

EFFET DE POLYSACCHARIDES SUR LA FORMATION DE TROUBLE PROTÉIQUE DANS UN VIN BLANC

P. PELLERIN*, Elizabeth WATERS**, J.-M. BRILLOUET* et M. MOUTOUNET*

*Laboratoire des Polymères et des Techniques Physico-Chimiques,
Institut des Produits de la Vigne, INRA, 9 place Viala, 34060 Montpellier Cedex (France)

**The Australian Wine Research Institute, PO Box 197,
Glen Osmond, South Australia 5064 (Australia)

Résumé : *La découverte récente de deux polysaccharides, une mannoprotéine de levure et un arabinogalactane-protéine (AGP) de raisin, présents en très faible quantité dans le vin et ayant un effet protecteur contre la dénaturation thermique des protéines, permet d'envisager l'obtention de vins stables sans recourir à l'élimination des protéines par collage à la bentonite. 15 polysaccharides aux compositions et structures variées ont été testés, mais sont pour la plupart sans effet ou bien provoquent une forte augmentation du trouble après passage du vin à la chaleur. Une activité protectrice des protéines a cependant été observée avec un AGP mineur de pomme et une gomme d'Acacia senegal.*

L'utilisation de ces polysaccharides actifs pour la stabilisation protéique des vins blancs passe par une meilleure compréhension de leur mode d'action ainsi que par l'augmentation de leur concentration dans les vins.

INTRODUCTION

Les vins blancs contiennent une grande diversité de protéines (BAYLY et BERG, 1967 ; HSU et HEATHERBELL, 1987a ; WATERS *et al.*, 1991) dont certaines sont instables et tendent naturellement à former un précipité opalescent qui rend le produit non commercialisable. L'obtention de vins stables est assurée par l'élimination des protéines par collage à la bentonite. Pour être efficace et garantir une bonne stabilité du produit fini, cette élimination doit être très poussée (HSU et HEATHERBELL, 1987b) et nécessite donc des doses de bentonite de plus en plus fortes (PAETZOLD *et al.*, 1990) (des doses de 100 g/hl de vin sont couramment utilisées). Or ces doses importantes de bentonite sont responsables d'un appauvrissement organoleptique du vin (MILLER *et al.*, 1985 ; VOILLEY *et al.*, 1990).

Il semble donc opportun de rechercher des méthodes alternatives au collage à la bentonite permettant d'assurer une bonne stabilité des vins blancs quant à la casse protéique. Différentes solutions ont été proposées et testées :

- Les protéases présentes dans des préparations commerciales, bien qu'actives dans des vins sur des protéines exogènes introduites (MODRA et WILLIAMS, 1988), n'ont pas d'effet sur les protéines endogènes du vin (WATERS et *al.*, 1992), leur utilisation semble donc sans intérêt.

- L'ultrafiltration à un seuil de coupure moléculaire de 10.000 permet une bonne élimination des protéines (HSU et *al.*, 1987) mais est responsable d'un appauvrissement organoleptique important (FEUILLAT et *al.*, 1987).

Récemment, l'un des auteurs a proposé une alternative intéressante pour l'obtention de la stabilité protéique dans les vins blancs (WATERS et *al.*, 1993) : l'addition de polysaccharides ayant un effet protecteur vis-à-vis du trouble protéique et conduisant à des vins limpides et stables. Deux polysaccharides actifs ont ainsi été isolés et caractérisés à partir de la fraction colloïdale totale d'un vin rouge :

- Un arabinogalactane-protéine (AGP) (WATERS et *al.*, 1994a) qui représente 0,1 p. cent des polysaccharides totaux du vin et présente des caractéristiques structurales proches des AGPs majeurs du vin (BRILLOUET et *al.*, 1990 ; SAULNIER et *al.*, 1992 ; PELLERIN et *al.*, 1993) pour sa copule glucidique mais en diffère par un taux en protéines supérieur (13 p. cent au lieu de 4 p. cent environ pour les AGPs majeurs) et une composition en acides aminés particulière avec des taux relativement élevés en acides aminés basiques, lysine et arginine.

- Une mannoprotéine de haut poids moléculaire (WATERS et *al.*, 1994b) présente en faible quantité dans le vin (0,007 p. cent des polysaccharides totaux) qui provient des parois de levures de fermentation et présente les caractéristiques classiques des mannoprotéines pariétales de levures (BALLOU, 1982) pour sa partie glucidique mais possède un taux de protéine important (30 p. cent).

