

Les pigments des vins rosés

Résumé La couleur est un élément clé de la qualité des vins rosés. Elle couvre une large palette, liée à la présence d'anthocyanes qui sont les pigments rouges du raisin, ainsi qu'à celle de nombreux produits résultant des réactions des anthocyanes mais aussi d'autres composés phénoliques au cours de la vinification. Les avancées récentes sur la composition des vins rosés et la structure des pigments à l'origine de leur diversité de couleur sont présentées dans cet article.

Mots-clés Vin rosé, couleur, pigments, polyphénols, anthocyanes, métabolomique, spectrométrie de masse, chimiométrie.

Abstract **Rosé wine pigments**
Color is a key element in the marketing of rosé wines. It is extremely diverse, due to the presence of anthocyanins, the red grape pigments, and of numerous derivatives formed from them and from other compounds during wine-making. Recent advances on the phenolic composition of rosés wines and on the drivers of their color diversity are presented in this article.

Keywords Rosé wine, color, pigments, polyphenols, anthocyanins, metabolomics, mass spectrometry, chemometrics.

La couleur est un élément essentiel dans la qualité des vins rosés, immédiatement perçue par le consommateur, grâce aux bouteilles non teintées dans lesquelles ils sont généralement commercialisés. Cette couleur couvre une large palette, depuis des teintes très pâles de type « sable » ou « nacre » jusqu'à des « grenat » intenses, en passant par des nuances orange « abricot » ou « melon » ou rose « framboise », décrites par le nuancier développé par le Centre du Rosé (figure 1).

Ces couleurs sont liées à la présence de divers pigments, extraits du raisin ou formés par réaction des constituants du raisin au cours des opérations de vinification, appartenant, pour la plupart, à la famille des polyphénols.

Les composés phénoliques du raisin

Les composés phénoliques du raisin appartiennent à différentes classes moléculaires, les trois principales (détaillées



Figure 1 - Le nuancier, présenté sous la forme d'un coffret pédagogique, est un référentiel qui permet de qualifier précisément la couleur d'un vin rosé. Il comporte treize références qui ont été contre-typées à partir des couleurs les plus représentatives du monde Rosé (de gauche à droite) : grenat, cerise, groseille, corail, mangue, abricot, saumon, pêche, framboise, pomelo, litchi, nacre, sable.

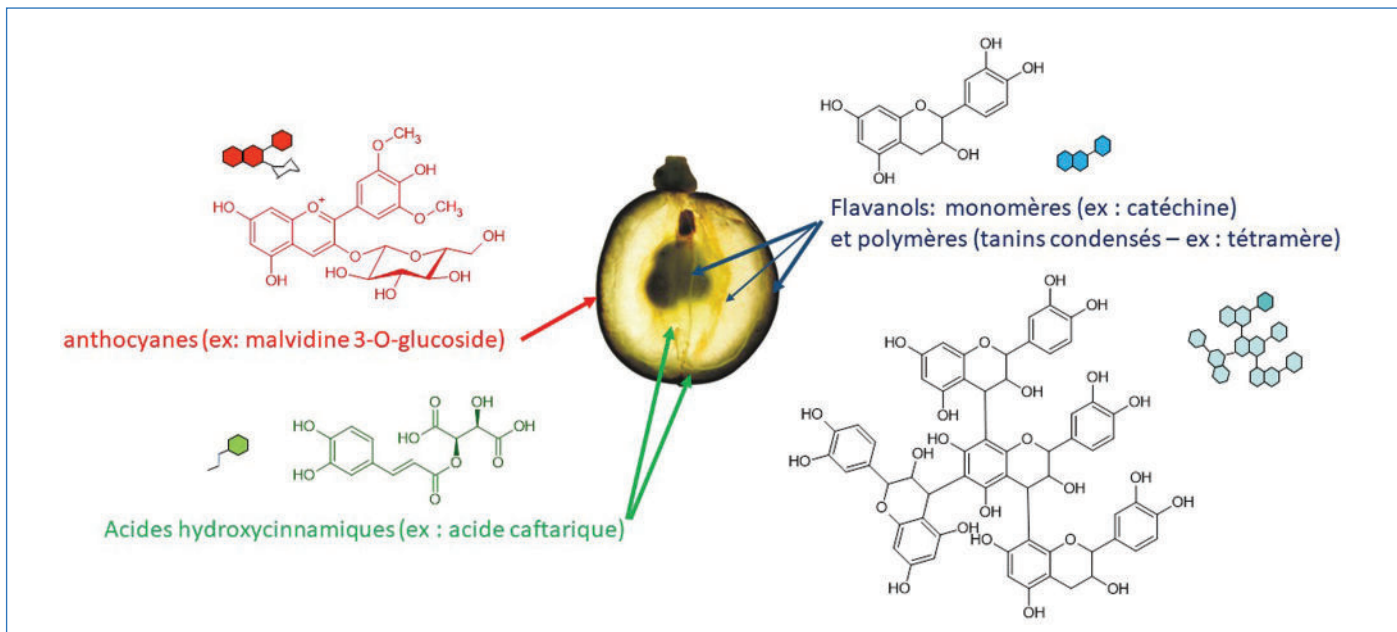


Figure 2 - Les trois principales classes de composés phénoliques du raisin et leur localisation dans la baie.

ci-après) étant les anthocyanes, les flavanols et les acides hydroxycinnamiques (figure 2).

