



HAL
open science

Prévision et maîtrise de la couleur des vins rosés et de leurs pigments au cours de la fermentation et de la conservation

Cécile Leborgne, Aurélie Camponovo, Véronique Cheynier, Marie-Agnès Ducasse, Gilles Masson, Jean-Roch Mouret, Michel Moutounet, Aude Vernhet

► To cite this version:

Cécile Leborgne, Aurélie Camponovo, Véronique Cheynier, Marie-Agnès Ducasse, Gilles Masson, et al.. Prévision et maîtrise de la couleur des vins rosés et de leurs pigments au cours de la fermentation et de la conservation. *Innovations Agronomiques*, 2024, 94, pp.372-386. 10.17180/ciag-2024-vol94-art27 . hal-04616112

HAL Id: hal-04616112

<https://hal.inrae.fr/hal-04616112>

Submitted on 18 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Prévision et maîtrise de la couleur des vins rosés et de leurs pigments au cours de la fermentation et de la conservation

Cécile LEBORGNE¹, Aurélie CAMPOVO², Véronique CHEYNIER³, Marie-Agnès DUCASSE⁴, Gilles MASSON², Jean-Roch MOURET³, Michel MOUTOUNET³, Aude VERNHET³

¹ UE PR, INRAE, Univ Montpellier, Domaine de Pech Rouge, 11430 Gruissan, France ;

² Institut Français de la Vigne et du Vin, Centre du Rosé, 83550 Vidauban, France

³ SPO, INRAE, Univ Montpellier, Institut Agro, 34060 Montpellier, France

⁴ Institut Français de la Vigne et du Vin, UMT ACTIA Oenotypage, Domaine de Pech Rouge, 11430 Gruissan, France

Correspondances : gilles.masson@vignevin.com, cecile.leborgne@inrae.fr

Résumé

Les outils de mesure visuels et spectrophotométriques employés en routine sont insuffisants à ce jour pour comprendre, prévoir et maîtriser l'évolution de la couleur des vins rosés. L'objectif de ce programme était de développer des outils plus fins et d'améliorer la connaissance des mécanismes impactant la couleur dans les procédés afin de maîtriser l'impact de la fermentation, qui est l'étape du procédé qui engendre le plus de variations ; et de prévoir les évolutions post-fermentaires et de garantir une maîtrise dans le temps.

Mots-clés : composés phénoliques, pigments, levure, collage, cépage

Abstract: Predicting and controlling color of rosés wines and their pigments during fermentation and conservation

The visual and spectrophotometric measurement tools used routinely are nowadays insufficient to understand, predict and control changes in the color of rosé wines. The objective of this program was to develop finer tools and improve knowledge of the mechanisms impacting color in processes in order to control the impact of fermentation, which is the stage of the process which generates the most variations, predict post-fermentation developments and guarantee control over time.

Keywords: phenolic compounds, pigments, yeast, fining, grape variety

1. Introduction

1.1 Contexte professionnel et sociétal

La couleur des vins rosés et son évolution sont des critères fondamentaux de positionnement sur le marché. Les exportations et les exigences des consommateurs imposent des critères nouveaux en termes de durée de conservation (évolutions de couleur suite au rallongement des circuits de distribution et des temps de transport), et de limitation des intrants (tendance bio, nature...). La prise en compte de ces nouveaux paramètres exige de perfectionner la connaissance des pigments des vins rosés pour améliorer le savoir-faire dans la prévision de la couleur et obtenir des outils de pilotage plus fins.

Dans l'élaboration d'un vin rosé, la fermentation est aujourd'hui un « big-bang », qui marque une discontinuité forte de couleur dans le procédé. Dans les vignobles, les producteurs commentent régulièrement l'ampleur de la chute de la couleur en fermentation sans pouvoir expliquer cette variabilité, ni la maîtriser.

La prédiction de l'évolution de la couleur en post-fermentaire constitue également une demande de la profession. Il s'agit de maîtriser cette évolution dans le temps après conditionnement et lors de l'emploi



de traitements œnologiques tels que les sulfites et les produits de collage. L'objectif est de mieux piloter et réduire l'usage de ces intrants qui impactent fortement la couleur des vins pour répondre à la demande sociétale. L'idéal pour un producteur serait de pouvoir prévoir, à partir d'une couleur et d'une composition de départ sur jus (cépage, terroir), la couleur du vin en fin de fermentation, puis au cours des étapes post-fermentaires afin de maîtriser son procédé de transformation en adéquation avec la couleur cible.

De nombreuses études ont été menées pour identifier les facteurs du procédé qui influent sur la couleur des rosés et l'élaborateur possède aujourd'hui quelques clés de maîtrise. Cependant pour aller plus loin, la connaissance fine des mécanismes sous-jacents s'impose, en particulier celle de la structure et de l'évolution des pigments qui contribuent à cette couleur. Les outils de mesure visuels et spectrophotométriques employés en routine ne sont pas suffisants à ce jour pour comprendre, prévoir et maîtriser son évolution. L'objectif de ce programme était de développer des outils plus fins permettant :

- de maîtriser l'impact de la fermentation, qui est l'étape du procédé qui engendre le plus de variations ;
- de prévoir les évolutions post-fermentaires et de garantir une maîtrise dans le temps.

La finalité de ce programme était de pouvoir apporter une réponse pragmatique au vigneron pour le pilotage du procédé. La première partie du projet, sur la fermentation, condense les résultats d'une thèse de doctorat orientée sur la connaissance et le comportement des pigments. La seconde partie, en post fermentaire, est orientée sur l'impact des procédés. Enfin, la troisième partie traite des outils de transfert déployés auprès des professionnels.

1.2 Partenariat

Le projet PigRosé financé par le Compte d'Affectation Spécial Développement Agricole et Rural (CASDAR) et porté par l'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) prend appui sur un partenariat entre le Centre du Rosé, l'IFV et l'Institut National (Français) de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE).

Une doctorante recrutée par l'IFV était accueillie et encadrée par l'Unité Mixte de Recherche Sciences pour l'œnologie (UMR SPO, INRAE, Institut Agro, Université de Montpellier) de Montpellier (34), en lien avec les techniciens et ingénieurs du Centre du Rosé et de l'IFV basés à Vidauban (83). Ces derniers ont fourni les matières premières et pris en charge les expérimentations techniques en conditions pilote ainsi que la mise point des outils de diffusion et de transfert.

Les moyens analytiques mobilisés lors de ce projet comprennent les analyses classiques œnologiques et de couleur réalisées au Centre du rosé, appuyées par les moyens de l'Unité Mixte Technologique ACTIA Minicave/Oenotypage pilotée par l'IFV ainsi que les méthodes d'analyse de pointe mise à disposition par l'UMR SPO pour l'étude de la composition en pigments lors de la fermentation alcoolique et de l'étape de collage.