La présence dans le vin de ces polysaccharides ne prévient pas la dénaturation des protéines au cours du chauffage du vin, mais conduit à la formation de particules colloïdales de taille réduite et non visibles à l'oeil ce qui procure au vin un aspect limpide (WATERS et *al.*, 1993).

L'identification de la mannoprotéine protectrice est à rapprocher de l'observation d'une stabilité protéique accrue des vins blancs élevés sur lies (LEDOUX et *al.*, 1992), une stabilité attribuée au relargage de mannoprotéines par les levures bien que la fraction active n'aie pas été identifiée.

Afin de mieux préciser la spécificité du caractère stabilisant vis-à-vis des protéines des deux polysaccharides décrits ci-dessus, leur effet est comparé ici, d'une part à celui des polysaccharides dominants dans le vin, d'autre part à celui de 15 fractions polysaccharidiques présentant une grande diversité de structures.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I — ÉCHANTILLON DE VIN ET TEST DE STABILITÉ PROTÉIQUE

1) Préparation de l'échantillon

Un vin blanc obtenu par vinification de Chardonnay (vendange 1990) à la Station Expérimentale INRA de Pech Rouge-Narbonne a été filtré sur membrane de porosité 0,45 mm et ajusté à 130 mg/l de SO₂ total. Afin d'obtenir une meilleure reproductibilité du trouble protéique, le vin a été ultrafiltré sur membrane Amicon YM-10 (seuil de coupure 10.000) afin d'éliminer ses constituants macromoléculaires puis conservé sous atmosphère d'argon.

2) Test à la chaleur

Le test à la chaleur de dénaturation protéique en présence des polysaccharides testés a été réalisé comme décrit précédemment (WATERS *et al.*, 1993). Les polysaccharides en solution aqueuse (70 µl) ont été introduits dans 1055 µl de vin ultrafiltré additionné de 125 mg/l d'albumine sérique bovine (BSA) ; les échantillons ont été scellés sous argon, puis passés à 80°C pendant 6 h et laissés 16 h à 4°C avant lecture de la turbidité à 540 nm. Les valeurs d'absorbance obtenues ont été corrigées de celle d'un blanc correspondant au vin ultrafiltré sans addition de BSA ni de polysaccharide et soumis au même traitement.

Les résultats sont donnés en pourcentage de trouble par rapport à un témoin qui correspond au vin à 125 mg/l de BSA sans polysaccharides (addition de 70 µl d'eau). Un polysaccharide est décrit comme actif ou ayant une effet protecteur dans le test s'il permet une réduction du trouble (absorbance à 540 nm après déduction de la valeur du blanc) par rapport au témoin. L'effet qui est observé correspond en fait à une protection contre la dénaturation thermique de la BSA.

II — PRODUITS TESTÉS

1) Polysaccharides isolés à partir du vin

La fraction colloïdale totale d'un vin rouge (Carignan noir, vendange 1991) récolté et vinifié à la Station Expérimentale INRA de Pech Rouge-Narbonne a été obtenue après ultrafiltration du vin sur membrane Carbosep M5 (seuil de coupure 20.000, Tech-sep), par précipitation du rétentat à l'éthanol acidifié (BELLEVILLE *et al.*, 1991). Le précipité a été repris dans l'eau, dialysé et ses constituants ont été séparés :

- soit par passage sur colonne de S-Sepharose Fast Flow (Pharmacia) équilibrée dans un tampon citrate 20 mM à pH 3,0 : la majeure partie des polysaccharides a été éluée directement sur la colonne, la fraction retenue (3,1 p. cent du total), éluée par NaCl 1 M, contenait les deux polysaccharides actifs dans le test de stabilité protéique, l'AGP et la mannoprotéine dont la purification et la caractérisation ont été décrites précédemment (WATERS *et al.*, 1994a, 1994b).

