

PARAMETRES VITICOLES ET RESVERATROL DANS LES BAIES ET LES VINS

Luigi BAVARESCO, Matteo GATTI, Maria Isabel van Zeller de Macedo Basto GONÇALVES

Istituto di Frutti-Viticultura, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italie

Introduction

Le rapport entre alimentation et santé est devenu depuis quelques années un sujet de prédilection pour les médias, les informations publiées soulignant à quel point la santé est profondément influencée par notre alimentation. C'est surtout à la profession médicale qu'il revient de comprendre la nature de ce rapport, en termes de bienfaits pour la santé mais surtout au niveau des risques liés à certaines habitudes alimentaires ; les médecins sont en effet conscients du besoin de prévenir certaines maladies liées à notre alimentation, et ce avec un double objectif : garder leurs patients en bonne santé, mais aussi réduire les charges de l'état en matière de santé publique.

Parmi les aliments au centre de l'attention se trouve le vin. Il s'agit d'un produit de tradition ancienne qui fait partie intégrante de la culture gastronomique italienne et, plus largement, méditerranéenne. Le vin est une boisson à la fois ancienne et moderne, ni bonne ni mauvaise, mais dont les effets dépendent de différents paramètres tels que la quantité ingérée ou l'état de santé du consommateur. Il ne s'agira pas ici de souligner les effets sanitaires préjudiciables d'une consommation excessive de vin, mais bien plutôt de rappeler les effets bénéfiques qu'a une consommation de vin modérée sur des gens en bonne santé.

Connu depuis de longues années par les médecins, cet aspect bénéfique du vin est apparu sur le devant de la scène il y a environ 15 ans, lors d'une émission de télévision très populaire aux Etats-Unis. Le public y fut informé d'une enquête épidémiologique menée par deux scientifiques français (Renaud et De Lorgeril) et publiée en 1992. Ses auteurs y étudiaient la corrélation existant entre le taux de mortalité par maladie coronarienne (hommes/femmes en 1987) et la présence de graisses animales dans le régime alimentaire d'un échantillon de population prélevé dans 16 pays européens et en Australie. L'élaboration des données rassemblées s'appuyait sur une méthode statistique très simple, à savoir la régression linéaire. Il est apparu de façon très claire que les deux paramètres étudiés étaient directement proportionnels : plus la consommation de graisses animales moyenne quotidienne était élevée, plus le taux de mortalité augmentait. Les deux paramètres étaient donc corrélés. Néanmoins, la France, qui faisait partie des 16 pays européens concernés, semblait échapper à cette situation. En effet, l'échantillon de population choisi (dans les villes de Lille, Strasbourg et Toulouse) était caractérisé par une consommation élevée de graisses animales et par le taux de mortalité par maladie coronarienne le plus faible, parmi les pays étudiés.

Ce phénomène est ce qu'on appelle le «**paradoxe français**». Pour les deux chercheurs, l'étape suivante a alors consisté à identifier la raison pour laquelle les Français, bien que consommant de grandes quantités de graisses animales, présentaient le taux de mortalité par maladie coronarienne le plus faible. D'autres facteurs de risques favorisant ce type d'affection ont donc été étudiés, tels que la pression sanguine, l'indice de masse corporelle ou la consommation de cigarettes. Néanmoins, aucun de ces paramètres ne s'est avéré plus faible que dans les autres pays. La consommation régulière de vin a également été observée et il est apparu qu'il pouvait s'agir du paramètre pouvant expliquer ce paradoxe français : les Français consommaient plus de vin que les autres pays et cela pouvait contrebalancer les effets liés à une consommation élevée de graisses animales. Les autres boissons alcoolisées ne présentant pas le même effet que le vin, l'hypothèse a été formulée que l'alcool (présent dans le vin) n'était pas le composant responsable de cet effet positif, mais bien plutôt d'autres substances à rechercher. Les deux chercheurs français conclurent leur recherche en soulignant honnêtement que l'effet protecteur du vin et sa supériorité sur les autres boissons alcoolisées n'étaient que des hypothèses qui nécessitaient d'être confirmées par une étude plus approfondie. Tel qu'indiqué plus haut, cette information diffusée lors d'une émission de télévision suffit à induire une augmentation soudaine de la consommation de vin aux Etats-Unis.

L'une des substances pressenties comme étant (partiellement) responsables des effets positifs du vin sur la santé est le resvératrol.

Le resvératrol de la vigne

Le resvératrol est un composé naturel d'origine phénolique appartenant à l'espèce chimique des stilbènes. Cette substance est présente dans 12 familles du royaume végétal, dont les *Vitaceae*, et, au sein de cette même famille, dans l'espèce *Vitis vinifera L.*, qui est la plus couramment utilisée pour la production de raisins œnologiques, de raisins de table et de raisins secs, dans le monde entier. Dans la vigne, le resvératrol est présent sous forme de substance induite (par des éliciteurs de type biotique et abiotique) dans les parties herbacées et les baies, et sous forme de facteur constitutif des parties ligneuses. Dans le premier cas, la substance se comporte comme une phytoalexine, synthétisée *ex novo* dans la feuille et la baie (pellicule) en réponse aux attaques fongiques pathogènes (principalement la pourriture noble mais aussi l'oïdium, le mildiou et *Aspergillus carbonarius*), et sa fonction consiste à protéger la plante des dommages causés par ces organismes envahisseurs (Dercks et Creasy, 1989; Hoos et Blauch, 1990; Jeandet et al., 1995; Bavaresco et al., 1997b; 2003; 2008).

Les plantes génétiquement résistantes à ces maladies tendent à produire des quantités importantes de cette substance rapidement, alors que les plantes sensibles aux maladies fongiques n'en produisent, quant à elles, que de petites quantités et très lentement (Bavaresco et Eibach, 1987; Bavaresco, 1993; Bavaresco et al., 1994; Bavaresco et al. 2003). Outre le resvératrol, de nombreux autres stilbènes ont été identifiés dans les baies de raisin, plus précisément : *trans*- et *cis*-picéide (*trans*- et *cis*-resvératrol glucoside) (Waterhouse et Lamuela Raventós 1994; Mattivi *et al.* 1995; Romero-Pérez *et al.* 1999), ϵ -viniférine (dimère de *trans*-resvératrol) (Bavaresco *et al.* 1997a), ptérostilbène (*trans*-3,5-diméthoxy-4'-hydroxy-stilbène) (Pezet et Pont 1988), piceatannol (*trans*-3, 4, 3', 5'-tétrahydroxy-stilbène) ou astringine (Bavaresco *et al.* 2002), pallidol (dimère de *trans*-resvératrol) (Landrault *et al.* 2002).

Les stilbènes sont présents aussi en tant que composés constitutifs (et donc non induits par le stress) des parties ligneuses de la vigne, telles que les branches (Langcake et Pryce, 1976, 1977), les racines (Bavaresco *et al.* 2000a, 2003) et les pépins (Pezet et Cuenat 1996; Ector *et al.* 1996; Li *et al.*, 2006), ainsi que dans les parties semi-ligneuses, comme les tiges (Bavaresco *et al.* 1997b, 2000b). Ils sont en outre très probablement impliqués dans les mécanismes de résistance du bois à la décomposition.