À l'issue de sa thèse, la doctorante a été recrutée à INRAE comme ingénieure de recherche à l'unité expérimentale de Pech rouge de l'UMR SPO. Ce site présente la particularité de fonctionner avec une équipe mixte INRAE/IFV ce qui permet de préserver les compétences acquises et de les mobiliser de façon pérenne via la collaboration IFV/INRAE/Centre du rosé.

La valorisation se poursuit donc avec la rédaction d'articles en 2023 et des prévisions pour 2024. La collaboration scientifique et technique permet également la déclinaison rosé de programmes sur d'autres sujets (variétés innovantes, ...). Il convient de signaler que la thèse a été distinguée par l'Académie d'Agriculture de France.

2. Résumé des connaissances sur la couleur et les pigments des vins rosés

Une étude bibliographique détaillée a été réalisée dans le premier chapitre de la thèse (Leborgne, 2022a). Une première partie liste les différents composés phénoliques du raisin susceptibles d'avoir un impact sur la couleur des vins rosés. Une deuxième partie s'intéresse à la vinification particulière des vins rosés et plus précisément à l'étape de fermentation alcoolique en lien avec la couleur et la formation de pigments dérivés. Une dernière partie s'intéresse à l'analyse de la couleur perçue et des composés phénoliques qui en sont responsables.

La couleur des vins Rosés est principalement due à la présence de composés phénoliques provenant de la baie de raisin, et de leurs dérivés formés au cours de la vinification. Les trois grandes familles moléculaires sont les anthocyanes (pigments rouges), les acides hydroxycinnamiques (incolors) et les flavanols (monomères et tanins). Ces composés sont situés dans diverses parties de la baie de raisin comme illustré dans la figure 1.

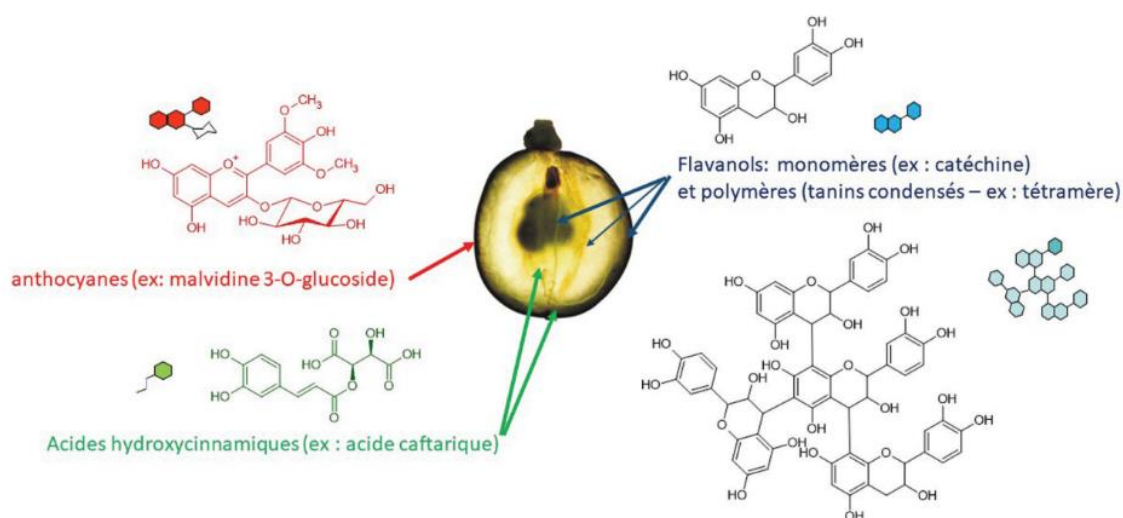


Figure 1 : Les trois principales classes de composés phénoliques du raisin et leur localisation dans la baie

Ces différences de localisation dans la baie impactent leur extraction au cours du processus de vinification. Les acides hydroxycinnamiques (présents dans la pulpe) seront extraits par simple pressurage des baies tandis que l'extraction des anthocyanes, localisées dans les pellicules, nécessite une phase de macération des pellicules dans le jus. La vinification particulière des vins rosés, avec une macération pré-fermentaire contrôlée comme décrit dans la figure 2, limite l'extraction des composés de la pellicule (anthocyanes et flavanols), contrairement à la vinification en rouge.

Cette typicité se retrouve dans la composition des vins qui en découlent. Les études réalisées sur les vins rosés rapportent des teneurs en anthocyanes variant de moins de 1 mg/L à 50 mg/L (Gil *et al.*, 2017, 2019 ; Lambert *et al.*, 2015 ; Salinas *et al.*, 2003 ; Wirth *et al.*, 2012) et des teneurs très élevées en acides hydroxycinnamiques par rapport aux autres types de composés phénoliques (Figure 3, Lambert *et al.*, 2015 ; Wirth *et al.*, 2012).

Une multitude de pigments dérivés ont également été détectés dans ces travaux. Certains de ces pigments, tels que les adduits acide caftarique-anthocyane, découlent d'un phénomène d'oxydation enzymatique généralement observé lors des étapes pré-fermentaires de la vinification en blanc (brunissement des moûts) alors que d'autres composés, tel que les adduits tanins-anthocyanes sont spécifiques du vieillissement lors de la vinification en rouge (Figure 4). Les pyranoanthocyanes découlent, elles, de la réaction entre des anthocyanes et des métabolites produits par la levure lors de la fermentation alcoolique (Figure 4).

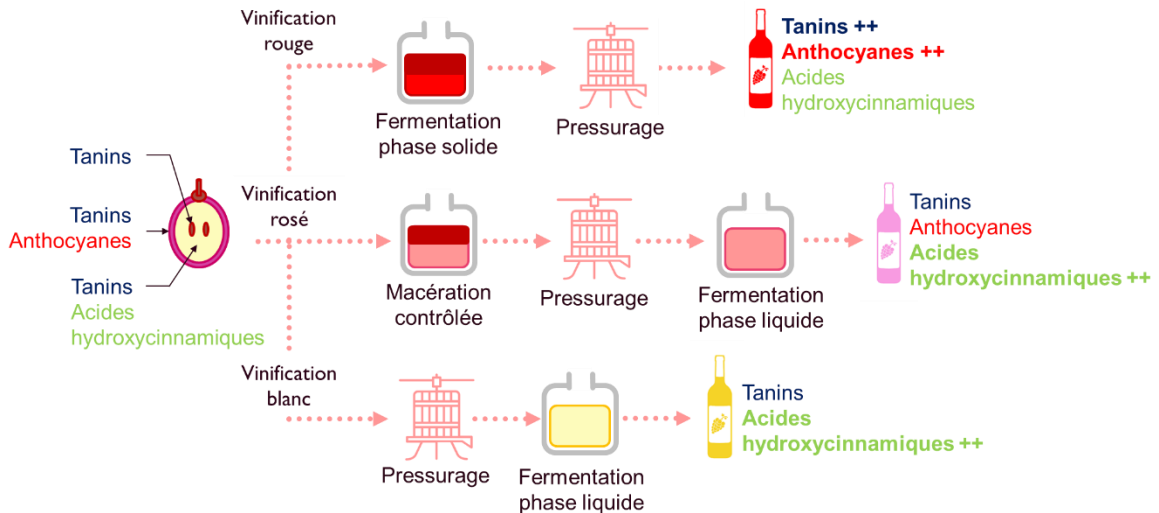
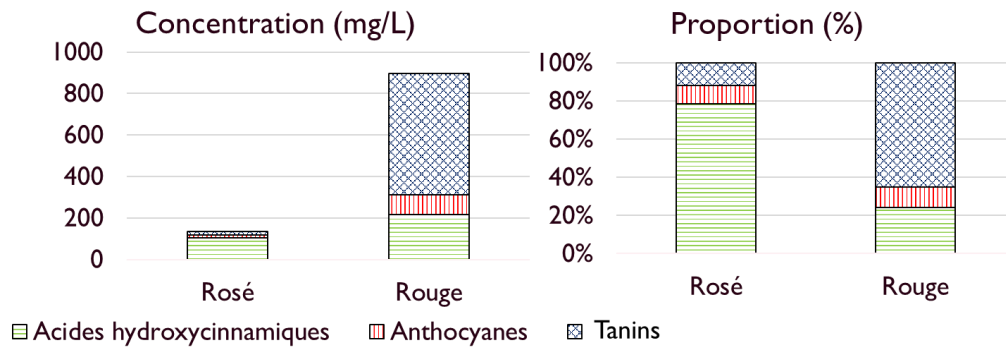