TABLEAU I
Caractéristiques structurales des polysaccharides testés

Produit	Structure
Dextrane	$\rightarrow 6) - \alpha\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow 6) - \alpha\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow 6) - \alpha\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow$
Lichenane	$\rightarrow 3) - \beta\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow 3) - \beta\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow$
Laminarine	$\rightarrow 3) - \beta\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow 3) - \beta\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow 3) - \beta\text{-D-Glc} - (1 \rightarrow$
Gommes de guar et caroube	$\begin{array}{c} \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Man} - (1 \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Man} - (1 \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Man} - (1 \rightarrow \\ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} 6 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-D-Gal} \end{array} & & \begin{array}{c} 6 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-D-Gal} \end{array} \end{array}$
Glucuronoxylane de mélèze	$\begin{array}{c} \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Xyl} - (1 \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Xyl} - (1 \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Xyl} - (1 \rightarrow \\ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} 2 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-D-GlcA} \end{array} & & \begin{array}{c} 2 \\ \uparrow \\ 1 \\ 4\text{-Me-}\alpha\text{-D-GlcA} \end{array} \end{array}$
Xylane de farine de blé	$\begin{array}{c} \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Xyl} - (1 \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Xyl} - (1 \rightarrow 4) - \beta\text{-D-Xyl} - (1 \rightarrow \\ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-L-Ara} \end{array} & & \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-L-Ara} \end{array} \end{array}$
Arabinane de pois	$\begin{array}{c} \rightarrow 5) - \alpha\text{-L-Ara} - (1 \rightarrow 5) - \alpha\text{-L-Ara} - (1 \rightarrow 5) - \alpha\text{-L-Ara} - (1 \rightarrow \\ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-L-Ara} \end{array} & & \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-L-Ara} \end{array} \end{array}$
Carboxy-méthyl-cellulose	$\rightarrow 4) - \beta\text{-D-CMGlc} - (1 \rightarrow 4) - \beta\text{-D-CMGlc} - (1 \rightarrow$
Arabinogalactane de type II	$\begin{array}{c} \rightarrow 3) - \beta\text{-D-Gal} - (1 \rightarrow 3) - \beta\text{-D-Gal} - (1 \rightarrow 3) - \beta\text{-D-Gal} - (1 \rightarrow \\ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} 6 \\ \uparrow \\ 1 \\ R \end{array} & & \begin{array}{c} 6 \\ \uparrow \\ 1 \\ \beta\text{-D-Gal} \leftarrow 1R \\ \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ 1 \\ \beta\text{-D-Gal} \leftarrow 1R \\ \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ \alpha\text{-L-Ara} \end{array} \end{array} \\ \begin{array}{c} 6 \\ \uparrow \\ 1 \\ R \end{array} \end{array}$ $R = \rightarrow 6) - \beta\text{-D-Gal} - (1 \rightarrow 6) - \beta\text{-D-Gal} - (1 \rightarrow 6) - \beta\text{-D-Gal} - (1 \rightarrow \\ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-L-Ara} \end{array} & & \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-L-Ara} \end{array} & & \begin{array}{c} 3 \\ \uparrow \\ 1 \\ \alpha\text{-L-Ara} \end{array} \end{array}$

- soit par passage sur colonne de DEAE-Sephacel (Pharmacia) équilibrée dans un tampon acétate 50 mM à pH 4,8, un gradient par palier de NaCl permettant la séparation des fractions polysaccharidiques majeures du vin (PELLERIN et BRILLOUET, 1992). Les manno protéines des levures ont ensuite été séparées des polysaccharides provenant du raisin par chromatographie d'affinité sur Concanavaleine A-Ultrogel (Sepracor-IBF).

2) Polysaccharides divers

Les polysaccharides suivants ont été testés pour leur effet sur le trouble protéique dans le test à la chaleur :

- Dextrane (Sigma),
- Lichenane (Sigma),
- Laminarine (Fluka),
- Gomme guar (Sigma),
- Gomme de caroube (Extrasynthèse),
- Glucuronoxylane de mélèze (Sigma),
- Arabinoxylane de farine de blé (ROUAU et MOREAU, 1993) (obtenu auprès du Dr. X. Rouau, Laboratoire de Technologie des Céréales, INRA, Montpellier),
- Arabinane de pois (préparé au laboratoire),
- Carboxy-méthyle-cellulose (Sigma),
- Gommés *A. senegal* et *A. seyal* (Colloïdes Naturels International),
- Gomme arabique (*Acacia senegal*) (Sigma),
- AGP de pomme (obtenu auprès du Dr. F. Will, Forschungsanstalt, Geisenheim, RFA).

La structure de ces polysaccharides est décrite au tableau I, les trois derniers produits cités étant des arabinogalactanes de type II.

L'AGP de pomme (WILL et DIETRICH, 1992) et la gomme arabique (Sigma) ont été fractionnés sur colonne de S-Sepharose Fast Flow équilibrée dans un tampon citrate 20 mM à pH 3,0 dans des conditions similaires à celles qui ont permis d'isoler les fractions polysaccharidiques actives du vin (WATERS et al., 1994a, 1994b). L'AGP de pomme a ainsi été séparé en une fraction majeure éluée directement de la colonne et une fraction retenue (6,1 p. cent du total) qui a été éluée par addition de NaCl 1 M. De même, la gomme arabique a été fractionnée en une fraction majeure non retenue sur la colonne et une retenue (7 p. cent du total). L'effet de toutes ces fractions dans le test à la chaleur a été mesuré.