Les pigments rouges de la baie de raisin sont des anthocyanes, famille particulière de polyphénols classée dans les flavonoïdes. Cette famille comprend une grande diversité de structures, en raison de la présence de différentes substitutions (hydroxyles, méthoxyles, glucosides, acylations du glucose). Elles sont représentées classiquement sous la forme de leur cation flavylium, sous laquelle elles sont détectées dans les conditions acides utilisées pour leur analyse. Cependant, cette forme rouge ne prédomine qu'en milieu très acide et se trouve en équilibre avec d'autres formes, colorées ou non, dans les solutions faiblement acides telles que le vin (pH compris entre 3 et 4). Ainsi, lorsque le pH augmente, le cation flavylium subit une déprotonation conduisant à une base quinonique de couleur bleue ou une réaction d'hydratation associée à une déprotonation générant une forme hémiacétale incolore puis, par ouverture du cycle et tautomérisation, des formes chalcones légèrement jaunes [1-2]. Du fait des pK de ces différentes réactions (4,6 pour la première et 2,6 pour la seconde, dans le cas de la malvidine 3-glucoside, anthocyane majeure du raisin), les formes majoritaires au pH du vin sont les formes hydratées incolores ou peu colorées, sauf si l'équilibre d'hydratation est déplacé par des phénomènes d'interaction (auto-association ou copigmentation) stabilisant la forme cation flavylium. Les anthocyanes réagissent également avec l'ion bisulfite, utilisé en vinification ou produit par les levures, pour donner un adduit incolore, réversible en milieu acide [3]. Les figures 3 et 4 présentent respectivement les principales formes de la malvidine 3-glucoside rencontrées dans les vins et l'impact du pH sur la couleur des solutions de ce pigment. Les flavanols sont présents sous forme de monomères mais aussi d'oligomères et de polymères, classiquement désignés par le terme de « tanins condensés » qui fait référence à leur capacité à précipiter les protéines. Cette propriété, mise à profit historiquement pour le tannage des cuirs, est à l'origine de la sensation d'astringence induite par la précipitation des protéines salivaires par les tanins. Ces molécules sont les principaux composés phénoliques du raisin, très abondants dans les pellicules et les pépins et présents en faible quantité

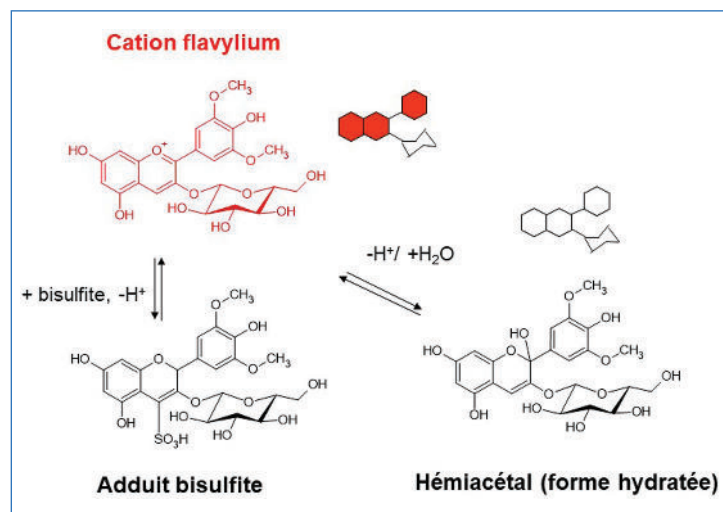


Figure 3 - Principales formes de la malvidine 3-glucoside dans les vins.

dans la pulpe et par conséquent dans les vins rosés, obtenus sans macération ou avec des macérations courtes.

Les acides hydroxycinnamiques, dont les principaux représentants dans le raisin sont les acides caféoyltartrique (caftarique, figure 2) et coumaroyltartrique (coutarique), sont présents en concentration importante dans les pulpes et dans les pellicules.

Extraction des composés phénoliques au cours de la vinification

Les pigments anthocyaniques sont localisés dans la pellicule (ou peau) du raisin et absents dans la pulpe, excepté dans quelques rares cépages, dits teinturiers, dont les pulpes sont colorées. Par conséquent, leur extraction nécessite une phase de contact entre les pellicules et le jus ou le moût en fermentation, et il est possible d'obtenir un vin blanc à partir d'un cépage noir, en évitant toute macération avant le pressurage. Les vins rosés ne peuvent être obtenus par assemblage de blancs et de rouges, cette pratique n'étant pas autorisée en France sauf quand cela est précisé dans le cahier des

à partir des radicaux poly, plusieurs, et phénol) jusqu'à des polymères très complexes, constitue un véritable défi pour l'analyste.