Figure 2 : Les différents types de vinifications et leur impact sur la composition des vins.



Wirth et al., 2010, 2012

Figure 3 : Différences de composition en composés phénoliques d'un Grenache vinifié en rosé ou en rouge (Wirth et al. 2010, 2012)

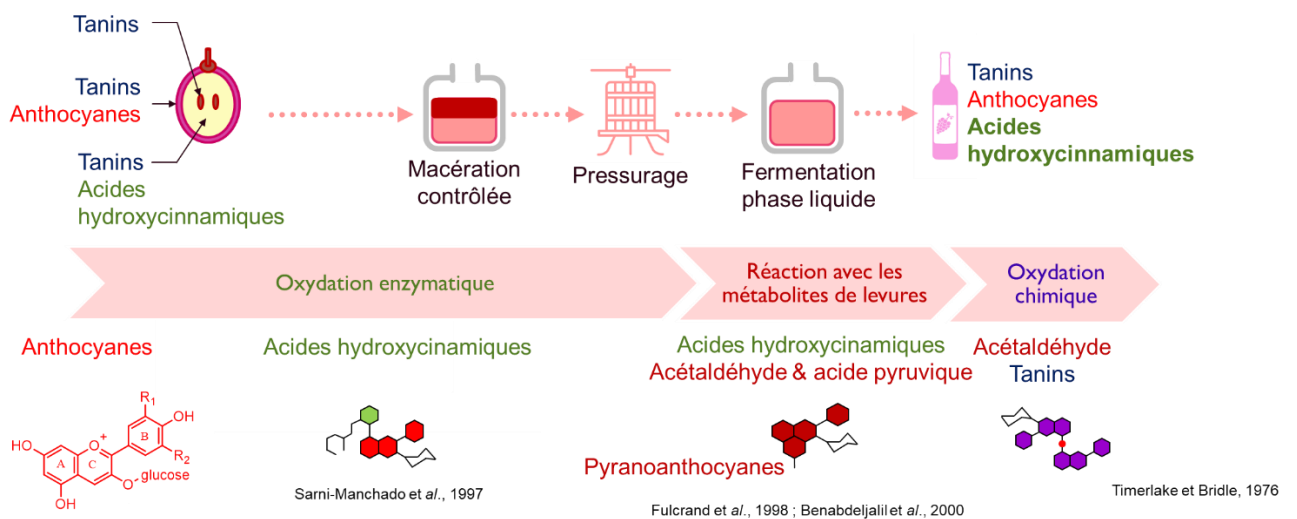


Figure 4 : Pigments dérivés des anthocyanes natives du raisin au cours de la vinification particulière des vins rosés.

3. Comportement des pigments au cours de la fermentation

L'étude bibliographique a fait ressortir le manque de données disponibles sur les vins rosés qui sont à l'interface de la vinification en blanc et en rouge. Cette vinification particulière impacte la proportion des composés phénoliques extraits du raisin et donc les réactions chimiques qui en découlent. L'hypothèse initiale a ainsi été la suivante : la composition atypique des vins rosés, due à leur vinification particulière, impacte les réactions chimiques et en particulier la nature des pigments formés. Les travaux de recherche de la thèse ont donc été orientés vers une première analyse à grande échelle de la couleur et de la composition phénolique des vins rosés commerciaux. À la suite de cela, les travaux ont été focalisés sur l'étape de fermentation alcoolique pour approfondir son impact sur la couleur et la composition.

3.1 Etude de vins commerciaux

Une première étude a été menée sur 268 vins commerciaux sélectionnés de manière à couvrir une large palette de couleurs et de styles de vins rosés (Leborgne, 2022a - Chapitre 3 de la thèse). Ces vins ont été collectés par le Centre du Rosé auprès de l'Union des Œnologues de France organisatrice du concours " Mondial du Rosé® ".

La communication et le transfert aux vignerons des résultats consistent à aborder la problématique par le positionnement des échantillons sur le nuancier papier officiel du Centre du Rosé (Figure 4).

