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ethanol (%)	12,40	12,38	12,39	12,45	12,39	12,38	12,46
SO <sub>2</sub> L (mg/l)	74	42	34	28	34	24	20
SO <sub>2</sub> T (mg/l)	154	136	108	120	118	96	100
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
<i>Bouteilles 1/4 PVC</i>							
CO <sub>2</sub> (g/l)	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Éthanol (%)	12,40	12,35	12,35	12,48	12,35	12,44	12,52
SO <sub>2</sub> L (mg/l)	74	28	8	6	16	4	3
SO <sub>2</sub> T (mg/l)	154	116	76	74	102	52	42
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)	< 2	< 2	2	3	< 2	2	3
<i>Bouteilles 1/4 PET</i>							
CO <sub>2</sub> (g/l)	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
Éthanol (%)	12,40	12,36	12,40	12,48	12,38	12,51	12,65
SO <sub>2</sub> L (mg/l)	74	30	10	8	20	6	3
SO <sub>2</sub> T (mg/l)	154	120	82	86	102	62	42
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)	< 2	< 2	2	2	< 2	2	2

1 M, 2 M, 3 M : durée de conservation en bouteilles au moment de l'analyse, en mois.

**TABLEAU VI**

**Évolution de la composition du vin blanc, Graves AOC  
conditionné en bouteilles de t<sub>0</sub> à 6 mois, à 20° C et 30° C.  
Comparaison bouteilles 1/4 verre, 1/4 PVC, 1/4 PET.**

	20° C				30° C		
	t <sub>0</sub>	1 M	3 M	6 M	1 M	3 M	6 M
<i>Bouteilles 1/4 verre</i>							
CO <sub>2</sub> (g/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Éthanol (%)	12,23	12,23	12,21	12,26	12,22	12,20	12,22
SO <sub>2</sub> L (mg/l)	33	33	24	24	26	20	20
SO <sub>2</sub> T (mg/l)	122	120	104	88	118	100	82
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)	2	2	< 2	< 2	2	< 2	< 2
<i>Bouteille 1/4 PET</i>							
CO <sub>2</sub> (g/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Éthanol (%)	12,23	12,17	12,17	12,23	12,21	12,20	12,42
SO <sub>2</sub> L (mg/l)	33	29	4	3	11	4	4
SO <sub>2</sub> T (mg/l)	122	120	62	59	88	38	32
Fe <sup>+++</sup> (mg/l)	2	2	4	4	2	3	5

On note également, toujours pour le PVC et le PET, à 30° C, une légère augmentation du degré alcoolique (+ 0,2 degré environ).

2) Vin rouge AOC Bordeaux à 38 mg/l de SO<sub>2</sub> libre (tableau IV)

On constate, avec le PVC et le PET, une perte rapide du CO<sub>2</sub>, (alors qu'il n'y a pas de variation sous verre), une diminution beaucoup plus rapide du SO<sub>2</sub> libre, déjà importante après 1 mois, et une augmentation du fer ferrique.

On observe de visu une évolution assez rapide de la couleur des vins conservés en PVC et PET, qui se traduit par un aspect plus tuilé, observation confirmée par les données analytiques : augmentation de d<sub>420</sub> plus importante dans le PVC et le PET et accentuée par la température, diminution de d<sub>520</sub> dans le vin conservé en verre, au contraire augmentation pour le PVC et le PET (intensité colorante =  $\frac{d_{420}}{d_{520}}$ ).

L'éthanol, l'acidité totale, l'acidité volatile, l'acétate d'éthyle et le fer total ne varient pas.

## TABLEAU VII

### Analyses organoleptiques. Comparaison bouteilles 1/4 verre, 1/4 PVC, 1/4 PET

VIN ROUGE AOC BORDEAUX								
Date de dégustation (1)	Verre / PVC		Verre / PET		Verre / PVC		Verre / PET	
	20° C		20° C		30° C		30° C	
	R	P	R	P	R	P	R	P
40 jours	61,5	—	61,5	—				
95 jours	92,3	91,6	92,3	100	92,3	92,3	100	84,6
245 jours	100	100	92,8	92,3	100	100		
245 jours	PVC / PET 20° C							
	64,3	66,7						

VIN BLANC AOC BORDEAUX								
Date de dégustation (1)	Verre / PVC		Verre / PET		Verre / PVC		Verre / PET	
	20° C		20° C		30° C		30° C	
	R	P	R	P	R	P	R	P
28 jours	75	100	33,32	—	100	100	66,6	50
136 jours	*85,7	91,7	*78,5	90,9				
198 jours	100	93,0	80	91,7				

VIN BLANC AOC GRAVES				
Date de dégustation (1)	Verre / PET			
	20° C		30° C	
	R	P	R	P
34 jours	36	—	79	91
55 jours	53,8	100	100	100
151 jours	*100	100	*100	92,8
216 jours	100	100	100	100

\* verre AFNOR en onyx noir; éclairage lumière jaune au sodium.