Les techniques d'analyse classiques reposent sur une séparation par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrophotométrie UV-visible, ces molécules présentant des spectres UV-visible caractéristiques de chaque famille, ou à la spectrométrie de masse qui apporte des informations sur la masse moléculaire et, grâce aux schémas de fragmentation, sur les motifs structuraux présents dans chaque composé. Plus récemment, des approches dites de métabolomique ont été développées pour caractériser la composition de mélanges très complexes, tels que les échantillons biologiques. Ces approches consistent à analyser l'ensemble des composés de faible masse moléculaire présents (métabolomique non ciblée) ou à quantifier des groupes de composés préalablement définis (métabolomique ciblée). Elles mettent en œuvre l'acquisition d'empreintes métaboliques caractéristiques de chaque échantillon et des traitements de ces données par des analyses chimiométriques pour en extraire des informations permettant de regrouper ou de discriminer les échantillons et de relier leur composition à certaines caractéristiques, telles que la couleur par exemple.

Ainsi, de très nombreux travaux utilisent la spectrométrie de masse, couplée ou non à une séparation chromatographique, pour générer des empreintes métaboliques, soit ciblées sur une liste pré-établie de composés qui sont alors quantifiés, soit sans *a priori*. La spectrométrie de masse repose sur la détection d'ions négatifs ou positifs formés dans la source du spectromètre de masse et séparés en fonction de leur rapport masse sur charge. Cette technique très sensible s'avère particulièrement bien adaptée à l'analyse des composés phénoliques qui représentent une forte proportion des métabolites détectés dans les vins par spectrométrie de masse [4-5]. Elle a fait ses preuves pour l'authentification des vins, certains profils métaboliques permettant de discriminer les vins suivant leur cépage ou leur origine géographique [4-5], le suivi des réactions des composés phénoliques [6], l'étude de l'impact des procédés de vinification, ou encore l'analyse des relations entre composition et des propriétés telles que la couleur [7].

Évolution des composés phénoliques du raisin au cours de la vinification

Les premières réactions intervenant au cours de la vinification sont les réactions d'oxydation enzymatique, catalysées par la PPO de raisin, dès que l'intégrité des cellules de la baie est rompue et que l'enzyme et son substrat phénolique sont mis au contact de l'air, c'est-à-dire au moment du foulage et du pressurage. L'acide caftarique est le substrat préférentiel de la PPO du raisin qui l'oxyde en *o*-quinone d'acide caftarique. Différentes réactions de cette quinone ont été décrites dans les moûts de raisin. En tant qu'électrophile, la quinone d'acide caftarique subit l'addition nucléophile du glutathion pour former le « grape reaction product » (GRP), identifié comme l'acide 2-S-glutathionyl caftarique, et ses isomères [8-9]. Elle peut également réagir avec des flavonoïdes et notamment les anthocyanes pour donner des adduits acide caftarique-anthocyanes [10]. Par ailleurs, elle peut aussi oxyder diverses molécules comme l'acide ascorbique ou les sulfites ou encore, par des mécanismes d'oxydation couplée, d'autres *o*-diphénols comme le GRP et les flavanols, pour donner des *o*-quinones dites secondaires, également très instables [11]. Par exemple, l'addition de la catéchine sur son *o*-quinone formée par oxydation enzymatique ou chimique conduit à des dimères de catéchine incolores (déhydrodicatéchine B) qui subissent une seconde oxydation intramoléculaire donnant naissance à des pigments jaunes (déhydrodicatéchine A) [12]. Ces différents mécanismes sont schématisés dans la figure 6.

Après cette première phase de réactions enzymatiques très rapides, l'évolution des composés phénoliques se poursuit par des réactions chimiques plus lentes. En particulier, les réactions des anthocyanes conduisent à de nombreux produits, incluant divers types de pigments, comme l'illustre la figure 6. Ainsi, les anthocyanes réagissent avec les acides hydroxycinnamiques ou les vinylphénols issus de leur décarboxylation et avec certains métabolites de levures produits pendant la fermentation alcoolique, comme l'acétaldéhyde et l'acide pyruvique, pour donner différents types de pyranoanthocyanes qui sont des pigments orangés. Ces