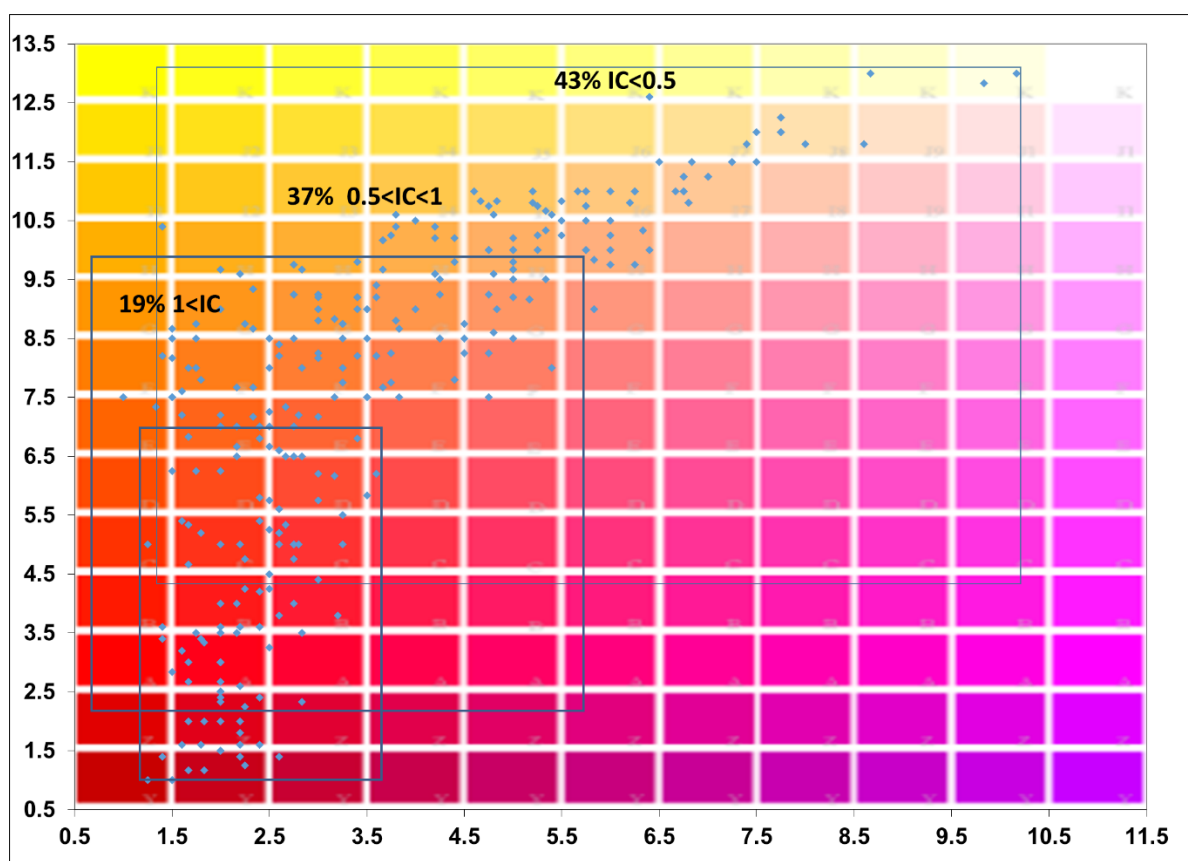


Figure 4 : Positionnement des 268 rosés du monde sur le nuancier papier du Centre du Rosé, IC = Intensité Colorante

Sur ce panel de vins, la concentration de 125 composés phénoliques a été déterminée par chromatographie liquide à ultra-haute performance couplée à la spectrométrie de masse à triple



quadripôle (UHPLC-QqQ-MS) en mode MRM (Multiple Reaction Monitoring), sur les appareils de la Plateforme Polyphénols d'INRAE. La couleur a été caractérisée par spectrophotométrie.

Les données brutes ont montré que l'intensité de la couleur (IC) est principalement déterminée par l'extraction des composés phénoliques à partir des raisins. Les composés majeurs identifiés sont des anthocyanes et des flavanols (tanins) présent dans la pellicule de la baie (Figure 1 et 2) et donc soumis à un facteur d'extraction.

Une analyse chimiométrique des données a ensuite permis d'affiner ces processus. Cette méthode consiste à utiliser des outils mathématiques, en particulier statistiques, pour obtenir le maximum d'informations à partir de données chimiques. Les 268 vins rosés ont ainsi pu être classés en trois groupes de couleur en fonction de leur intensité colorante (IC) : les rosés clairs (groupe 1 : $IC < 0.5$), les rosés de couleur intermédiaire (groupe 2 : $0.5 < IC < 1$) et les rosés foncés (groupe 3 : $IC > 1$). La comparaison de la concentration en composés phénoliques de ces trois groupes a révélé une différence de concentration pour les tanins et anthocyanes (Figure 5) qui proviennent de la pellicule de raisin et sont donc plus ou moins extraits en fonction du cépage et du type de vinification. Le lien avec la couleur est évident : plus l'extraction est forte plus le vin est coloré. A l'inverse, la concentration en acides hydroxycinnamiques ne varie pas en fonction des trois groupes de couleur. Cependant, ces composés représentent des proportions différentes pour chacun des trois groupes de couleur, impactant donc les réactions chimiques qui se produisent comme illustré dans la figure 6. En effet, les pigments dérivés découlant de la réaction des anthocyanes avec les acides hydroxycinnamiques (phenyl-pyranoanthocyanes) sont retrouvés en quantité équivalente dans les trois groupes de couleurs. Au contraire, les pigments dérivés de la réaction des anthocyanes avec les métabolites de levure (pyranoanthocyanes et carboxypyrananthocyanes) sont corrélés au phénomène d'extraction, c'est-à-dire que plus l'intensité colorante (IC) est élevée plus ces dérivés d'anthocyanes sont présents en grande quantité. Ces pigments dérivés sont primordiaux pour la couleur des vins car, contrairement aux anthocyanes natives qui sont colorés entre 10% et 30% au pH du vin ($pH = 3-4$) et décolorés par le SO_2 , ces pigments sont résistants à la décoloration (pH et SO_2) et intégralement colorés.

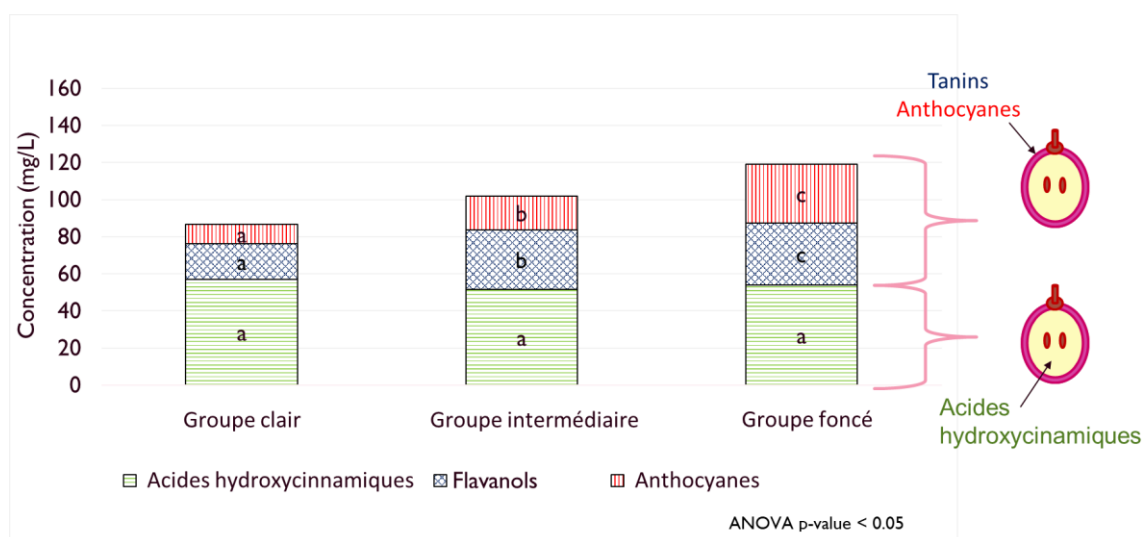


Figure 5 : Distribution des principales familles de composés phénoliques du raisin (c'est-à-dire les anthocyanes, les flavanols et les acides hydroxycinnamiques) dans les trois groupes de couleurs (groupe 1 : rosés clairs : groupe 2 : rosés intermédiaires, groupe 3 rosés foncés). Différentes lettres en exposant indiquent des différences significatives entre les groupes de couleurs pour un paramètre donné (ANoVA avec test SNK pour $p < 0,05$). (Leborgne *et al.*, 2022b)