RÉSULTATS

Les premiers travaux réalisés sur l'effet de polysaccharides dans le test à la chaleur (WATERS et al., 1993) ont montré que le caractère protecteur pouvait être détecté tant sur protéines du vin que sur la BSA ; cette protéine est donc ajoutée au vin ultrafiltré ce qui permet une bonne normalisation et une bonne reproductibilité du test.

TABLEAU II
Effet sur le trouble protéique des polysaccharides actifs
et de fractions polysaccharidiques principales isolées à partir du vin

Polysaccharide	% des polysaccharides totaux du vin	Dose testée (mg/l)	% de trouble obtenu par rapport au témoin
Polysaccharides totaux (BELLEVILLE <i>et al.</i> , 1991)	100	500	1.700
Mannanes neutres (PELLERIN et BRILLOUET, 1992)	15	500	120
Mannoprotéine active purifiée (WATERS <i>et al.</i> , 1994b)	0,007	65	50
AGP1	5,2	500	185
AGP2 (PELLERIN <i>et al.</i> , 1993)	4,3	500	290
AGP actif purifié (WATERS <i>et al.</i> , 1994a)	0,1	500	40

I — SPÉCIFICITÉ DE L'EFFET PROTECTEUR AU SEIN DES POLYSACCHARIDES DU VIN

L'effet de plusieurs fractions polysaccharidiques majeures du vin a été testé en comparaison de celui des deux fractions actives purifiées (tableau II). La fraction colloïdale totale du vin ne contient pas d'activité protectrice du trouble protéique détectable, elle provoque au contraire un fort accroissement du trouble mesuré. La fraction majeure des mannoprotéines, non fixée sur colonne de DEAE-Sephacel à pH 4,8 (PELLERIN et BRILLOUET, 1992), ne présente pas d'effet significatif dans le test. Les deux fractions majeures d'AGP, retenues sur DEAE-Sephacel et éluées par NaCl 50 et 150 mM (PELLERIN *et al.*, 1993), provoquent un accroissement important du trouble mesuré. Les deux fractions mineures purifiées, AGP et mannoprotéine, sont donc les seuls polysaccharides présents naturellement dans le vin pour lesquels un effet protecteur contre le trouble protéique ait été détecté. Leur concentration initiale dans le vin utilisé comme source de colloïdes est très faible: 0,2 mg/l pour l'AGP et 0,024 mg/l pour la mannoprotéine.

II — EFFET DE POLYSACCHARIDES DIVERS SUR LE TROUBLE PROTÉIQUE

Afin de préciser le degré de spécificité de l'effet protecteur des deux polysaccharides actifs isolés à partir du vin, 15 fractions polysaccharidiques présentant des compositions et des structures variées ont été testées de 300 à 600 mg/l de vin (tableau III). L'ensemble des produits entraîne un accroissement du trouble par rapport au vin témoin. La seule exception observée est la fraction d'AGP de pomme retenue sur S-Sepharose qui donne un niveau de protection comparable à celui de l'AGP actif isolé dans le vin.

TABLEAU III

Effet sur le trouble protéique de polysaccharides divers

Produit	Types de liaison sur la chaîne principale	Structure du polysaccharide	Dose testée mg/L	% de trouble obtenu par rapport au témoin
Dextrane	α - (1 \rightarrow 6) - D - Glic	linéaire	500	310
Lichenane	β - (1 \rightarrow 3, 4) - D - Glic	linéaire	500	530
Laminarine	β - (1 \rightarrow 3) - D - Glic	linéaire	600	260
Gomme guar	β - (1 \rightarrow 4) - D - Man	linéaire substitué	500	290
Gomme de caroube	β - (1 \rightarrow 4) - D - Man	linéaire substitué	500	670
Glucuronoxylane de mélèze	β - (1 \rightarrow 4) - D - Xyl	linéaire substitué	500	2500
Arabinoxylane de farine de blé	β - (1 \rightarrow 4) - D - Xyl	linéaire substitué	300	125
Arabinane de pois	α - (1 \rightarrow 5) - L - Ara	linéaire substitué	300	340
Carboxy-méthyl-cellulose	β - (1 \rightarrow 4) - D - CMGlic	linéaire	500	320
Gomme <i>Acacia senegal</i> (CNI)	β - (1 \rightarrow 3, 6) - D - Gal	globulaire substitué	500	1215
Gomme <i>Acacia seyal</i> (CNI)	β - (1 \rightarrow 3, 6) - D - Gal	globulaire substitué	500	765
Gomme arabique (Sigma)				
<i>non retenue sur S-Sepharose</i>	β - (1 \rightarrow 3, 6) - D - Gal	globulaire substitué	500	420
<i>retenue sur S-Sepharose</i>	β - (1 \rightarrow 3, 6) - D - Gal	globulaire substitué	500	390
AGP de pomme				
<i>non retenue sur S-Sepharose</i>	β - (1 \rightarrow 3, 6) - D - Gal	globulaire substitué	500	150
<i>retenue sur S-Sepharose</i>	β - (1 \rightarrow 3, 6) - D - Gal	globulaire substitué	500	22