Le resvératrol : une substance utile à la santé humaine

Si la présence de ce composé dans la vigne est connue depuis 30 ans environ, son observation dans le vin est beaucoup plus récente. Ce sont deux chercheurs de l'Université de Cornell aux Etats-Unis qui en ont fait la découverte en 1992. Le resvératrol présent dans le vin est issu de l'extraction des pellicules de raisin lors de la fermentation alcoolique (Mattivi et al., 1995; Pezet et Cuenat, 1996; Bavaresco et al., 1999).

La fermentation malolactique postérieure est capable d'accroître la quantité de resvératrol dans le vin grâce à la capacité qu'ont les bactéries à libérer le composé sous sa forme glucosidique (picéide), sous laquelle il est d'ailleurs en partie présent dans les pellicules. L'intérêt de cette substance provient du fait que, selon certaines données parues dans la littérature médicale, le resvératrol serait le composant actif d'un médicament couramment utilisé en Chine et au Japon, connu comme le « *kojikon* » (à base de poudre de racines séchées de *Polygonum cuspidatum*) et prescrit pour soigner diverses affections (telles que l'hyperlipémie, l'artériosclérose, les allergies et les inflammations).

Toujours dans le milieu médical et bien avant la découverte du resvératrol dans les vins, certains chercheurs s'intéressaient déjà au vin en tant que boisson alcoolisée présentant des fonctions protectrices, notamment contre les maladies cardio-vasculaires ; en 1990 par exemple, une étude avait démontré que la consommation de vin rouge (Bordeaux), mais pas de vin blanc ou d'éthanol, induisait une hypoaggrégation des plaquettes et augmentait le cholestérol-HDL, tous deux étant des facteurs positifs pour la santé humaine. Partant de ces recherches-là, Siemann et Creasy ont alors formulé l'hypothèse d'un lien direct entre le resvératrol et l'action protectrice du vin vis-à-vis des maladies coronariennes. Et en 1992, tel que mentionné dans l'introduction de cet article, le paradoxe français a fait son entrée sur la scène internationale.

Depuis 1992, de nombreuses études ont donc été menées sur le resvératrol au niveau international par la profession médicale (avec l'intention d'en découvrir plus sur les possibles bienfaits de cette substance sur la santé) et par la filière viti-œnologique.

Les propriétés sanitaires importantes du resvératrol sont multiples. Parmi les plus intéressantes se trouvent sa capacité à réduire les risques de maladies cardio-vasculaires (Bertelli *et al.* 1995, 1996), son action préventive contre le cancer (Jang *et al.* 1997; Bruno *et al.* 2003), son action contre la maladie d'Alzheimer, son action de régulation du système immunitaire (Falchetti *et al.* 2001) et son action en tant que phyto-œstrogène (Calabrese 1999). Pour avoir plus de détails sur ces aspects médicaux, nous vous renvoyons vers la littérature spécialisée (Frémont 2000; Cassidy *et al.* 2000; Andreotti 2005). Il est important de souligner ici que ces aspects positifs ne sont mis en évidence que dans le cas d'une consommation modérée et régulière de vin, même avec une concentration de resvératrol de faible à moyenne (jusqu'à 1-2 mg/L) (Bertelli 2003), et à la condition que le sujet soit en bonne santé et ne souffre en particulier pas de problème de foie. D'autres composés stilbéniques (piceatannol, ptérostilbène, ϵ -viniférine, etc.) montrent également une action positive sur la santé humaine, mais les recherches menées sur le sujet ne sont encore pas assez nombreuses.

Le resvératrol a également démontré une capacité à allonger la vie de certains organismes (Howitz *et al.*, 2003), mais pas (encore) chez l'homme, et à contrebalancer les effets négatifs d'un régime hypercalorique (chez les rats). Ce dernier effet n'a cependant été démontré que dans le cas de très grandes quantités de resvératrol, inimaginables dans le cas d'une consommation normale de vin (Baur *et al.* 2006).

Il convient en outre de souligner que les propriétés positives des baies de raisin et du vin sur la santé sont également liées à l'action d'autres composés polyphénoliques antioxydants, et pas uniquement au resvératrol ou à d'autres stilbènes.

La filière viticole et œnologique, quant à elle, a également mené des recherches actives dans le monde entier afin de comprendre les paramètres influençant la présence de resvératrol et comment en augmenter la quantité, en considérant comme toujours positif d'avoir des vins riches en cette substance (en restant néanmoins toujours dans les limites fixées par la nature, à savoir jusqu'à 55 mg/kg dans les baies de raisin et jusqu'à 30 mg/L dans le vin). Une quantité importante de resvératrol présente un double avantage : pour la plante, cela signifie accroître ses défenses naturelles contre les maladies, et pour le vin, cela signifie proposer un produit supérieur d'un point de vue sanitaire. Les stilbènes sont en fait les seuls composés de la vigne présentant cette double action.

Le contenu en resvératrol est généralement plus élevé dans les vins rouges que dans les vins blancs, parce que la vinification en rouge prévoit la macération des pellicules, qui induit l'extraction de la substance (Mattivi *et al.*, 1995).

Paramètres viticoles et stilbènes

Bien que la synthèse du resvératrol soit déclenchée par certains facteurs biotiques et abiotiques, un rôle important est également joué par certains aspects viticoles, tels que le cépage, le rhizome, l'origine géographique, les conditions météorologiques durant la maturation, l'intensité des attaques fongiques et les techniques culturales appliquées au vignoble.

Comprendre le rôle de ces facteurs est primordial puisque cela permet, lorsque c'est possible, de les orienter afin d'améliorer le contenu en resvératrol, tout en gardant à l'esprit que l'objectif principal du viticulteur est de produire des raisins de qualité pour ses divers besoins œnologiques ; il convient donc de savoir si les éléments favorables à la production de raisins riches en resvératrol sont compatibles avec une production qualitative de vin. Le vin est en fait surtout un produit hédoniste, qui peut certes profiter du fait d'être une boisson saine, mais sans que cela n'en devienne la prérogative principale.

Selon les études disponibles à ce jour, le cépage et le climat sont les paramètres les plus fortement liés à la synthèse du resvératrol. En effet, les résultats obtenus sur les techniques culturales sont très

influencés par l'interaction avec le climat, et il est donc difficile d'extrapoler et de définir une règle générale. Il est néanmoins possible de donner des directions générales, pour les paramètres suivants :

Cépage et rhizome

L'effet cépage est important et peut être déduit à partir de tests conduits sur des baies de raisin et des vins monovariétaux.

Selon certains auteurs (Soleas et al. 1995b; Golberg et al. 1995, 1996; Sato et al. 1997; Eder et al. 2001), les cépages dont la production en resvératrol est la plus importante sont le Pinot noir et le Cabernet-Sauvignon. Ce n'est néanmoins pas toujours le cas (Bavaresco, 2003) si l'on tient compte par exemple des données présentées dans le tableau 1. Selon Okuda et Yokotsuka (1996) qui ont travaillé sur 33 cépages implantés au Japon en 1994, le génotype a un effet significatif sur la concentration en resvératrol de la baie, oscillant entre 0,06 mg/kg (Pizzutello blanc) et 1,76 mg/kg (Müller Thurgau).