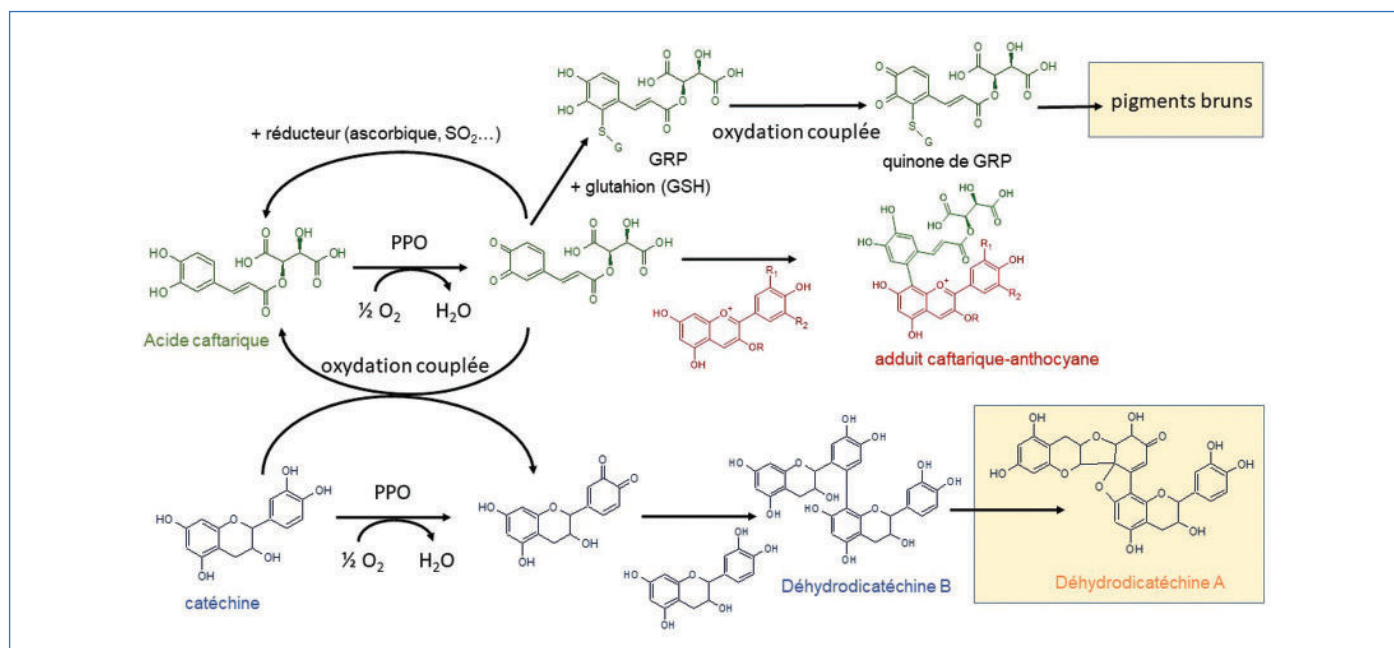


Figure 6 - Mécanismes d'oxydation enzymatique dans les moûts de raisin.

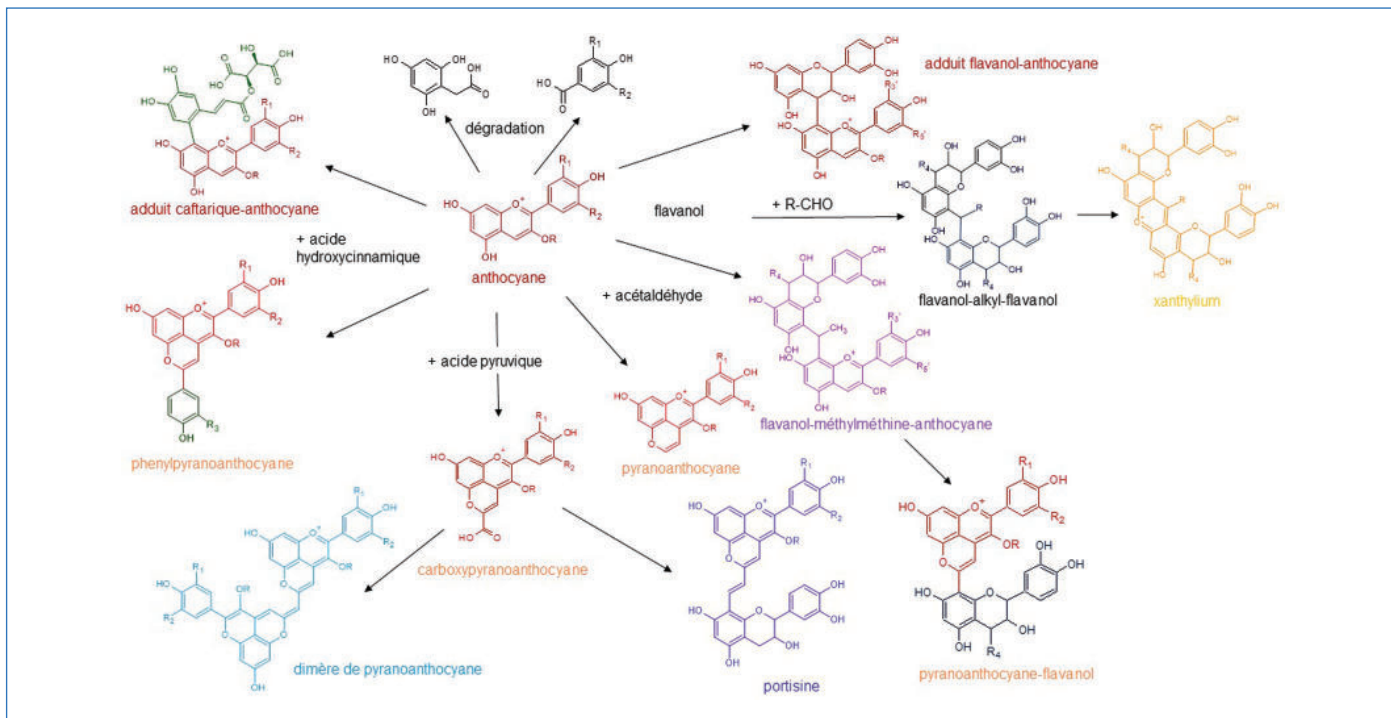


Figure 7 - Réactions des anthocyanes décrites dans les vins. Cette figure illustre aussi la formation des sels de xanthylum par condensation des flavanols avec les aldéhydes.

molécules sont résistantes à la décoloration par les sulfites comme aux réactions d'hydratation et se trouvent donc sous forme colorée dans les vins, à la différence de leurs précurseurs anthocyaniques majoritairement incolores. Les anthocyanes peuvent également réagir avec les flavanols pour former des adduits flavanol-anthocyane présentant les mêmes propriétés que les anthocyanes (décoloration par les sulfites et par la réaction d'hydratation).