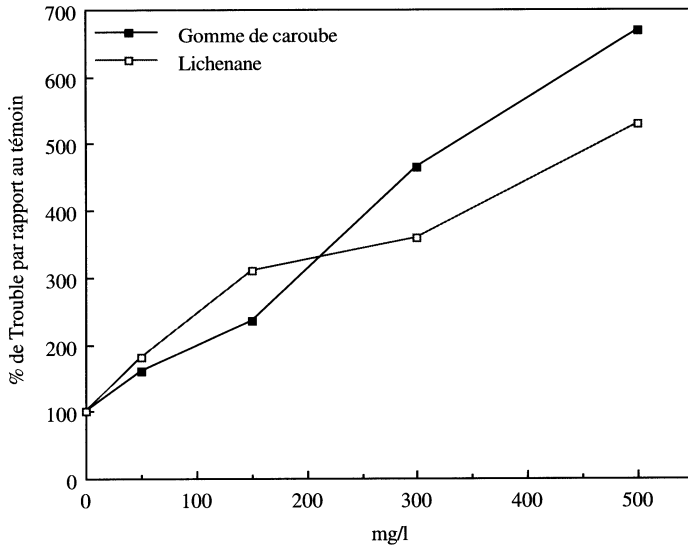


Fig. 1 — Effet de l'addition de caroube et de lichenane sur le trouble du vin blanc. Des solutions de concentration croissante de chaque polysaccharide ont été ajoutées au vin contenant la BSA à 125 mg/l, les échantillons étant alors passés 6 h à 80°C.

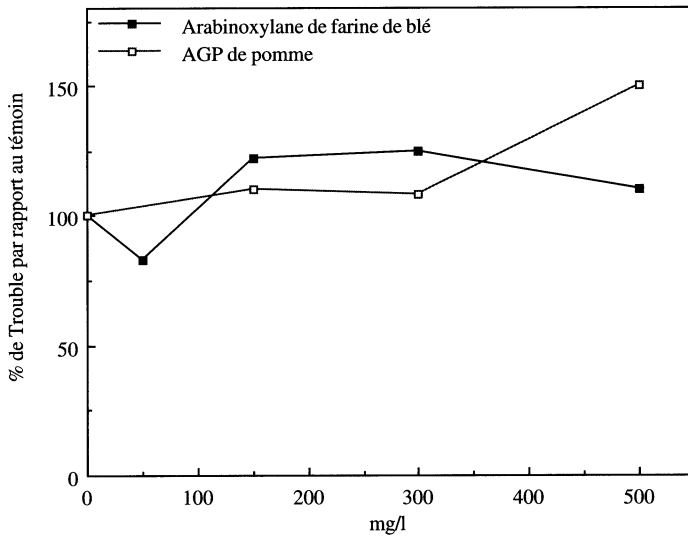


Fig. 2 — Effet de l'addition de l'arabinoxylane de farine de blé et d'AGP de pomme sur le trouble du vin blanc

La comparaison des effets-doses obtenus pour les différents produits testés montre cependant plusieurs types d'effets :

- Certains produits provoquent un accroissement de trouble mesuré proportionnel à leur concentration (figure 1), c'est le cas du lichenane, de la laminarine, des gommes de guar et de caroube. Cet accroissement du trouble peut être très important, atteignant 7 fois la valeur du trouble dû à la BSA seule.

- Un précipité est observé après addition de produits tels que le glucuronoxylane de mélèze ou l'arabinane de pois.

Ces deux types d'effets pourraient être dus à une insolubilisation progressive des polysaccharides à 80°C et en présence de 12 p. cent d'éthanol.