Type de vin	Millésime	<i>trans</i> -Resvératrol mg/L
Nero d'Avola	1995	11.9
Barbera d'Asti	1996	7.9
Chianti Colli senesi	1996	7.4
Monferrato Dolcetto	1996	6.7
Nero d'Avola + Perricone	1995	5.1
Montepulciano d'Abruzzo	1996	5.0
Bardolino classico	1996	4.7
Sangiovese + Canaiolo	1996	4.5
Torgiano Rosso	1995	4.1
Valtellina Rosso	1996	3.2
Taurasi	1993	2.4
Cabernet-Sauvignon passerillé	1996	1.9
Chambave rouge	1992	1.8
Vallée d'Aoste Torrette supérieur	1992	1.5
Vallée d'Aoste Nus rouge	1992	1.3
Oltrepò Pavese Barbera	1996	1.3
Vallée d'Aoste Pinot noir	1992	1.1
Colli Piacentini Pinot nero	1992	1.0
Vallée d'Aoste Gamay	1992	0.9
Colli Piacentini Gutturino	1992	0.6
Vallée d'Aoste Enfer d'Arvier	1992	0.5
Vallée d'Aoste Chambave Moscato passito	1992	0.5
Vallée d'Aoste Donnas	1992	0.3
Lambrusco dell'Emilia	1996	0.3
Vallée d'Aoste Arnad Montjovet	1992	0.2

Fig. 1 : Concentration moyenne de resvératrol dans certains vins italiens (Fregoni et Bavaresco, 1994; Bavaresco, 2003).

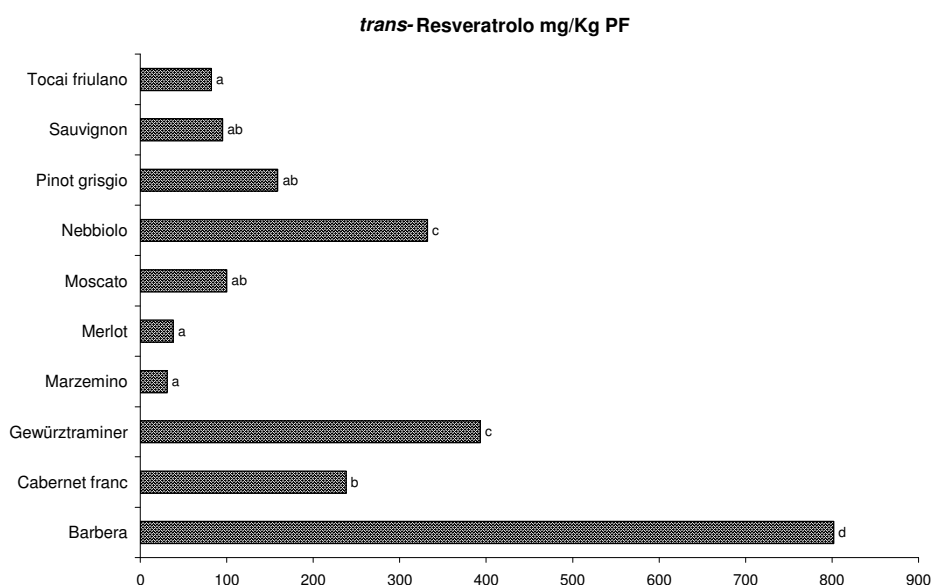
D'une façon générale, les cépages rouges présentent des contenus plus élevés en stilbènes que les cépages blancs, comme montré dans le tableau 2, qui présente les concentrations en resvératrol et ses glucosides de certains cépages de Piacenza (Bavaresco et al., 2007b).

	trans-Resvératrol mg/Kg PF	trans-Picéide mg/Kg PF	cis-Picéide mg/Kg PF
Barbera	0.071	0.234	0.136
Croatina	0.076	0.061	0.050
Malvasia C.a.	0.024	0.013	0.019
DMS _{0.05}	0.033	0.031	0.026

Fig. 2 Concentrations en stilbènes de raisin au moment de la récolte dans les cépages les plus fréquemment rencontrés dans la région de Piacenza (Bavaresco et al., 2007b).

Nous nous attendons à ce que les génotypes des raisins résistants aux maladies (hybrides interspécifiques et vignes américaines) présentent des concentrations de stilbènes plus importantes que les génotypes sensibles, comme les cépages de *V. vinifera*. Cela a pu être confirmé dans certains cas (Creasy et Coffee 1988; Jeandet *et al.* 1991; Bavaresco *et al.* 1997a; Li *et al.*, 2006) mais pas dans d'autres (Soleas *et al.* 1995a,b). Dans le cas du vin, les études publiées sont également contradictoires sur la relation entre les stilbènes et les cépages résistants ou sensibles à la maladie. Selon Romero-Perez *et al.* (1996), les niveaux de resvératrol et de picéide dans des vins issus de cépages de *Vitis vinifera* espagnols étaient corrélés à leur résistance aux maladies. De la même façon, Lamikanra *et al.* (1996) ont observé des concentrations plus élevées en resvératrol dans des vins issus de *V. rotundifolia* (espèce résistante aux maladies) que dans des vins issus de *V. vinifera* (faible résistance aux maladies). À l'inverse, Soleas *et al.* (1995b, 1997) and Eder *et al.* (l.c.) ont montré que la concentration en resvératrol est plus importante dans des vins de *V. vinifera* que dans des vins issus d'hybrides interspécifiques. Dans d'autres cas, enfin, il a été démontré que des vins produits à partir de *V. vinifera* et d'hybrides interspécifiques présentaient des concentrations similaires en resvératrol (Korbuly *et al.* 1998). Ces contradictions sont plutôt difficiles à expliquer et sont probablement liées à l'interaction avec le climat et les facteurs culturaux.

Le cépage influence la quantité de resvératrol présente dans les tiges au moment de la vendange également, tel que cela est montré dans le graphique 1. L'importance pratique de cet état de fait est que les bouts de tiges qui restent inévitablement dans la masse en fermentation des raisins rouges peuvent devenir une source de resvératrol dans le vin, tel que montré dans le tableau 3 (Bavaresco *et al.*, 1997; 2000).

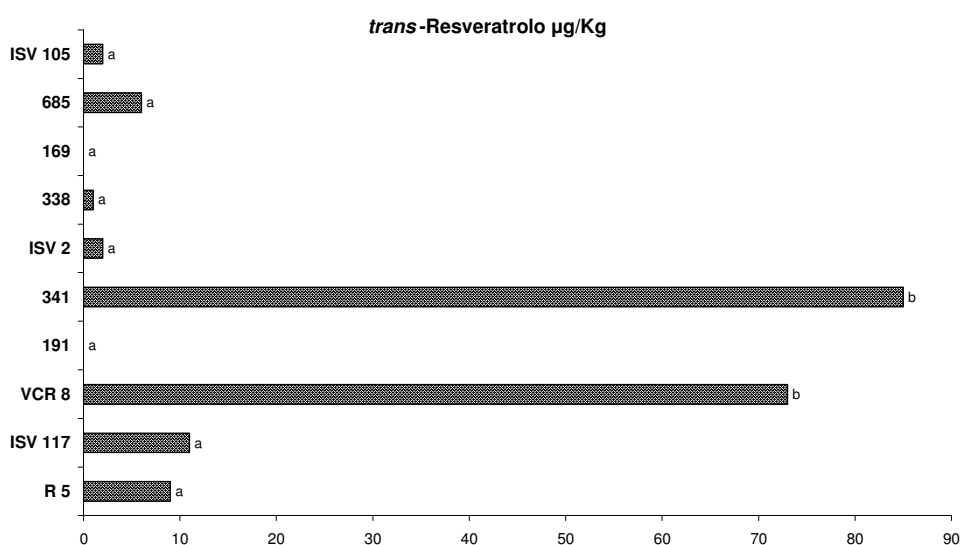


Graphique 1: le contenu en resvératrol dans les tiges au moment de la vendange dépend du cépage. Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significatives par $p < 0,05$ (test de Tukey) (Bavaresco *et al.*, 1997b; 2000b)