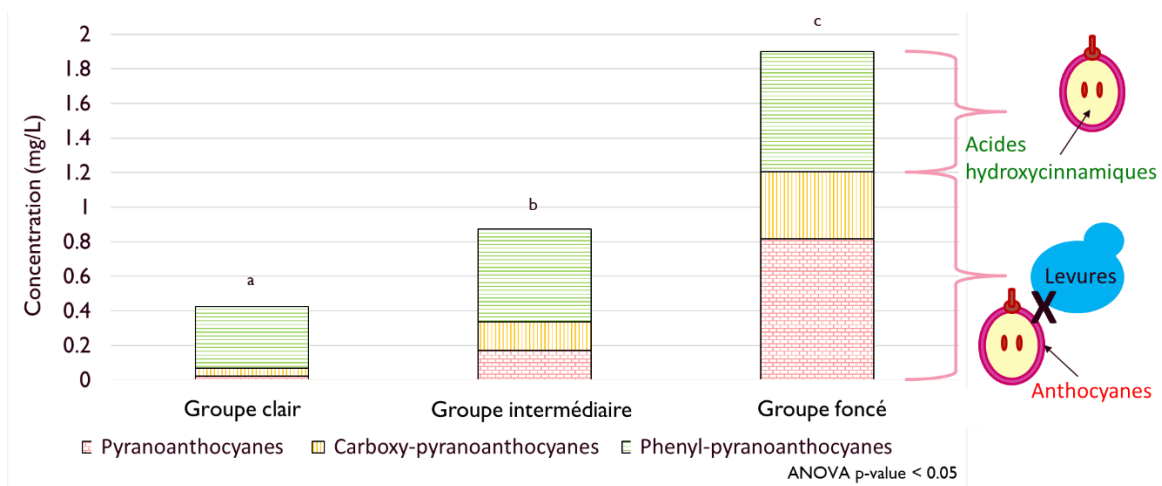


Figure 6 : Distribution des principales familles de pigments dérivés (c'est-à-dire les pigments formés au cours de la vinification) dans les trois groupes de couleurs (groupe 1 : rosés clairs : groupe 2 : rosés intermédiaires, groupe 3 rosés foncés). Différentes lettres en exposant indiquent des différences significatives entre les groupes de couleurs pour un paramètre donné (ANOVA avec test SNK pour $p < 0,05$). (Leborgne *et al.* 2022b)

La teinte saumonée des vins rosés clairs est principalement due aux phénylpyranoanthocyanes (Figure 6), qui, contrairement aux anthocyanes natives du raisin, sont totalement colorées. Ces composés résultent de la réaction des anthocyanes avec les acides hydroxycinnamiques lors de phénomènes d'oxydation enzymatique (préfermentaire) et de réactions avec les métabolites produits par la levure (fermentation alcoolique).

La couleur des vins rosés intermédiaires et foncés se divise en deux composantes rouge et jaune.

La composante rouge des vins de couleur intermédiaire est liée aux anthocyanes et aux carboxypyrananthocyanes. La composante rouge des vins rosés foncés est liée aux produits des réactions des anthocyanes avec les flavanols (tanins) et donc soumis à un facteur d'extraction.

La composante jaune des vins foncés et intermédiaires est quant à elle associée à des pigments résultants de l'oxydation chimique formés par réaction avec l'acétylaldéhyde (ponts éthyles, pyranoanthocyanes) (Figure 7).



Figure 7 : Phénomènes impactant la composition pigmentaire, et donc la couleur perçue, des vins rosés clairs et foncés (Leborgne *et al.*, 2022b).

Ces résultats ont permis d'obtenir des données sur la composition pigmentaire des vins rosés très peu étudiés dans la bibliographie et d'émettre des hypothèses quant à leur variabilité. La formation de pyranoanthocyanes est majoritairement observée lors de la fermentation alcoolique, initiant donc la suite des travaux s'attachant à comprendre les mécanismes occurrents lors de cette étape primordiale du procédé de vinification.



Ce travail a fait l'objet d'une publication intitulée « Elucidating the Color of Rosé Wines Using Polyphenol-Targeted Metabolomics », parue dans la Revue *Molecules* en 2022 (Leborgne et al., 2022b).

3.2 Impact des paramètres physiques et chimiques de la fermentation

3.2.1 Température et sulfitage

Ce travail s'est intéressé, pendant la fermentation alcoolique, à l'impact de la température (12 °C ; 16 °C ; 20 °C), du pH (3,1 ; 3,5 ; 3,9) et de la dose de sulfites (20 mg/L ; 50 mg/L ; 80 mg/L) sur la couleur et la composition phénolique des vins rosés. Les modalités de cette première étude ont été optimisées à l'aide de plans d'expériences permettant d'optimiser le nombre d'expérimentations nécessaires. Ces plans ont été appliqués à trois cépages différents (Grenache, Syrah et Cinsault) largement utilisés pour l'élaboration de vins rosés, notamment en Provence. Les échantillons ont été élaborés au Centre du rosé à deux niveaux de macération différents pour chaque cépage. Afin d'évaluer les changements de couleur et de composition, cette étude a combiné la spectrophotométrie, la chromatographie liquide ultra-haute performance couplée à la spectrométrie de masse triple quadripolaire en mode MRM et la chromatographie d'exclusion stérique à haute performance.

Les résultats de cette première approche sur l'impact du pH, de la température et de la concentration en SO₂ pendant la fermentation alcoolique (levure K1, ICV, France) n'ont montré aucun impact sur la composition phénolique et un impact limité sur la couleur en lien avec les équilibres chimiques des anthocyanes en solution et des sulfites pour les moûts.

3.2.2 Adsorption sur les levures

Afin d'aller plus loin, les pigments adsorbés sur les parois des levures ont été analysés sur les modalités centrales (T°C = 16 °C ; pH = 3,5 ; SO₂total = 50 mg/L) des six plans d'expériences réalisés précédemment. Les six modalités ont été comparées afin de mettre en lumière l'impact de la matière première sur les phénomènes chimiques et physico-chimiques impliqués lors de la fermentation alcoolique.

Dans un premier temps, les résultats montrent que les couleurs et compositions des vins issus de la fermentation alcoolique du Grenache et du Cinsault correspondent à ceux du groupe des rosés clairs (groupe 1) de l'étude sur les 268 rosés du monde. Au contraire, les vins produits par fermentation alcoolique de la Syrah ont montré une composition et une couleur correspondant au groupe des rosés foncés (groupe 3).

L'analyse des composés adsorbés par les parois de levure a révélé de fortes quantités de pigments oligomériques dérivés d'acides hydroxycinnamiques et de flavanols, résultant de réaction d'oxydation enzymatique dans les moûts de Grenache et de Cinsault. Ces pigments oligomériques dont la structure n'a pas pu être déterminée ont été perdus en grande partie pendant la fermentation en raison de leur adsorption sur les lies.