- Certains produits testés provoquent un léger accroissement du trouble dû à la BSA (figure 2), cet effet est observé pour l'AGP majeur de pomme (non retenu sur S-Sepharose à pH 3,0) et pour l'arabinoxylane de farine de blé.

- Le profil effet-dose des produits décrits comme actifs dans le test est tout à fait particulier (figure 3), avec un fort accroissement du trouble mesuré pour les faibles doses testées, une clarification du vin étant observée pour des doses plus importantes de polysaccharides. Les doses permettant une clarification effective dépendent de la nature des produits : 100 mg/l pour la mannoprotéine active, 300 mg/l pour les AGPs actifs de pomme et de raisin, 5 g/l pour la gomme d'*A. senegal*.

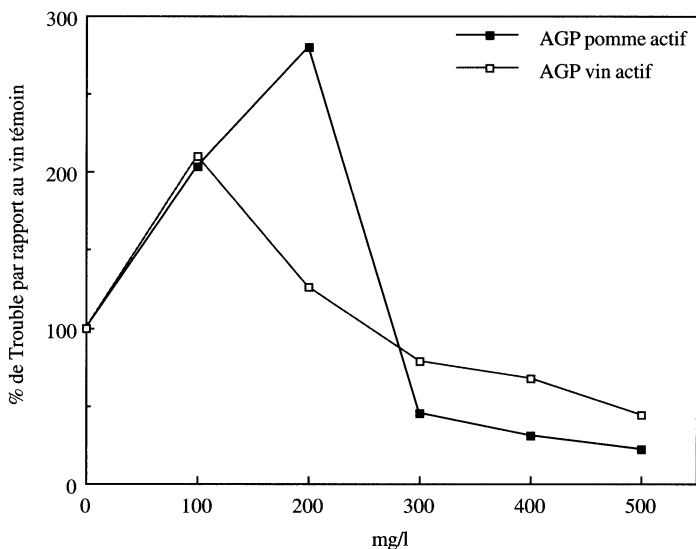


Fig. 3 — Effet de l'addition des AGPs actifs de pomme et de vin sur le trouble du vin blanc

La gomme d'*A. senegal* qui est un AGP de type II et appartient donc à la même famille de molécules que les AGPs de pomme et de raisin, présente en effet une certaine activité dans le test à la chaleur mais il faut des doses supérieures à 3 g/l pour obtenir une réduction du trouble par rapport au témoin (figure 4).