Une autre réaction très importante dans les vins rouges est la condensation des flavonoïdes (anthocyanes et/ou flavanols) avec les aldéhydes (R-CHO), et notamment l'acétaldéhyde (CH₃-CHO) qui génère des structures oligomériques dans lesquelles les unités de flavonoïdes sont reliées par des ponts alkyl R-CH (e.g. méthylméthine, souvent improprement appelé éthyl, dans le cas de l'acétaldéhyde). Lorsqu'au moins une des unités est une anthocyane, ces structures sont de couleur violette et plus résistantes à la réaction d'hydratation que les anthocyanes, le chromophore étant protégé par un phénomène de copigmentation intramoléculaire. Cependant, les produits de condensation des flavonoïdes avec les aldéhydes sont instables et peuvent donner naissance, après rupture du pont méthylméthine, à des flavanol-pyranoanthocyanes ou, par une réaction de déshydratation et d'oxydation à des sels de xanthylum, de couleur orangée (figure 7).

Ces différents mécanismes et produits ont été mis en évidence en solution modèle ou dans les vins rouges, et notamment les vins de Porto, d'où d'autres produits plus complexes de couleur bleue, résultant des réactions de certaines pyranoanthocyanes, ont également été isolés [13]. Leur importance relative dépend des proportions des différents précurseurs impliqués (anthocyanes, flavanols, acides hydroxycinnamiques, métabolites de levures) et des conditions du milieu (pH, degré d'alcool, présence de catalyseurs métalliques ou apport d'oxygène notamment).

Ainsi, la diversité des substrats et des réactions décrites ci-dessus conduit à des milieux d'une très grande complexité, dans lesquels les produits connus ne représentent que la

partie émergée d'un « iceberg polyphénolique ». Ce phénomène a été récemment illustré sur des systèmes modèles simples utilisant les réactions de condensation de la catéchine et de la malvidine 3-glucoside avec l'acétaldéhyde pour établir une preuve de concept. Ainsi, une stratégie basée sur une approche métabolomique sans a priori par spectrométrie de masse haute résolution (HRMS) a permis de mettre en évidence de grandes séries de molécules (80 formules brutes à partir d'un seul substrat phénolique, plus de 160 à partir de deux), incluant les produits de réaction attendus, mais aussi des composés jusqu'alors inconnus, issus de cascades de réactions aléatoires [6].

Composition phénolique des vins rosés

Les travaux sur la composition phénolique des vins rosés sont encore peu nombreux. Cependant, la comparaison de vins rouges [14] et rosés [15] issus d'un même cépage, le Grenache noir, montre qu'ils présentent des compositions très différentes (figure 8). En effet, si les concentrations des composés phénoliques sont évidemment bien inférieures dans les rosés, leurs proportions sont également fortement impactées par le mode de vinification, avec une prédominance des flavanols et notamment des tanins dans les rouges, et des acides hydroxycinnamiques dans les rosés. De ce fait, les anthocyanes présentes dans le Grenache rosé réagissent préférentiellement avec les acides hydroxycinnamiques pour former des phénylpyranoanthocyanes (AH-pyranoA), de couleur saumon et résistantes à la décoloration par les sulfites.

Dans une étude plus récente, une méthode d'analyse métabolomique ciblée reposant sur la spectrométrie de masse couplée à la chromatographie liquide a été développée pour déterminer la concentration de 125 composés phénoliques [16], puis appliquée à la caractérisation de 268 vins rosés commerciaux [7]. La couleur de ces vins a également été analysée par spectrophotométrie et leurs coordonnées

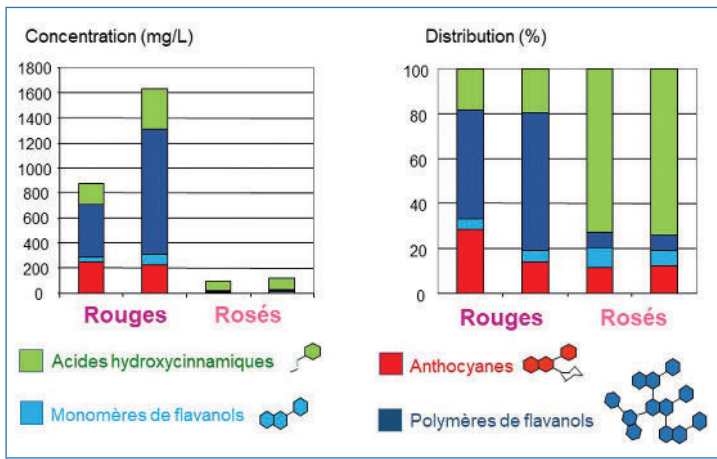


Figure 8 - Comparaison des compositions phénoliques de vins de Grenache rouges et rosés (adapté de [14] et [15]).

tristimulaires L^* , a^* et b^* , représentant respectivement la luminosité, et les composantes rouge et jaune de la couleur ont été déterminées. Trois groupes ont été arbitrairement constitués sur la base de l'intensité colorante (IC), calculée par la somme des absorbances à 420 nm (jaune), 520 nm (rouge) et 620 nm (bleu): rosés clairs ($IC < 0,5$), intermédiaires et foncés ($IC > 1$). Les liens entre la couleur, évaluée à l'aide des coordonnées tristimulaires L^* , a^* et b^* , et la composition des vins ont été explorés par une méthode d'analyse multivariée non supervisée, l'analyse en composantes principales (ACP). Les projections des variables sur les deux premières composantes principales obtenues pour les groupes de vins clairs et foncés montrent que l'intensité de la couleur, et notamment de sa composante rouge, est déterminée en grande partie par l'extraction des composés phénoliques, mais aussi que les pigments des deux groupes de vins présentent des profils très différents (figure 9).