Tableau 3: Extraction du trans-resvératrol après 4 jours de macération en solution hydroalcoolique à 11% d'alcool pour 5 cépages, en considérant 0,3 g de tige /100 mL (Bavaresco et al., 1997b; 2000b).

	trans-Resvératrol		
	mg/Kg of tiges	Extraction %	µg/L solution alcoolique
Barbera	104.0	13.0	314
Cabernet franc	17.8	7.5	53
Marzemino	10.2	32.9	31
Merlot	10.2	26.8	31
Nebbiolo	30.0	9.0	92

Le resvératrol des pépins est lui aussi influencé par le cépage mais les données expérimentales disponibles sur le sujet sont limitées. En outre, les espèces sauvages ont les pépins les plus riches en resvératrol (Ector et al. 1996; Li et al., 2006); le contenu maximum est de 62 mg/kg et peut difficilement migrer vers le vin lors de la fermentation alcoolique



Graphique 2 : Concentration de trans-resvératrol dans les baies de 10 clones de Cabernet-Sauvignon, au moment de la vendange. Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significative par $p < 0,05$

Le clone joue également un rôle important dans le contenu en resvératrol des baies ; le graphique 2 montre des données, qui ne sont pas encore publiées (Bavaresco et al.), et portant sur le même clone de Cabernet-Sauvignon.

L'impact du rhizome sur le resvératrol dans les baies pourrait également être important, mais il n'existe pas de données expérimentales sur le sujet.

Climat

L'influence du climat semble être de prime importance. Par climat, nous entendons caractéristiques d'un vignoble déterminées par sa position géographique (latitude, altitude, exposition, etc.) et par les conditions météorologiques annuelles pour un vignoble donné dans une région donnée.

Concernant l'effet de la latitude, seule une comparaison entre des vins est possible et les résultats publiés n'apportent pas de réponse claire. Selon Goldberg *et al.* (1995,1996), les vins produits en climat froid (notamment le Cabernet-Sauvignon) présentent des concentrations plus élevées en resvératrol que les vins produits en régions chaudes. Cependant, selon une autre étude menée par le même groupe (Goldberg *et al.* 1999), cela ne se vérifie pas toujours. Cette contradiction peut s'expliquer par l'interférence d'autres éléments non contrôlés, tels que les pratiques œnologiques. Des données expérimentales sur l'effet de l'altitude des vignobles sur la synthèse du resvératrol dans les baies de raisin, produites à Val Tidone (Piacenza), montrent une augmentation des stilbènes jusqu'à 300m au-dessus du niveau de la mer, et une diminution à des altitudes supérieures (400m) (Tab. 4).

Fig. 4: Influence de l'altitude du vignoble sur la concentration en stilbènes des baies de raisin (Bavaresco et al., 2007b).	Altitude	trans-Resvératrol mg/Kg	trans-Picéide mg/Kg	cis-Picéide mg/Kg
	150 m s.l.m.	0.012	0.065	0.019
	240 m s.l.m.	0.059	0.086	0.055
	320 m s.l.m.	0.087	0.186	0.123
	420 m s.l.m.	0.070	0.074	0.053

En agissant sur l'intensité des attaques fongiques au vignoble, les conditions météorologiques annuelles peuvent influencer la synthèse des stilbènes (Jeandet et al 1995; Martinez-Ortega et al. 2000). En effet, une légère attaque fongique (par exemple le *Botrytis*), invisible à l'œil nu, suffit à déclencher la synthèse des stilbènes dans les baies. Cela se produit lorsque le taux d'humidité est élevé, entre 70 et 80%, lors de la période de maturation (Bavaresco et al., 2006b).

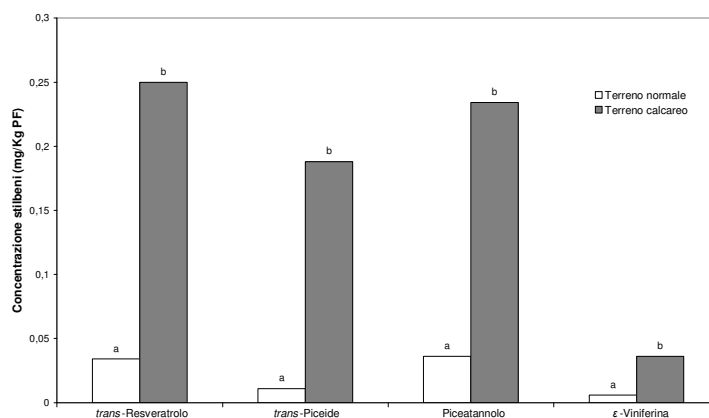
La température au cours de la période de maturation joue également un rôle, puisqu'elle est corrélée négativement à la quantité de resvératrol dans les baies et les vins (Li et al., 2006; Bavaresco et al., 2006b, 2007a; Bertamini et Mattivi 1999).

Sol

Peu de données expérimentales sont disponibles sur l'effet exercé par le sol sur le resvératrol. Lors d'un test effectué en pots, un sol très calcaire a induit dans un Merlot/3309C une accumulation forte de resvératrol et autres stilbènes dans les baies de raisin, couplée avec des symptômes sévères de chlorose (Bavaresco et al. 2005; 2008) (Chart 3). La synthèse de ces substances est favorisée par des sols plus ou moins calcaires (avant que la plante ne présente des symptômes de chlorose). À l'inverse, des sols carencés en carbonate de calcium ne la favorisent pas (Andrés-de Prado et al., 2007). L'effet « Terroir » sur la concentration en stilbènes n'a quant à lui jamais été démontré dans le Pinot noir de Bourgogne (Adrian et al. 2000).

Il est probable que le sol ait un effet indirect sur le métabolisme des stilbènes, en interférant avec la nutrition minérale et hydrique de la plante

Fig. 3 : Rôle du sol sur la concentration en stilbènes de raisin Merlot au moment de la vendange (Bavaresco et al., 2005)



Techniques culturales

La fertilisation est un paramètre important qui interagit avec la physiologie de la plante, dont les mécanismes de résistance aux maladies. L'azote est un élément minéral très réactif, puisque la plante l'absorbe facilement et réagit rapidement et intensément à ses variations. La concentration en resvératrol dans les baies augmente parallèlement à la diminution d'azote (Bavaresco et al. 2001; 2007a). Les résultats préliminaires des études menées sur le potassium ne sont, quant à eux, pas très clairs (Bavaresco et al. 2006a).