R : reconnaissance des échantillons en % de bonnes réponses.

P : préférence pour l'échantillon verre en % de R.

(1) nombre de jours après la mise.



### 3) Vin blanc AOC Bordeaux à 74 mg/l de SO<sub>2</sub> libre (tableau V)

Dans le PVC et le PET, le CO<sub>2</sub> diminue, l'éthanol augmente légèrement, le SO<sub>2</sub> libre et le SO<sub>2</sub> total diminuent très rapidement. Le SO<sub>2</sub> libre disparaît pratiquement en 3 mois malgré une quantité importante au départ; simultanément, le fer ferrique augmente.

Dans le verre, les variations sont beaucoup plus faibles ou nulles.

### 4) Vin blanc AOC Graves à 33 mg/l de SO<sub>2</sub> libre (tableau VI)

Le CO<sub>2</sub> est trop faible pour pouvoir varier. Par contre, dans le PET, l'éthanol augmente légèrement à 30°C, le SO<sub>2</sub> libre et le SO<sub>2</sub> total diminuent rapidement, comme dans le cas précédent. Comme le SO<sub>2</sub> libre est plus faible au départ, il devient pratiquement nul plus rapidement (avant 3 mois). Le fer ferrique augmente.

### 5) teneurs en cations Cr et Sn

Dans aucun des cas, on n'a constaté d'enrichissement en cations Cr ou Sn après 6 mois de stockage à 20°C ou 30°C, les teneurs dosées par spectrométrie d'absorption atomique restant inférieures à 40 et 5 ppb respectivement.

## II — ANALYSES ORGANOLEPTIQUES

Dans le tableau VII figurent les principaux résultats des comparaisons gustatives.

Ces résultats sont discutés dans la partie suivante.

## DISCUSSION

### I — ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES (tableaux II à VI).

Les esters odorants diminuent avec la température, mais la vitesse de diminution est la même quel que soit le matériau.

L'éthanol reste constant dans le verre, mais augmente légèrement dans les plastiques. Cette augmentation croît avec le temps et la température de conservation. Cela est dû à une légère perte en eau; la perméabilité à la vapeur d'eau des bouteilles plastiques est un phénomène connu (KOLLEN et JABARIN, 1985; RYDER, 1982).

Le CO<sub>2</sub> diminue dans tous les cas où sa concentration initiale est supérieure à 0,1 g/l. La diminution est plus rapide avec le PVC que le PET; le verre conserve parfaitement la concentration initiale en CO<sub>2</sub>.

Le phénomène principal reste l'oxydation. Le passage d'oxygène n'a pas pu être mesuré directement; mais on sait que le PET et le PVC présentent une certaine perméabilité à l'oxygène (BOST, 1980; KOLLEN et JABARIN, 1985; RYDER, 1982). On mesure ici les conséquences: diminution accélérée de l'anhydride sulfureux, surtout du SO<sub>2</sub> libre, augmentation du fer ferrique, augmentation de l'intensité colorante, augmentation de la teinte tuilée du vin rouge.

Dans tous les cas, les différences sont accentuées avec le temps et la température.

La diminution du SO<sub>2</sub> est moins rapide dans la solution synthétique que dans les vins. Les vins contiennent des substances susceptibles de favoriser cette oxydation. Leur absence dans cette solution explique cette différence.

Il convient de remarquer que les impératifs technologiques sur la chaîne de conditionnement impliquent une différence de couple de serrage de la capsule à vis entre les contenants de verre et de plastique. L'oxydation du vin peut donc avoir deux causes : la perméabilité du polymère et un bouchage insuffisant. (Cette deuxième cause est néanmoins liée à la nature du contenant).

## II — ANALYSES ORGANOLEPTIQUES

Les analyses organoleptiques (tableau VII) montrent nettement les différences entre le verre et le PET ou le PVC.

Pour le *vin rouge AOC Bordeaux*, dès 40 jours à 20° C, le PVC et le PET se différencient du verre. La différence organoleptique augmente dans le temps au point d'être reconnue et rejetée par la quasi totalité des dégustateurs au bout de 95 jours.

Pour ce type de vin rouge, avec 38 mg/l de SO<sub>2</sub> libre, le contenant plastique est inférieur au verre à partir de 40 jours.