Ainsi, la composition des vins rosés les plus colorés est proche de celle des vins rouges, avec des concentrations élevées d'anthocyanes, de flavanols et de pigments issus des réactions de ces deux familles. La composante jaune de la couleur de ces vins est plus difficile à expliquer mais semble principalement liée à l'oxydation. En effet, elle est associée à de plus fortes teneurs de produits de condensation des flavanols et des

anthocyanes avec l'acétaldéhyde qui résulte de l'oxydation de l'éthanol. La teinte saumonée des rosés les plus clairs reflète la présence de phénylpyranoanthocyanes et de carboxypyrananthocyanes, résultant respectivement des réactions des anthocyanes avec les acides hydroxycinnamiques et avec l'acide pyruvique. Ces pigments sont en effet de couleur saumonée et leur contribution importante à la couleur des vins présentant cette nuance s'explique par le fait qu'ils restent sous forme colorée au pH du vin et en présence de sulfites à la différence des anthocyanes, plus abondantes mais majoritairement incolores dans ces conditions (figure 9).

La même approche a été appliquée à l'analyse de vins rosés élaborés par le Centre du Rosé, dans des conditions expérimentales contrôlées, à partir des cépages Grenache, Syrah et Cinsault emblématiques de la Provence [17]. Cette étude a démontré que la composition phénolique et la couleur ne dépendent pas uniquement de la durée de macération mais également du cépage. Les rosés de Syrah sont beaucoup plus colorés, bien qu'ils soient généralement obtenus avec des macérations plus courtes, et présentent un profil phénolique de type « rosé foncé », riche en anthocyanes et en flavanols comme celui des vins rouges. En revanche, la composition des vins de Grenache et de Cinsault est caractéristique du groupe des vins rosés clairs décrit précédemment, riches en acides hydroxycinnamiques et en pigments dérivés de ces composés. La comparaison des données obtenues par spectrophotométrie UV-visible avec les données de composition souligne cependant qu'une forte proportion des composés phénoliques présents dans ces vins ne figure pas parmi les composés dosés par l'approche métabolomique ciblée. L'analyse des moûts et des vins par chromatographie d'exclusion stérique a confirmé la présence de composés de masse proche de celle des procyanidines oligomères (élution entre 22 et 26 minutes), non ciblés par la méthode, comme cela est illustré pour la Syrah et le Cinsault (figure 10). Les profils chromatographiques obtenus à différentes longueurs d'onde suggèrent qu'ils renferment à la fois des motifs structuraux de types acides hydroxycinnamiques (absorbance à 320 nm) et des pigments jaunes (absorbance à 420 nm) et rouges (absorbance à 520 nm). Ces composés de haute masse s'adsorbent sur les lies de levures, ce qui explique leur disparition en cours de fermentation (figure 10).