Selon une série de tests conduits en France par Coulomb *et al.* (1999), un traitement au cuivre avec la bouillie bordelaise et un traitement avec de l'hydroxyde de cuivre mené sur du Cinsaut, 21 jours avant la vendange ont fait augmenter les niveaux de stilbènes (*trans*- et *cis*- resvératrol et picéide) dans les baies de raisin, par rapport aux niveaux observés dans des plants non traités ; le cuivre semble donc se comporter comme un éliciteur de la synthèse des stilbènes. Dans le cadre de programmes de traitement complet, l'utilisation de la bouillie bordelaise contre le mildiou a permis la production de vins (Mouvèdre dans le Languedoc-Roussillon) plus riches en *trans*-resvératrol que des vins produits à partir de baies traitées uniquement avec des fongicides organiques de synthèse (Albert *et al.* 2002), excepté pour le traitement avec mancozèbe + cymoxanil qui a induit une plus grande quantité de resvératrol que les vins traités à la bouillie bordelaise. Pour appuyer cette hypothèse du rôle positif joué par le cuivre sur le resvératrol, certains vins de Bourgogne et de Loire (Tintunen et Lehtonen 2001) et certains vins autrichiens (Otreba *et al.*, 2006) issus de l'agriculture biologique ont montré des contenus plus élevés de *trans*-resvératrol que des vins issus de l'agriculture conventionnelle. Des recherches supplémentaires sont néanmoins nécessaires pour pouvoir confirmer ces résultats.

L'intensité de la taille hivernale, quant à elle, n'a pas influencé la concentration de resvératrol dans des baies de Valpolicella (Celotti *et al.* 1998), mais la vendange verte a montré qu'elle pouvait accroître la concentration en resvératrol et ses glucosides dans des baies et des vins de Charbourcin, un ancien hybride producteur français (Prajitna *et al.*, 2007).

Les modes de conduite ont un effet sur les quantités de resvératrol présentes dans des vins de Cabernet-Sauvignon (Bertamini e Mattivi l.c.) puisqu'ils interviennent sur le microclimat au niveau des baies : un faible ensoleillement des grappes est favorable lors des millésimes chauds, et défavorable lors de millésimes plus froids.

L'éclaircissement du feuillage au niveau des grappes lors de la véraison sur Barbera, Croatina et Malvasia di Candia aromatique, dans la région de Piacenza, n'a pas eu d'effet sur le resvératrol des baies lors des millésimes chauds et secs, mais lors d'années plus fraîches, l'éclaircissement a eu un effet négatif (Bavaresco, en cours de publication).

Selon des résultats préliminaires (Gebbia *et al.* l.c.), une faible production de raisin à l'hectare et une absence d'irrigation ont favorisé la présence de stilbènes dans le vin.

Des résultats très intéressants sur l'interaction entre le resvératrol et l'ochratoxine A (OTA) dans les baies de raisin (Bavaresco *et al.*, 2008) et le vin (Perrone *et al.*, 2007) ont été produits. Le resvératrol est produit par la plante en réaction à une attaque d'*Aspergillus carbonarius*, le champignon principalement responsable de la production d'OTA (Bavaresco *et al.*, 2003, Vezzulli *et al.*, 2007a), et les vins riches en OTA sont également riches en resvératrol ; le contraire, en revanche, n'est pas vrai : les vins riches en resvératrol ne sont pas toujours riches en OTA. Lorsque cela se produit, il est possible que le resvératrol agisse (sur la plante qui le présente) comme un antidote contre l'OTA (Jeswal, 1998).

Méthodes artificielles pour accroître la présence de resvératrol et d'autres stilbènes

Il existe des méthodes n'ayant rien à voir avec les pratiques culturales permettant d'intervenir dans la synthèse de ces substances. L'exemple du traitement appliqué à des baies de Barbera plongées dans une solution (alcoolique) de méthyl jasmonate (10 mM), à trois stades de maturation différents (nouaison, véraison et 45 jours après la véraison) est en une : il a permis de faire augmenter le niveau de resvératrol dans les baies vendangées, de 0,03 mg/Kg à 0,32 mg/kg (Vezzulli *et al.*, 2007b).

Une autre méthode consiste à irradier les baies avec des rayons UV. Cette méthode a été utilisée par Paronetto et Mattivi (1999) ; ils ont irradié pendant 100 jours avec des rayons UV-C des raisins mi-séchés de Corvina, de Rondinella, et d'autres cépages, utilisés dans la production d'Amarone et de Recioto della Valpolicella et ont réussi à doubler la concentration en resvératrol. Le même effet a été étudié sur certaines espèces sauvages (Cynthiana, *V. aestivalis*; Noble, *V. rotundifolia*), mais sur des durées d'exposition aux rayons plus courtes (10 min.) (Threlfall *et al.*, 1999). Des raisins de table traités

avec des rayons UV après la récolte ont également vu leur concentration en resvératrol augmenter (Cantos et al., 2000; Moriarty et al., 2001).

Une autre méthode capable de faire augmenter les niveaux de resvératrol dans les baies de raisin est le traitement à l'ozone (8 ppm) dans des chambres de stockage sous atmosphère contrôlée pour le raisin de table Napoleon (Artés-Hernandes et al., 2003).

Nous mentionnerons enfin le BTH (benzothiadiazole) qui a permis une augmentation de 40% de la concentration en resvératrol dans des baies de Merlot (Iriti et al., 2004), ainsi que l'acide abscissique (ABA) qui a permis d'accroître par 1,2 le niveau de resvératrol dans des baies de raisin du cépage japonais Kyoho (Ban et al., 2000).

Conclusions

Outre les facteurs viticoles analysés dans cet article, la concentration en resvératrol et autres stilbènes dans les vins est influencée par les techniques œnologiques, qui conditionnent l'extraction des composés contenus dans les pellicules et leur conservation plus ou moins efficace au cours de la vinification et du stockage. La composition de la matière première (raisin) est cependant cruciale, puisque les baies présentant de faibles contenus en stilbènes ne pourront jamais produire des vins riches en ces substances.

La recherche scientifique se concentre actuellement sur les bases génétiques de la synthèse des stilbènes, afin de comprendre et de manipuler leur expression dans le futur. Il sera par exemple possible d'intervenir avec la sélection assistée (via marqueurs moléculaires) dans de nouveaux programmes d'amélioration génétique par sélection clonale, croisement ou hybridation, ou par manipulation des voies métaboliques des stilbènes. Au Japon, a d'ores et déjà été produite une vigne génétiquement modifiée (OGM), capable de produire des quantités importantes de resvératrol (Nakajima et al., 2006). L'objectif pratique de ces nouvelles études est, d'une part, de pouvoir améliorer les mécanismes de défense de la vigne contre les maladies, et, d'autre part, de produire des vins meilleurs d'un point de vue sanitaire.

En conclusion, bien que la vigne soit considérée comme une plante médicinale, il est essentiel de se rappeler que le vin ne peut pas être consommé comme un médicament et que sa consommation ne soigne pas les affections. Consommer du vin de façon raisonnable fait tout d'abord partie intégrante d'un certain style de vie et est un acte culturel. C'est avec ce message qu'il sera possible de conquérir de nouveaux consommateurs, qui, une fois éduqués à une consommation modérée, seront capables d'apprécier les bienfaits qu'a le vin sur la santé également .