A l'inverse, la couleur des moûts de Syrah était principalement due aux anthocyanes natives qui ont été converties en pigments dérivés par réaction avec les métabolites de la levure induisant donc une perte de couleur limitée pendant la fermentation.

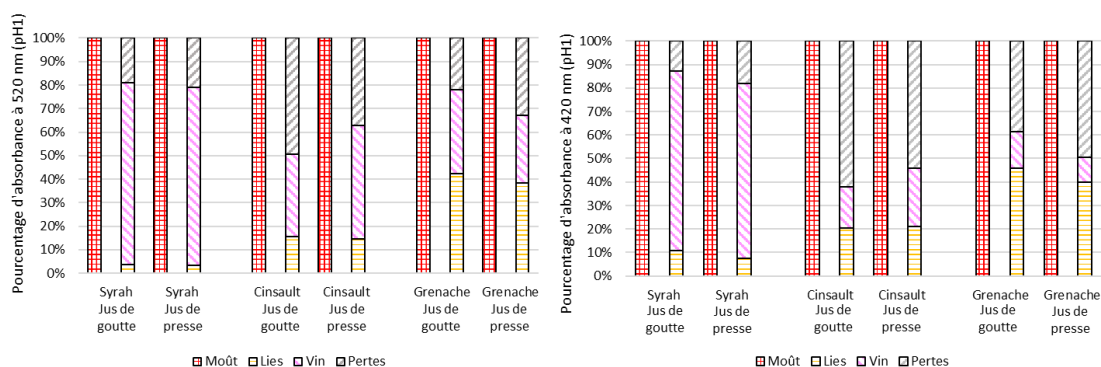


Figure 8 : Absorbance à 520 nm (rouge) et 420 nm (jaune) des moûts, vins et levures (pigments désorbés des lies) de trois cépages contrastés à deux niveaux d'extraction.

Les pigments adsorbés par les parois des levures représentent moins de 5 % de la couleur du vin final pour la Syrah alors qu'ils représentent plus de 50 % pour les vins de Grenache et de Cinsault (Figure 8). La couleur du vin rosé dépend donc du niveau d'extraction, de l'état d'oxydation au stade du moût et du cépage qui déterminent la composition du moût et, par conséquent, les réactions et interactions des composés phénoliques qui se produisent pendant la fermentation.

Ces travaux ont fait l'objet d'une publications intitulée « Multi-method study of the impact of fermentation on the polyphenol composition and color of Grenache, Cinsault, and Syrah rosé wines » dans la revue Food Chemistry en 2023 (Leborgne et al., 2023).

4. Devenir des pigments lors des étapes post fermentaires

4.1 Impact des intrants œnologiques avant conditionnement : sulfitage, collage

L'objectif était d'étudier l'impact de différents adjuvants de collage sur la composition phénolique et la couleur des vins rosés. Pour atteindre ces objectifs, deux vins rosés issus de cépages présentant des compositions phénoliques différentes (Grenache et Syrah) ont été élaborés et conservés après fermentation avec deux doses de sulfite différentes. Après avoir caractérisé dans une première partie de l'étude l'influence du cépage et la dose de sulfitage sur la composition phénolique et la couleur des vins, le travail a été consacré dans un second temps à l'étude de l'impact du collage. Deux types de colles à deux doses ont été testés sur les quatre vins afin de comparer leur efficacité et de comprendre leur influence sur la composition phénolique et la couleur.

Les analyses ont permis de mettre en évidence dans un premier temps des différences entre les cépages (quantité et proportion des différentes formes d'anthocyanes, profils en HPSEC, *High Performance Size Exclusion Chromatography*, qui diffèrent) qui ont été élaborés selon le même itinéraire technique. Ces différences ont un impact sur la couleur observée à l'œil nu. La Syrah présente une couleur rose prononcée alors que le Grenache présente une couleur orangée. Ces différences proviennent de la composition initiale en composés phénoliques des vins qui est liée à la composition initiale du moût avant vinification.

Le Grenache était pratiquement dépourvu d'anthocyanes natives au moment de l'analyse. Les analyses effectuées sur moûts montrent que ces concentrations étaient déjà très faibles pour ce cépage. Le vin a également perdu une part importante de son intensité colorante lors de sa vinification, et ce, quelle que soit la dose de SO₂. Ceci indique la présence de réactions chimiques conduisant à ces pertes : formation de composés incolores ou présentant des coefficients d'extinction différents.

Les évolutions ont été très différentes dans la Syrah, cépage dans lequel la couleur résiste beaucoup mieux, avec ou sans sulfites.



Les agents clarifiants sont utilisés pour améliorer la stabilité du vin et moduler la couleur du vin en liant et en précipitant les composés phénoliques. Au cours d'une seconde étude, quatre agents de clarification différents ont été étudiés (Figure 9) : deux protéines végétales, issues de pomme de terre (patatine) et de pois, une protéine animale, la caséine et un polymère synthétique, la polyvinylpyrrolidone (PVPP). L'impact sur la couleur et la composition phénolique des vins a été analysé. Les paramètres CIELab ont été calculés afin de définir la couleur : L* transparence, a* rouge, b* jaune.

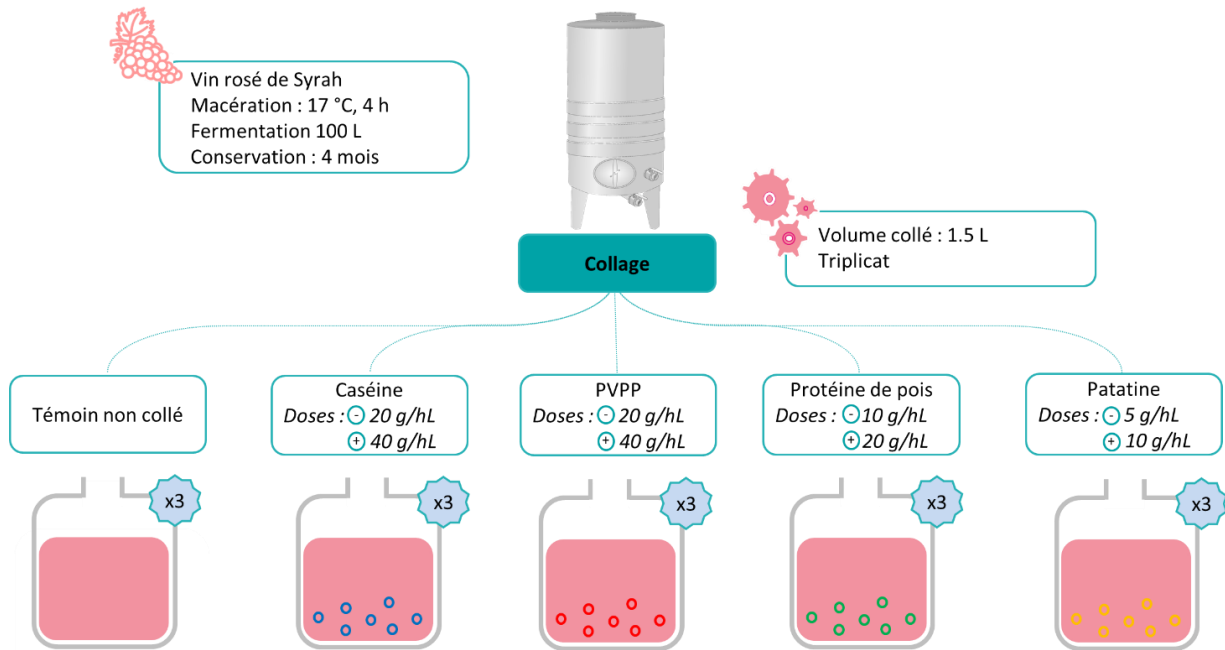


Figure 9 : Protocole d'essai de collage (Leborgne, 2021)