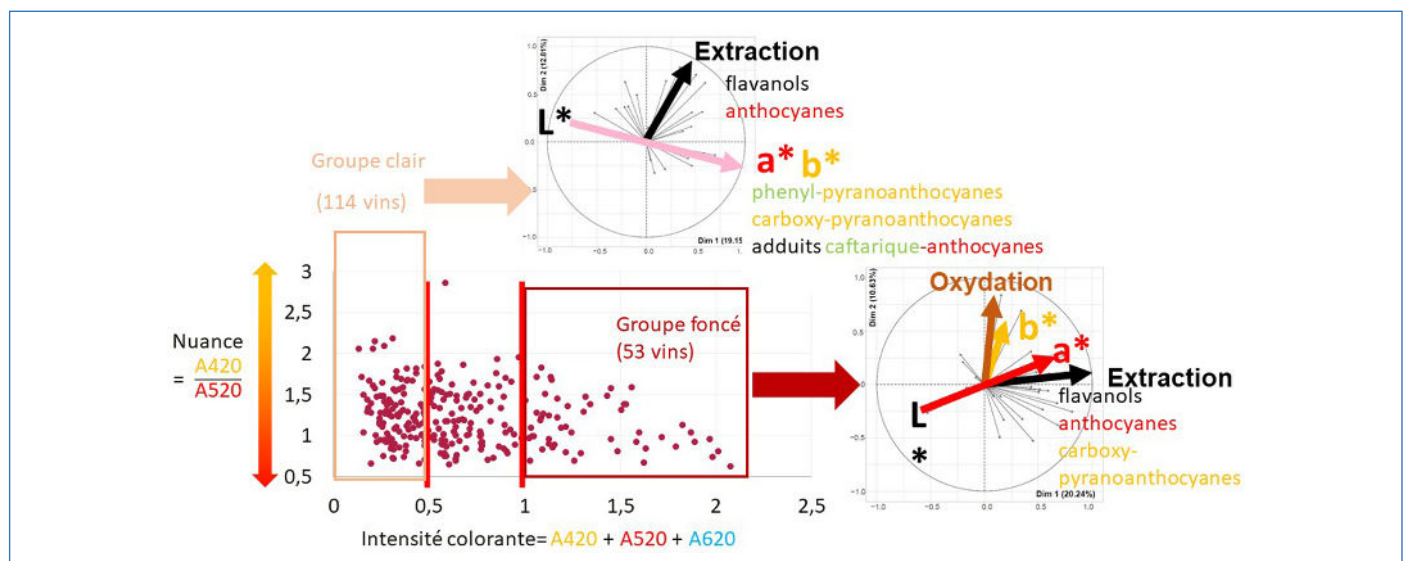


Figure 9 - Représentation des vins en fonction de leur couleur (intensité colorante et nuance) et étude par analyse en composantes principales des liens entre couleur et composition phénolique pour les groupes clairs et foncés (adapté de [7]).

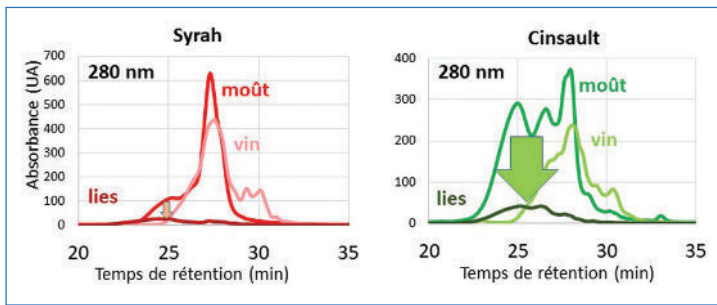


Figure 10 - Comparaison des profils de chromatographie d'exclusion stérique avec une détection à 280 nm obtenus sur les moûts, les vins et les composés désorbés à partir des levures.

Les vins rosés n'ont pas encore livré tous leurs secrets...

Les travaux récents réalisés en collaboration entre INRAE (UMR Sciences pour l'œnologie), le Centre du Rosé et l'Institut français de la vigne et du vin (IFV) ont permis de grands progrès dans la compréhension des mécanismes à l'origine de la large palette de couleurs des vins rosés.

L'analyse chimiométrique des données de couleur et de composition phénolique obtenues par spectrométrie de masse avec une approche métabolomique ciblée a confirmé que les rosés clairs et plus foncés ne diffèrent pas simplement par un facteur de concentration, mais que ces différents styles résultent de compositions phénoliques différentes. L'analyse par spectrophotométrie UV-visible, directement ou après une séparation par chromatographie d'exclusion stérique, a révélé la présence de composés non analysés par la méthode ciblée, résultant probablement de phénomènes d'oxydation et qui pourraient contribuer à la couleur, notamment dans les vins les plus clairs. Ces résultats illustrent la complémentarité des informations apportées par différentes méthodes d'analyse et soulignent la complexité de la composition phénolique des vins rosés.

Grâce à ces travaux, certains liens entre la composition phénolique, la couleur et les itinéraires de vinification ont pu être explicités. En particulier, une forte influence du cépage d'une part sur l'extraction des composés phénoliques, d'autre part sur les phénomènes d'oxydation enzymatiques intervenant avant fermentation, a été mise en évidence. La fermentation joue également un rôle important mais variable suivant le cépage et la composition du moût initial dans l'évolution de la couleur. Ainsi, parmi les cépages emblématiques de la Provence, la Syrah donne des moûts très colorés qui conservent leur coloration au cours de la fermentation, les anthocyanes étant transformés en d'autres pigments. En revanche, de fortes pertes de couleur sont observées en cours de fermentation sur le Cinsault et le Grenache, en grande partie imputables à l'adsorption des pigments de haute masse sur les levures.

Cependant, la couleur des vins rosés n'a pas livré tous ses secrets. Des travaux basés sur des approches de métabolomique sans a priori par spectrométrie de masse haute résolution et par résonance magnétique nucléaire sont en cours pour détecter et caractériser les composés inconnus, en déterminer les propriétés et en élucider les mécanismes de formation. La compréhension de ces structures et des réactions et interactions impliquées dans l'évolution des pigments permettra de rationaliser la sélection de la matière première, notamment en lien avec le développement de nouvelles variétés plus résistantes aux pathogènes et mieux adaptées aux

contraintes liées au changement climatique. La sélection de levures de fermentation capables de libérer des métabolites qui réagissent avec les anthocyanes du raisin pour former de nouveaux pigments plus stables ou d'adsorber certains composés présentant des caractéristiques indésirables constitue une piste de recherche importante.

D'autres études en cours visent à réduire l'apport d'additifs et notamment du SO₂, ajouté comme antioxydant, qui décolore les anthocyanes, et d'adjuvants, tels que les agents de collage (PVPP (polyvinylpolypyrrolidone), charbon actif, protéines...) utilisés pour l'élimination sélective de certains composés, ou à optimiser ces procédés et produits.