Résumé

Le resvératrol est un composé phénolique synthétisé par les parties herbacées, les pellicules et les baies de raisin et qui présente des propriétés potentiellement bénéfiques pour la santé. Cette substance appartient à l'espèce chimique des stilbènes (diphényléthylène), qui comprend d'autres composés tels que le piceatannol, le picéide, le ptérostilbène, la viniférine et le pallidol. Ces derniers sont produits par la plante pour répondre aux stress biotiques ou abiotiques, et notamment aux attaques fongiques. Les recherches menées sur cette action qu'exerce le resvératrol sur l'organisme humain, soit consommé sous forme de raisin, soit sous forme de produit transformé (notamment le vin), met en évidence des effets positifs sur la santé, parmi lesquels la réduction des accidents cardiovasculaires et une action préventive contre le cancer. La concentration du resvératrol dans les baies est liée à différents facteurs viticoles, tels que le cépage, le rhizome, le sol, le climat et les pratiques culturales, qui sont décrits dans cet article.

Bibliographie

- Adrian, M., P. Jeandet, A.C. Breuil, D. Levite, S. Debord, and R. Bessis. 2000. Assay of resveratrol and derivative stilbenes in wines by direct injection High Performance Liquid Chromatography. *American J. Enology & Viticulture* 51: 37-41.
- Albert, M., P.O. Coulomb, O. Agulhon, and P.J. Coulomb. 2002. Anti-mildious: bien plus d'anthocyanes et de resvératrol et moins de mycotoxines. *Phytoma* 554: 33-36.
- Artés-Hernandez, F., F. Artés and F. A. Tomàs-Baerberàn. 2003. Quality and enhancement of bioactive phenolics in cv. Napoleon table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments. *J. Agricultural and Food Chemistry* 51: 5290-5295.
- Andreotti A. 2005. Vino e salute. *Edagricole*, Bologna, 136 pp.
- Ban, T., S. Shiozaki, T. Ogata and S. Horiuchi. 2000. Effects of abscisic acid and shading treatments on the levels of anthocyanin and resveratrol in skin of Kyoho grape berry. *Acta Horticulturae* 514: 83-89.
- Bavaresco, L.. 1993. Effect of potassium fertilizer on induced stilbene synthesis in different grapevine varieties. *Bulletin de l'OIV* 751-752:674-689.
- Bavaresco, L.. 2003. Role of viticultural factors on stilbene concentrations of grapes and wine. *Drugs under Experimental and Clinical Research* XXIX: 181-187.
- Bavaresco, L. and R. Eibach. 1987. Investigations on the influence of N fertilizer on resistance to powdery mildew (*Oidium Tuckeri*), downy mildew (*Plasmopara viticola*) and on the phytoalexin synthesis in different grapevine varieties. *Vitis* 26: 192-200.
- Bavaresco, L. and C. Fregoni. 2001. Physiological role and molecular aspects of grapevine stilbenic compounds. In: K.A. Roubelakis-Angelakis, ed., *Molecular Biology and Biotechnology of the Grapevine*, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands, pp. 153-182.
- Bavaresco L., S. Vezzulli. 2006. Stilbene phytoalexin physiology in grapevine (*Vitis* spp.) as affected by viticultural factors. IN: *Recent Progress in Medicinal Plants*. Vol. 11: Drug Development from New Molecules. J.N. Govil, V.K. Singh, C. Arunachalam (Eds.), 389-410. Studium Press, LLC, Houston, TX, USA.
- Bavaresco, L., C. Fregoni, E. Cantù and M. Trevisan. 1999. Stilbene compounds: from grapevine to wine. *Drugs under Experimental and Clinical Research* 25: 57-63.
- Bavaresco, L., C. Fregoni, M. Trevisan, and P. Fortunati. 2000b. Effect of cluster stems on resveratrol content in wine. *Italian J. Food Science* 12: 103-108.
- Bavaresco, L., D. Petegolli, E. Cantù, M. Fregoni, G. Chiusa, and M. Trevisan. 1997a. Elicitation and accumulation of stilbene phytoalexins in grapevine berries infected by *B. cinerea*. *Vitis* 36: 77-83.
- Bavaresco, L., E. Cantù, M. Fregoni, and M. Trevisan. 1997b. Constitutive stilbene contents of grapevine cluster stems as potential source of resveratrol in wine. *Vitis* 36: 115-118.
- Bavaresco, L., E. Cantù, and M. Trevisan. 2000a. Chlorosis occurrence, natural arbuscular-mycorrhizal infection and stilbene root concentration of ungrafted grapevine rootstocks growing on calcareous soil. *J. Plant Nutrition* 23: 1685-1697.
- Bavaresco, L., M. Fregoni and D. Petegolli. 1994. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on induced resveratrol synthesis in two grape genotypes. *Vitis* 33: 175-176.
- Bavaresco, L., M. Fregoni, M. Trevisan, F. Mattivi, U. Vrhovsek, and R. Falchetti. 2002. The occurrence of the stilbene piceatannol in grapes. *Vitis* 41: 133-136.
- Bavaresco L., M.I. van Zeller de Macedo Basto Gonçalves and S. Vezzulli. 2006b. Ruolo dei fattori viticoli sugli stilbeni in uva e vino. *Inf. Agrario*, 35: 67-70.
- Bavaresco L., S. Civardi, S. Pezzutto and F. Ferrari. 2006a. Effetto della concimazione potassica sulla nutrizione minerale, produzione, qualità e stilbeni del vitigno Cabernet Sauvignon. *Italus Hortus*, 13 (3): 79-83.
- Bavaresco L., S. Civardi, S. Pezzutto, S. Vezzulli and F. Ferrari. 2005. Grape production, technological parameters, and stilbenic compounds as affected by lime-induced chlorosis. *Vitis*, 44 (2): 63-65.
- Bavaresco L., S. Vezzulli, P. Battilani., P. Giorni., A. Pietri, T. Bertuzzi. 2003. Effect of Ochratoxin A-producing *Aspergilli* on Stilbenic Phytoalexin Synthesis in Grapes. *J. Agric. Food Chem.* 51 (21): 6151-6157.
- Bavaresco, L., S. Pezzutto, A. Ragga, F. Ferrari, and M. Trevisan. 2001. Effect of nitrogen supply on *trans*-resveratrol concentration in berries of *V. vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Vitis* 40: 229-230.
- Bavaresco L., S. Pezzutto and F. Ferrari. 2007a – Ruolo di fattori ambientali e colturali sul contenuto di resveratrol nell'uva e nel vino. *Italus Hortus*, 14 (3): 191-194.
- Bavaresco L., S. Pezzutto, M. Gatti and F. Mattivi 2007b – Role of the variety and some environmental factors on grape stilbenes. *Vitis*, 46 (2): 57-61.
- Bavaresco L., S. Vezzulli, S. Civardi, M. Gatti, P. Battilani, A. Pietri and F. Ferrari. 2008. Effect of lime-induced chlorosis on ochratoxin A, *trans*-resveratrol and *epsilon* viniferin production in grapevine (*V. vinifera* L.) berries infected by *Aspergillus carbonarius*. *J. Agric. Food Chem.* (in corso di stampa).
- Baur J.A., K.J. Pearson, N.L. Price, H.A. Jamieson, C. Lerin, A. Kalra, V.V. Prabhu et al. 2006. Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet. *Nature* 444: 337-342.
- Bertamini, M., and F. Mattivi. 1999. Meteorological and microclimatic effects on Cabernet Sauvignon from Trentino area. Part II: flavonoids and resveratrol in wine. *Proceedings of 11th GESCO Meeting*, June 6-12, 1999, Marsala, Sicily, pp.502-509.