Les essais de collage soulignent des différences de comportement entre la PVPP et les autres colles. Il a été démontré que la PVPP est l'agent de collage qui a généralement le plus d'impact sur les pigments et la couleur, notamment sur la forme flavylium des anthocyanes, et donc la couleur rouge (paramètre a* du système CIELab) (Figure 10a). La PVPP impacte aussi fortement la composante jaune de la couleur (paramètre b* du système CIELab). Cette colle interagit donc fortement avec une grande gamme de composés colorés, tout comme la caséine et la protéine de pois en moindre quantité (Figure 10). A l'inverse, la patatine démontre une affinité toute particulière pour les pigments jaunes (Figure 10b). Ces pigments se sont révélés être des composés polymériques difficilement analysables.

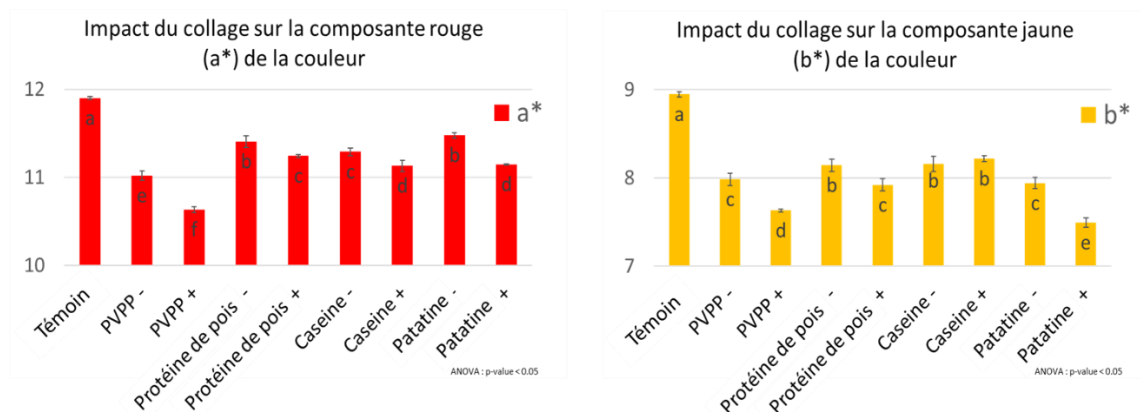


Figure 10 : Impact du collage sur les composantes rouge (a*) et jaune (b*) du système CIELab (Leborgne, 2021)

4.2 Impact des paramètres physiques et chimiques sur la stabilité des vins dans le temps après conditionnement : Température, sulfites, exposition à la lumière

Deux vins de Grenache et Syrah ont été soumis pendant 6 mois à différentes conditions de conservation en faisant varier le niveau de sulfitage, la température et l'exposition à la lumière. Les vins ont tous été conditionnés en bouteille standard en verre transparent 75 cL.

Chaque modalité a été réalisée en triplicat. Les analyses ont été effectuées après 6 mois de conservation : couleur, HPSEC sur vin, composition HRMS (*High Resolution Mass Spectrometry*).

Les résultats obtenus sur la composition en pigments sont en adéquation avec la littérature. On observe des effets cépage et température forts ainsi que de faibles effets exposition à la lumière et dose de sulfites (Figure 11).

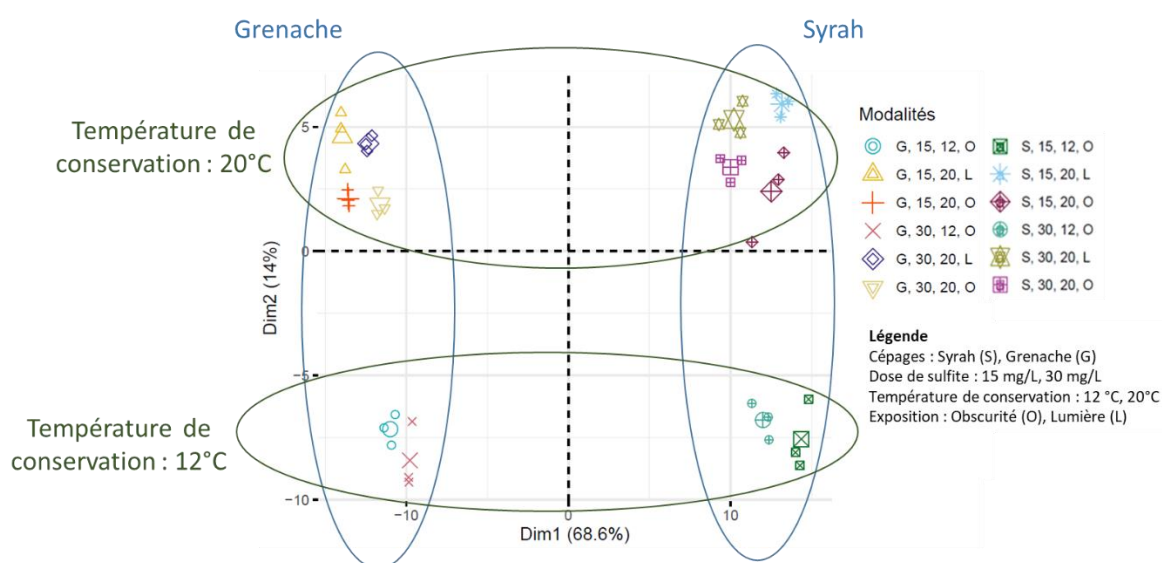


Figure 11 : Représentation des individus sur les deux premiers axes de l'Analyse en Composante Principale réalisée sur les données de composition chimique acquises illustrant les effets de la température, des sulfites et de l'exposition à la lumière de vins issus des cépages Grenache et Syrah.

Du point de vue des attentes des producteurs, le programme confirme que la conservation est optimale à la température la plus basse, au niveau de sulfitage le plus élevé et à l'obscurité. L'identification des composés impliqués reste à approfondir. La publication détaillée de ces résultats est prévue en 2024 dans la revue française d'œnologie.