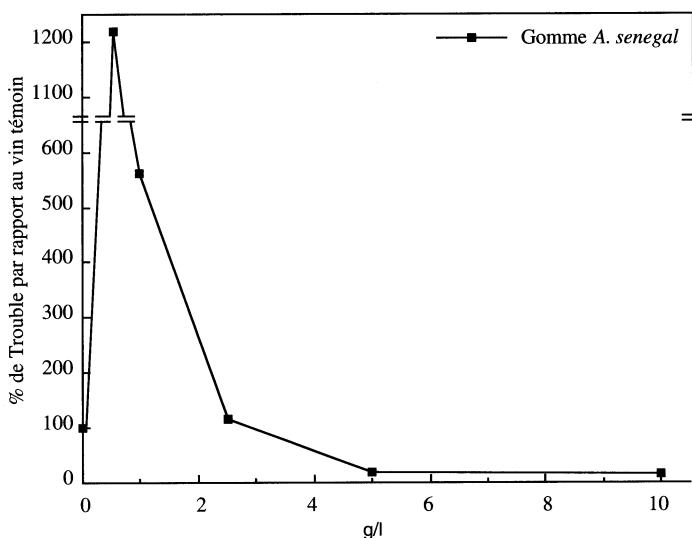


Fig. 4 — Effet de l'addition de gomme d'*A. senegal* sur le trouble du vin blanc

DISCUSSION ET CONCLUSION

La description de deux polysaccharides protecteurs présents dans le vin (WATERS et *al.*, 1994a, 1994b) ouvre des perspectives très intéressantes en vue d'une solution nouvelle au problème de l'instabilité protéique des vins blancs. Nos résultats mettent en évidence la spécificité de l'effet protecteur décrit pour la mannoprotéine et l'AGP du vin, spécificité confirmée vis-à-vis de fractions polysaccharidiques majeures du vin, mais aussi par rapport à des polysaccharides aux structures très diverses. Nous avons cependant retrouvé un bon niveau d'activité protectrice pour une fraction mineure d'AGP de pomme qui présente des caractéristiques structurales et un comportement chromatographique similaires à l'AGP actif de raisin. La gomme d'*A. senegal* qui est un mélange d'arabinogalactanes et d'arabinogalactane-protéines de type II (RANDALL et *al.*, 1989) est active mais à des doses 10 fois supérieures. L'activité protectrice contre la dénaturation thermique des protéines peut donc être retrouvée chez d'autres molécules d'AGP de type II, mais à des niveaux très variables ce qui rend difficile une éventuelle prédiction de tels effets sur la seule base de la connaissance biochimique des molécules. Dans tous les cas, la condition minimale à remplir pour qu'un polysaccharide présente une telle activité protectrice est qu'il soit soluble en milieu hydroalcoolique à 12 p. cent d'éthanol.

La mannoprotéine et l'AGP actifs sont cependant peu abondants naturellement dans les vins et des progrès seront nécessaires avant d'envisager leur utilisation pour assurer une protection efficace contre la formation de trouble protéique. L'élevage sur lies permet un enrichissement en mannoprotéines (LLAUBERES, 1988 ; FEUILLAT et *al.*, 1989 ; KÖNIG et DIETRICH, 1991) mais non suffisant pour obtenir une stabilité complète du produit final (LEDOUX et *al.*, 1992). De nouvelles avancées technologiques sont donc nécessaires pour obtenir dans le vin des quantités suffisantes de ces polysaccharides actifs.

La mise en évidence de l'activité protectrice de certains polysaccharides du vin donne un éclairage nouveau à la notion de colloïdes protecteurs en œnologie. L'observation d'effets-doses très différents selon les polysaccharides indique que les types d'interactions moléculaires mis en œuvre entre polysaccharides et protéines sont variés. Les interactions électrostatiques, les liaisons hydrogène et les phénomènes de complexation peuvent en effet intervenir (SAMANT et *al.*, 1993). La compréhension du mécanisme de stabilisation des protéines du vin par les polysaccharides actifs semble indispensable afin d'arriver à une utilisation de ces colloïdes protecteurs en œnologie qui se substituerait à l'élimination des protéines par collage à la bentonite.

Remerciements :

Les auteurs tiennent à remercier les Drs. X. ROUAU (Laboratoire de Technologie des Céréales, INRA, Montpellier, France), F. WILL (Forschungsanstalt, Geisenheim, RFA) et F. THÉVENET (Colloïdes Naturels International, Neuilly sur Seine, France) pour la fourniture gracieuse d'arabinoxylane de farine de blé, d'AGP de pomme et de gommages d'*A. senegal*. L'un des auteurs (E. WATERS) a bénéficié du soutien financier de l'Institut National de la Recherche Agronomique (France) et de The Grape and Wine Research and Development Corporation (Australie).

Manuscrit reçu le 8 juin 1994 ; accepté pour publication le 4 juillet 1994

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALLOU E.C., 1982. Yeast cell wall and cell surface. *The molecular biology of the yeast Saccharomyces*. Strathern J.N., Jones E.W. et Broach J.R. (eds.) Cold Spring Harbour Laboratory, Cold Spring Harbour, N.Y. 335-360.
- BAYLY F.C. et BERG H.W., 1967. Grape and wine proteins of white wine varieties. *Am. J. Enol. Vitic.*, **18**, 18-32.
- BELLEVILLE M.-P., BRILLOUET J.-M., TARODO DE LA FUENTE B., SAULNIER L. et MOUTOUNET M., 1991. Differential roles of red wine colloids in the fouling of cross-flow microfiltration alumina membrane. *Vitic. Enol. Sci.*, **46**, 100-107.
- BRILLOUET J.-M., BOSSO C. et MOUTOUNET M., 1990. Isolation, purification, and characterization of an arabinogalactan from a red wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, **41**, 29-36.