Dans le cas du *vin blanc AOC Bordeaux*, avec 75 mg/l de SO<sub>2</sub> libre, les différences sont très marquées dès 28 jours pour le PVC et 136 pour le PET. Le PET se comporte ici beaucoup mieux que le PVC. La température accélère rapidement les variations. A 30° C, même le PET est bien différencié du verre dès 28 jours.

Avec le *vin blanc AOC Graves*, avec 35 mg/l SO<sub>2</sub> libre, seul le PET est étudié. Il ne se différencie bien du verre qu'à partir de 60 jours environ à 20° C mais dès 30 jours à 30° C. A partir de 55 jours à 30° C et 150 jours à 20° C, il est reconnu et rejeté à l'unanimité. Certaines comparaisons faites dans les verres noirs prouvent que la différence est faite rien qu'à l'odeur. Dans les verres incolores, la couleur brune du vin ne fait que renforcer l'impression défavorable.

## CONCLUSION

Dans cette expérience, la tenue dans le PET a été moins bonne pour le vin de Graves que pour le Bordeaux blanc, mais le premier n'a que 35 mg/l de SO<sub>2</sub> libre, le second 75 mg/l. Le Bordeaux rouge, avec 38 mg/l se comporte également moins bien que dans le verre. Les réactions d'oxydation étant le phénomène principal, il est normal que la tenue du vin dépende de sa concentration en SO<sub>2</sub> libre.

Dans des conditions normales de sulfitage (30 mg/l de SO<sub>2</sub> libre), le PET à 20° C en bouteilles « 1/4 aviation » peut convenir pour des conservations jusqu'à 40 jours, exceptionnellement 60 jours pour certains vins; 40 jours est donc une limite impérative. Le PVC ne peut pas convenir puisque le stockage de 30 jours est déjà très dommageable.

Avec 70 mg/l de SO<sub>2</sub> libre, le PET à 20° C convient bien pendant 90 jours environ; mais cette forte concentration est nuisible à la qualité si le vin est consommé rapidement.

Cette étude porte sur des bouteilles « 1/4 Aviation » de 18,7 cl. Les résultats confirment l'incidence très défavorable d'un rapport surface / volume important sur les phénomènes oxydatifs. L'augmentation de volume des contenants diminue cette incidence. La durée d'une bonne conservation augmente donc avec ce volume. Les résultats présents ne peuvent en aucun cas être extrapolés aux bouteilles de plus grande capacité pour lesquelles le rapport surface / volume est en principe plus favorable.

Manuscrit reçu le 22 février 1988 ; accepté pour publication le 18 mars 1988.

## RÉSUMÉ

L'évolution du vin en bouteilles de 18,7 cl avec bouchon à vis est étudiée. On compare l'effet du matériau des bouteilles : verre, PET, PVC à 20° C et 30° C sur la conservation des vins. Le PVC ne permet jamais une conservation correcte. Le PET permet une conservation de 40 jours maximum avec 30 mg/l de SO<sub>2</sub> libre et de 90 jours avec 70 mg/l.

## SUMMARY

The transformations of wine in 18,7 cl bottles are examined. The effect of materials of bottles are compared : glass, PET, PVC, at 20° C and 30° C. With PVC and PET CO<sub>2</sub>, free and total SO<sub>2</sub> and sensorial qualities decrease quickly, Fe<sup>+++</sup> increase. The evolution is faster at 30° C and with PVC. The decrease of quality is more important with a small concentration of free SO<sub>2</sub>. With PVC the quality preservation is always bad. With PET the quality is preserved during 40 days with 30 mg/l of free SO<sub>2</sub> and during 90 days with 70 mg/l.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOST J., 1980. *Matières plastiques, chimie, applications*. Éd. Techniques et Documentation, 148.
- CANTAGREL R., 1987. Emballage en PET, des résultats comparables au verre. *La Journée Vinicole*, 17443, 5.
- GALASSI S., 1985. Studi sul confezionamento del vino in contenitori alternativi al vetro. *Industria delle Bevande*, febbraio 1985, 30-35.
- KOLLEN W. et JABARIN S.A., 1985. Plastic containers for oxygen sensitive foods. *Food and drug packaging*, october 1985, 44-57.
- LORUSSO S., 1985. I contenitori alternativi al vetro per il confezionamento dei vini. Caratteristiche di conservazione e costi a confronto. *Industria delle Bevande*, giugno 1985, 254-274.
- NEWTON J.R., 1986. Coatings for flexible and rigid packaging. *Packaging*, april 1986, 27.
- RIBÉREAU-GAYON J., 1976. *Sciences et techniques du vin*, Dunod, Paris.
- RYDER L.B., 1982. Beer in PET bottles : the shift is starting. *Modern plastics International*, december 1982, 52.