- Bertelli, A.. 2003. Wine and health, *Drugs under Experimental & Clinical Research* XXIX: 169-170.
- Bertelli, A.A.E., L. Giovannini, D. Giannessi, M. Migliori, W. Bernini, M. Fregoni, and A. Bertelli. 1995. Antiplatelet activity of synthetic and natural resveratrol in red wine. *International J. Tissue Reaction*, XVII, 1-3.
- Bertelli, A.A.E., L. Giovannini, R. De Caterina, W. Bernini, M. Migliori, M. Fregoni, L. Bavaresco and A. Bertelli. 1996. Antiplatelet activity of *cis*-resveratrol. *Drugs under Experimental & Clinical Research* XXII: 61-63.
- Bruno, P., L. Ghisolfi, M. Priulla, A. Nicolini, and A. Bertelli. 2003. Wine and tumors: study of resveratrol, *Drugs under Experimental & Clinical Research* XXIX: 257-261.
- Calabrese, G.. 1999. Non alcoholic compounds of wine: the phytoestrogen resveratrol and moderate red wine consumption during menopause. *Drugs under Experimental & Clinical Research* XXV: 111-114.
- Cantos, E., C. Garcia-Viguera, S. de Pascual-Teresa and F. A. Tomàs-Barberà. 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *J. Agricultural and Food Chemistry* 48: 4606-4612
- Cassidy, A., B. Hanley, and R.M. Lamuela Raventós. 2000. Isoflavones, lignans and stilbenes - origins, metabolism and potential importance to human health, *J. Science Food & Agriculture* 80: 1044-1062.
- Celotti, E., R. Ferrarini, L.S. Conte, C. Giulivo, and R. Zironi. 1998. Modifiche del contenuto di resveratrolo in uve di vitigni della Valpolicella nel corso della maturazione e dell'appassimento. *Vignevini* XXV (5): 83-92.
- Coulomb, C., Y. Lizzi, P.J. Coulomb, J.P. Roggero, P.O. Coulomb and O. Agulhon. 1999. Le cuivre a-t-il un effet éliciteur?, *Phytoma* 512: 41-46.
- Creasy, L.L. and M. Coffee. 1988. Phytoalexin production potential of grape berries. *J. American Society Horticultural Sciences* 113: 230-234.
- De Andrés-de Prado R., M. Yuste-Rojas, X. Sort, C. Abdrés-Lacueva, M. Torres and R.M. Lamuela-Raventós. 2007. Effect of soil type on wine produced from *V. vinifera* L. cv. Grenache in commercial vineyards, *J. Agric. Food Chem.* 55: 779-786.
- Dercks, W. and L.L. Creasy. 1989. Influence of foseyl-Al on phytoalexin accumulation in the *P. viticola* grapevine interaction. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 34: 203-213.
- Ector, B.J., J.B. Magee, C.P. Hegwood, and M.J. Coign. 1996. Resveratrol concentration in muscadine berries, juice, pomace, purees, seeds, and wine. *American J. Enology & Viticulture* 47: 57-62.
- Eder, R., S. Wendelin, and U. Vrhovsek. 2001. Resveratrol contents of grapes and red wines in dependency on vintage year and harvest date, *Mitteilungen Klosterneuburg* 51: 64-78.
- Falchetti, R., M.P. Fuggetta, G. Lamzilli, M. Tricarico, and G. Ravagnan. 2001. Effects of resveratrol on human immune cell function, *Life Sciences* 70: 81-96.
- Fregoni, M., L. Bavaresco, D. Petegolli, M. Trevisan, and C. Ghebbioni. 1994. Indagine sul contenuto di resveratrolo in alcuni vini della Valle d'Aosta e dei Colli piacentini. *Vignevini* 21 (6): 33-36.
- Fremont, L. 2000. Biological effects of resveratrol, *Life Sciences* 66 : 663-673.
- Gebbia N., L. Bavaresco, M. Fregoni, S. Civardi, L. Crosta, F. Ferrari, F. Grippi, M. Tolomeo and M. Trevisan. 2003. Contenuto di un nuovo stilbene (piceatannolo) in alcuni vini della Sicilia. *Vignevini* 5: 87-94.
- Goldberg, D.M., A. Karumanchiri, E. Ng, J. Yan, E.P. Diamandis, and G.J. Soleas. 1995. Direct gas chromatographic-mass spectrometric method to assay *cis*-resveratrol in wines: preliminary survey of its concentration in commercial wines. *J. Agricultural & Food Chemistry* 43: 1245-1250.
- Goldberg, D.M., A. Karumanchiri, G.J. Soleas, and E. Tsang. 1999. Concentrations of selected polyphenols in white commercial wine. *American J. Enology & Viticulture* 50: 185- 195.
- Goldberg, D.M., E. Tsang, A. Karumanchiri, E.P. Diamandis E, G. Soleas and E. Ng.. 1996. Method to assay the concentrations of phenolics constituentes of biological interest in wines, *Analytical Chemistry* 68: 1688-1694.
- Iriti, M., M. Rossoni, M. Borgo and F. Faoro. 2004. Benzothiadiazole enhances resveratrol and anthocyanin biosynthesis in grapevine, meanwhile improving resistance to *B. cinerea*. *J. Agricultural and Food Chemistry* 52: 4406-4413.
- Jang, M., L. Cai, G.O. Udeani, K.W. Slowing, C.F. Thomas, C.W.W. Beecher, H.H.S. Fong, N.R. Farnsworth, A.D. King Horn, R.G. Mehta, R.C. Moon, and J. M. Pezzuto. 1997. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. *Science* 275: 218-220.
- Hoos, G. and R. Blauch. 1990. Influence of resveratrol on germination of conidia and mycelial growth of *Botrytis cinerea* and *Phomopsis viticola*. *Journal of Phytopathology* 129: 102-110
- Howitz K.T., K.J. Bitterman, H.Y. Cohen, D.W. Lamming, S. Lavu, J.G. Wood et al.. 2003. Small molecule activators of sirtuins extend *Saccharomyces cerevisiae* lifespan, *Nature* 425: 191-196.
- Jeandet, P., R. Bessis, and B. Gautheron. 1991. The production of resveratrol (3,5,4' - trihydroxystilbene) by grape berries in different developmental stages. *American J. Enology & Viticulture* 42: 41-46.
- Jeandet, P., R. Bessis, M. Sbaghi, P. Meunier, and P. Trollat. 1995. Resveratrol content of wines of different ages : relationships with fungal disease pressure in the vineyard. *American J. Enology & Viticulture* 46: 1-3.
- Jeswal P. 1998. Antidotal effect of grape juice (*Vitis vinifera*) on ochratoxin A caused hepatorenal carcinogenesis in mice (*Mus musculus*). *Cytobios* 93: 123-128.