- FEUILLAT M., PEYRON D. et JOUSSET-DROUHIN V., 1987. Influence de la filtration tangentielle des vins sur leur composition physico-chimique et leurs caractères sensoriels. Application aux vins de Bourgogne. *Bull. OIV*, **60**, 227-244.
- FEUILLAT M., FREYSSINET M. et CHARPENTIER C., 1989. L'élevage sur lies des vins blancs de Bourgogne II. Evolution des macromolécules: polysaccharides et protéines. *Vitis*, **28**, 161-176.
- HSU J.-C. et HEATHERBELL D.A., 1987a. Isolation and characterization of soluble proteins in grapes, grape juice and wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, **38**, 6-10.
- HSU J.-C. et HEATHERBELL D.A., 1987b. Heat-unstable proteins in wine. I. Characterization and removal by bentonite fining and heat treatment. *Am. J. Enol. Vitic.*, **38**, 11-16.
- HSU J.-C., HEATHERBELL D.A., FLORES J.H. et WATSON B.T., 1987. Heat-unstable proteins in grape juice and wine. I. Characterization and removal by ultrafiltration. *Am. J. Enol. Vitic.*, **38**, 17-22.
- KÖNIG P. et DIETRICH H., 1991. Influence of the yeast contact and storage time on the chemical composition and the colloids of sparkling wine. *Vitic. Enol. Sci.*, **46**, 85-92.
- LEDOUX V., DULAU L. et DUBOURDIEU D., 1992. Interprétation de l'amélioration de la stabilité protéique des vins au cours de l'élevage sur lies. *J. Intern. Sci. Vigne et Vin*, **26**, n°4, 239-251.
- LLAUBÉRES R.M., 1988 Les polysaccharides sécrétés dans les vins par *Saccharomyces cerevisiae* et *Pediococcus*. *Thèse de Doctorat*, Univ. de Bordeaux II.
- MILLER G.C., AMON J.M., GIBSON R.L. et SIMPSON R.F., 1985. Loss of wine aroma attributable to protein stabilization with bentonite and ultrafiltration. *Aust. Grapegrower Winemaker*, **256**, 46-50.
- MODRA E.J. et WILLIAMS P.J., 1988. Are proteases active in wine and juices. *Australian Grapegrower Winemaker*, **292**, 42-43.
- PAETZOLD M., DULAU L. et DUBOURDIEU D., 1990. Fractionnement et caractérisation des glycoprotéines dans les moûts de raisins blancs. *J. Intern. Sci. Vigne et Vin*, **24**, n°1, 13-28.
- PELLERIN P. et BRILLOUET J.-M., 1992. Study of polysaccharides from red wine fractionated by ion-exchange chromatography. *Vitic. Enol. Sci.*, **47**, 153-158.
- PELLERIN P., WATERS E.J. et BRILLOUET J.-M., 1993. Characterization of two arabinogalactan-proteins from red wine. *Carbohydr. Polym.*, **22**, 187-192.
- RANDALL R.C., PHILLIPS G.O. et WILLIAMS P.A., 1989 Fractionation and characterization of gum from *Acacia senegal*. *Food Hydrocolloids*, **3**, 65-75.

- ROUAU X. et MOREAU D., 1993. Modification of some physico-chemical properties of wheat flour pentosans by an enzyme complex recommended for baking. *Cereal. Chem.*, **70**, 626-632.
- SAMANT S.K., SINGHAL R.S., KULKARNI P.R. et REGE D.V., 1993. Protein-polysaccharides interactions : a new approach in food formulations. *Intern. J. Food Sci. Technol.*, **28**, 547-562.
- SAULNIER L., BRILLOUET J.-M., MOUTOUNET, HERVÉ DU PENHOAT C. et MICHON V., 1992. New investigations of the structure of grape arabinogalactan-protein. *Carbohydr. Res.*, **224**, 219-235.
- VOILLEY A., LAMER C., DUBOIS P. et FEUILLAT M., 1990. Influence of macromolecules and treatments on the behavior of aroma compounds in a model wine. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 248-251.
- WATERS E.J., WALLACE W. et WILLIAMS P.J., 1991. Heat haze characteristics of fractionated wine proteins. *Am. J. Enol. Vitic.*, **42**, 123-127.
- WATERS E.J., WALLACE W. et WILLIAMS P.J., 1992. Identification of heat-unstable wine proteins and their resistance to peptidases. *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 1514-1519.
- WATERS E.J., WALLACE W., TATE M.E. et WILLIAMS P.J., 1993. Isolation and partial characterization of a natural haze protective factor from wine. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 724-730.
- WATERS E.J., PELLERIN P. et BRILLOUET J.-M., 1994a. A wine arabinogalactan-protein that reduces heat-induced wine protein haze. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**, 43-48.
- WATERS E.J., PELLERIN P. et BRILLOUET J.-M., 1994b. A *Saccharomyces* mannoprotein that protects wine from protein haze. *Carbohydr. Polym.*, **23**, 185-191.
- WILL F. et DIETRICH H., 1992. Isolation, purification and characterization of neutral polysaccharides from extracted apple juices. *Carbohydr. Polym.*, **18**, 109-117.