Les connaissances acquises grâce à ces travaux permettront aux producteurs de mieux maîtriser la couleur, et ainsi de mieux répondre aux attentes des consommateurs.

- [1] P. Trouillas, J. Sancho-García, V. de Freitas, J. Gierschner, M. Otyepka, O. Dangles, Stabilizing and modulating color by copigmentation: insights from theory and experiment, *Chem. Rev.*, **2016**, *116*, p. 4937-82.
- [2] J. Cruz, N. Basilio, N. Mateus, V. de Freitas, Natural and synthetic flavylum-based dyes: the chemistry behind the color, *Chem. Rev.*, **2022**, *122*, p. 1416-81.
- [3] C. Timberlake, P. Bridle, Flavylum salts, anthocyanidins and anthocyanins. II. Reactions with sulphur dioxide, *J. Sci. Food Agric.*, **1967**, *18*, p. 473-478.
- [4] G. Mazerolles, V. Cheynier *et al.*, Combination of several mass spectrometry ionization modes: a multiset data analysis for a rapid characterization of the red wine polyphenolic composition, *Anal. Chim. Acta*, **2010**, *678*, p. 195-202.
- [5] P. Arapitsas *et al.*, Use of untargeted liquid chromatography-mass spectrometry metabolome to discriminate Italian monovarietal red wines, produced in their different terroirs, *J. Agric. Food Chem.*, **2020**, *68*, p. 13353-366.
- [6] A. Vallverdú-Queralt *et al.*, The hidden face of wine polyphenol polymerization highlighted by high-resolution mass spectrometry, *ChemistryOpen*, **2017**, *6*, p. 336-339.
- [7] C. Leborgne *et al.*, Elucidating the color of rosé wines using polyphenol targeted metabolomics, *Molecules*, **2022**, *27*, 1359.
- [8] V. Cheynier, E. Trousdale, V.L. Singleton, M. Salgues, R. Wylde, Characterization of 2-S-glutathionylcaftaric acid and its hydrolysis in relation to grape wines, *J. Agric. Food Chem.*, **1986**, *34*, p. 217-221.
- [9] N. Ferreira-Lima, A. Vallverdu-Queralt *et al.*, Synthesis, identification, and structure elucidation of adducts formed by reactions of hydroxycinnamic acids with glutathione or cysteinylglycine, *J. Nat. Prod.*, **2016**, *79*, p. 2211-22.
- [10] P. Sarni-Manchado, V. Cheynier, M. Moutounet, Reaction of enzymically generated quinones with malvidin-3-glucoside, *Phytochemistry*, **1997**, *45*, p. 1365-69.
- [11] V. Cheynier, H. Fulcrand, S. Guyot, J. Oszmianski, M. Moutounet, Reactions of enzymically generated quinones in relation to browning in grape musts and wines, in *Enzymatic Browning and its Prevention in Foods*, C.Y. Lee, J.R. Whitaker (eds), American Chemical Society, **1995**, p. 130-143.
- [12] S. Guyot, J. Vercauteren, V. Cheynier, Colourless and yellow dimers resulting from (+)-catechin oxidative coupling catalysed by grape polyphenoloxidase, *Phytochemistry*, **1996**, *42*, p. 1279-88.
- [13] V. De Freitas, N. Mateus, Formation of pyranoanthocyanins in red wines: a new and diverse class of anthocyanin derivatives, *Anal. Bioanal. Chem.*, **2011**, *401*, p. 1463-73.
- [14] J. Wirth *et al.*, The impact of oxygen exposure before and after bottling on the polyphenolic composition of red wines, *Food Chem.*, **2010**, *123*, p. 107-116.
- [15] J. Wirth *et al.*, Impact of post-bottling oxygen exposure on the sensory characteristics and phenolic composition of Grenache rosé wines, *Food Chem.*, **2012**, *132*, p. 1861-71.
- [16] M. Lambert *et al.*, A high-throughput UHPLC-QqQ-MS method for polyphenol profiling in rose wines, *Molecules*, **2015**, *20*, p. 7890-914.
- [17] C. Leborgne *et al.*, Multi-method study of the impact of fermentation on the polyphenol composition and color of Grenache, Cinsault, and Syrah rosé wines, *Food Chem.*, **2023**, *403*, 134396.

Cécile LEBORGNE^{1,2,3}, ingénieure de recherche INRAE, **Gilles MASSON**², directeur du Centre de recherche et d'expérimentation sur le vin rosé, **Marie-Agnès DUCASSE**³, ingénieure R&D, **Aude VERNHET**¹, professeure, **Jean-Claude BOULET**^{1,4}, ingénieur de recherche INRAE, **Nicolas SOMMERER**^{1,4}, ingénieur de recherche INRAE, **Jean-Roch MOURET**¹, directeur de recherche INRAE, et **Véronique CHEYNIER**^{1,4*}, directrice de recherche INRAE.

¹SPO, INRAE, Université de Montpellier, Institut Agro, Montpellier.

²Institut Français de la Vigne et du Vin, Centre du Rosé, Vidouban.

³Institut Français de la Vigne et du Vin, Domaine de Pech Rouge, Gruissan.

⁴INRAE, PROBE Research Infrastructure, PFP Polyphenol Analysis Facility, Montpellier.

* veronique.cheynier@inrae.fr