- Korbuly, J., Z. K. Véghely, and E. Sàrdi. 1998. Resveratrol content in red wines of *V. vinifera* varieties and interspecific hybrids. *Acta Horticulturae* 473: 183-190.
- Lamikanra, O., C.C. Grimm, J.B. Rodin, and I.D. Inyang. 1996. Hydroxylated stilbenes in selected American wines, *J. Agricultural & Food Chemistry* 44: 1111-1115.
- Landrault, N., F. Larronde, J.C. Delaunay, C. Castagnino, J. Vercauteren, J.M. Merillon, F. Gasc, G. Cros, and P.L. Teissedre. 2002. Levels of stilbene oligomers and astilbin in French varietal wines and in grape during noble rot development. *J. Agricultural & Food Chemistry* 50: 2046-2052.
- Langcake, P. and R.J. Pryce. 1976. The production of resveratrol by *V. vinifera* and other members of the *Vitaceae* as a response to infection or injury. *Physiological Plant Pathology* 9: 77-86.
- Langcake, P. and R.J. Pryce. 1977. The production of resveratrol and the viniferins by grapevines in response to ultraviolet irradiation. *Phytochemistry* 16: 1193-1196.
- Li X., B. Wu, L. Wang and S. Li. 2006. Extractable amounts of *trans*-resveratrol in seed and berry skin in *Vitis* evaluated at the germplasm level, *J. Agric. Food Chem.* 54: 8804-8811.
- Martinez-Ortega, M.V., M.C. García-Parrilla, and A.M. Troncoso. 2000. Resveratrol content in wines and musts from the south of Spain. *Nahrung* 44: 253-256.
- Masquelier, J. 1992. La vigne, plante médicinale - Naissance et essor d'une thérapeutique, *Bulletin de l'O.I.V.* 733-734: 177-196.
- Mattivi F., F. Reniero, and S. Korhammer. 1995. Isolation, characterization, and evolution in red wine vinification of resveratrol monomers. *J. Agricultural & Food Chemistry* 43: 1820-1823.
- Moriarty, J.M., R. Harmon, L.A. Weston, R. Bessis, A.C. Breuil, M. Adrian, and P. Jeandet. 2001. Resveratrol content of two Californian table grape cultivars. *Vitis* 40: 43-44.
- Nakajima, I., S. Kobayashi, N. Matsuta, A. Sato, M. Yamada and J. Soejima. 2006. Genetic Transformation of Kyoho Grape with Stilbeni Synthase Gene. *Bulletin of the National Institute of Fruit Tree Science Japan* (5): 15-20
- Okuda T. and Yokotsuka K. 1996. *Trans*-resveratrol concentration in berry skins and wine from grapes grown in Japan. *Am. J. Enol. Vitic.* 47: 93-99
- Otreba J.B., E. Berghofer, S. Wendelin and R. Eder. 2006. Polyphenole und antioxidative Kapazität in österreichischen Weinen aus konventioneller und biologischer Traubenproduktion, *Mitt. Klosterneuburg* 56: 22-32.
- Paronetto, L. and F. Mattivi. 1999. Il resveratrolo in enologia e applicazione dei raggi U.V.C. per aumentare il tenore. *L'Enotecnico* XXXV (3): 73-81.
- Perrono G., I. Nicoletti, M. Pascale, A. De Rossi, A. De Girolamo and A. Visconti. 2007. Positive correlation between high levels of ochratoxin A and resveratrol-related compounds in red wines. *J. Agric. Food Chem.* 55: 6807-6812.
- Pezet, R. and P. Cuenat. 1996. Resveratrol in wine: Extraction from skin during fermentation and post-fermentation standing of must from Gamay grapes. *American J. Enology & Viticulture* 47: 287-290.
- Pezet, R. and V. Pont. 1988. Mise en évidence de ptérostilbène dans les grappes de *V. vinifera*, *Plant Physiology & Biochemistry* 26: 603-607.
- Prajitna A., I.E. Dami, T.E. Steiner, D.C. Ferree, J.C. Scheerens, S. J. Schwartz, 2007. Influence of cluster thinning on phenolic composition, resveratrol, and antioxidant capacity in Chambourcin wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 58 (3): 346-350.
- Renaud S. and M. de Lorgeril. 1992. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease, *Lancet* 339:1523-1526.
- Romero-Perez A.I., M. Ibern-Gòmez, R.M. Lamuela-Raventòs R, and M.C. de la Torre-Boronat. 1999. Piceid, the major resveratrol derivative in grape juices. *J. Agricultural & Food Chemistry* 47: 1533-1536.
- Romero-Perez, A.I., R.M. Lamuela-Raventos, S. Buxaderas, and M.C. De la Torre-Boronat. 1996. Resveratrol and piceid as varietal markers of white wines, *J. Agricultural & Food Chemistry* 44: 1975-1978.
- Sato, M., Y. Suzuki, T. Okuda, and K. Yokotsuka. 1997. Contents of resveratrol, piceid, and their isomers in commercially available wines made from grapes cultivated in Japan. *Bioscience Biotechnology & Biochemistry* 61: 1800-1805.
- Siemann, E.H., and L.L. Creasy. 1992. Concentration of phytoalexin resveratrol in wine. *American J. Enology & Viticulture* 43: 49-52.
- Soleas, G.J., D.M. Goldberg, A. Karumanchiri, E.P. Diamandis, and E. Ng. 1995b. Influences of viticultural and oenological factors on changes in *cis*- and *trans*-resveratrol in commercial wines. *J. Wine Research* 6: 107-121.
- Soleas, G.J., D.M. Goldberg, E.P. Diamandis, A. Karumanchiri, J. Yan, and E. Ng. 1995a. A derivatized gas chromatographic-mass spectrometric method for the analysis of both isomers of resveratrol in juice and wine. *American J. Enology & Viticulture* 46: 346-352.
- Soleas, G.J., J. Dam, M. Carey and D.M. Goldberg. 1997. Toward the fingerprinting of wines: cultivar-related patterns of polyphenolics constituents in Ontario wines. *J. Agricultural & Food Chemistry* 45: 3871-3880.

- Threlfall, R.T., J. R. Morris and A. Mauromoustakus. 1999. Effect of variety, ultraviolet light exposure and enological methods on the trans-resveratrol level of wine. *American Journal of Enology and Viticulture*. 50: 57-64
- Tintunen, S. and P. Lehtonen. 2001. Distinguishing organic wines from normal wines on the basis of concentrations of phenolic compounds and spectral data. *European Food Research & Technology* 212: 390-394.
- Vezzulli S., P. Battilani and L. Bavaresco. 2007a. Stilbene-synthase gene expression after *Aspergillus carbonarius* infection in grapes. *Am. J. Enol. Vitiv.* 58 (1): 132-134.
- Vezzulli S., S. Civardi, F. Ferrari and L. Bavaresco. 2007b. Methyl jasmonate treatment as a trigger of resveratrol synthesis in cultivated grapevine. *Am. J. Enol. Vitic.* 58 (4): 530-533.
- Waterhouse A.L. and R.M. Lamuela-Raventos. 1994. The occurrence of piceid, a stilbene glucoside, in grape berries, *Phytochemistry* 37: 571-573.