5. Outils de diffusion et de transfert

Ces outils mis au point par le Centre du rosé sont destinés à la communication avec les professionnels pour servir d'interface afin d'appréhender plus simplement ces sujets complexes. Ils ont été utilisés pour communiquer sur le projet et ses résultats en Provence et au niveau national par le Centre du Rosé, l'IFV et par INRAE. Ces outils seront également impactés à court terme par les résultats du projet, notamment en ce qui concerne le nuancier de référence.

5.1 Le nuancier papier de référence

Le nuancier se décline sous différents formats dont le nuancier papier. Cet outil est habituellement utilisé en laboratoire ou en salle d'analyse sensorielle pour caractériser la couleur perçue par les dégustateurs (Figure 12). Une version pédagogique plastifiée, plus maniable et plus résistante, a été déclinée pour une



utilisation sur le terrain, notamment dans les caves de production ou pour communiquer auprès des consommateurs sur les caractéristiques des produits.



Figure 12 : Nuancier de référence papier <https://centredurose.fr/nuanciers-vins-roses/> et nuancier éventail

Afin de permettre une appropriation par le plus grand nombre de vignerons et élaborateurs, il est intéressant de traduire visuellement les résultats par un positionnement sur le nuancier de référence. Dans l'idéal, un outil de modélisation pourrait permettre de positionner la couleur initiale du moût ou du vin et la part des différents cépages, puis en fonction de l'itinéraire prévu, d'afficher un « parcours prévisionnel » de la couleur entre différentes cases du nuancier.

La figure 13 représente les évolutions de la couleur observées par le Centre du Rosé lors de vinifications réalisées sur 7 domaines différents et positionnées sur le nuancier d'origine.

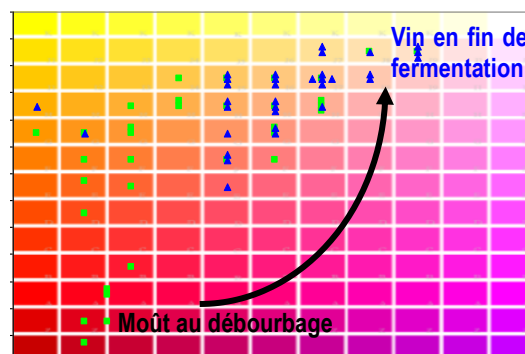


Figure 13 : Évolution de la couleur lors de vinifications réalisées sur 7 sites d'élaboration

Même si l'intensité de la couleur tend à diminuer, il n'est pas possible de prévoir précisément la trajectoire de la couleur en fermentation sur la seule base de la couleur du moût de départ. Le projet PigRosé a permis d'acquérir un niveau de connaissance permettant de mieux prévoir l'évolution de cette couleur à partir de différents indicateurs dans la composition moléculaire.

Une autre condition pour atteindre rigoureusement cet objectif serait de disposer d'éléments permettant le corréler les coordonnées $L^*a^*b^*$ à une couleur perçue sur le nuancier des vins rosé, ce qui n'est pas le cas actuellement. Le nuancier a en effet été réalisé de façon empirique sur des couleurs perçues à l'œil.

Pour pallier l'absence de correspondance entre les couleurs perçues sur le nuancier original et les coordonnées $L^*a^*b^*$ mesurées, le Centre du Rosé a entrepris un travail de standardisation avec l'appui scientifique d'une spécialiste de la couleur qui a suivi le travail de la thèse. A cet effet, une Chaire Rosé a été créée en partenariat avec l'établissement Kedge Business school et le Centre du Rosé et financée par le comité interprofessionnel des vins de Provence.

Le travail réalisé dans le programme PigRosé a contribué à réaliser la mise au point d'un nouveau nuancier, notamment en prenant contact avec la société NCS (Natural Color System) qui produit un des deux nuanciers de couleur universels normés. Ce partenariat pour décliner des nouveaux nuanciers vin permettra de valider des vignettes de couleur par cépage et d'appuyer sur des références normées les prévisions de couleur de vin à partir du moût (Figure 14).

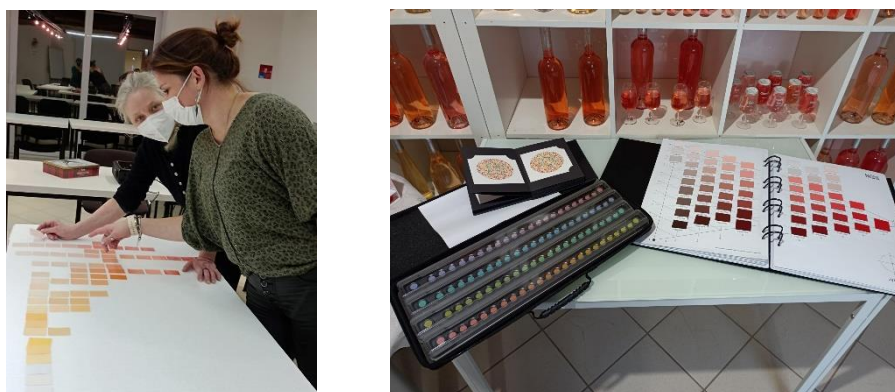


Figure 14 : Constitution d'un nouveau nuancier correspondant à l'univers des vins rosés à partir des vignettes de couleur standard NCS (Natural Color System).

5.2 Les nuanciers gel pédagogiques

Des nouveaux nuanciers de couleur mis au point en 2019 et testés sur le terrain par le Centre du Rosé sont disponibles depuis début 2020. Les couleurs ont été ajustées sur les formats gels pour correspondre davantage aux réalités des vins commercialisés à ce jour (Figure 15). D'autres supports pédagogiques plus classiques comme des photographies des différents nuanciers ont également été utilisés à des fins de communication sur la couleur.



Figure 15 : Nuancier gels en tubes et en verres



6. Conclusion

Le vin rosé nécessite une grande maîtrise technique pour son élaboration. Ce travail exploratoire sur les pigments des vins rosés était indispensable pour poser les fondations permettant d'aller au-delà de simples indicateurs de couleur et d'explorer le sujet jusqu'à la molécule. Les résultats du projet PigRosé auront un impact sur la maîtrise de l'élaboration notamment en fermentation et en conservation mais également sur l'analyse de vins commerciaux en donnant de premières indications sur les spécificités des cépages et des procédés. Toutes les technologies et intrants vont dorénavant pouvoir être interrogés sur la base de ce travail, notamment les autres cépages et les variétés innovantes, mais également l'incidence de la diversité des microorganismes utilisés dans le procédé. Enfin, le souhait d'accéder à la compréhension des mécanismes fins déterminant la couleur des rosés et la réussite de la collaboration engagée dans PigRosé pour accéder à des outils plus avancés ont stimulé la démarche de montée en compétence sur la composition du produit. Une stratégie similaire sur la question des arômes a été amorcée par le Centre du rosé avec une thèse démarrée en 2021 en partenariat avec l'université Nice Côte d'Azur.

Ethique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

ORCID des auteurs

Cheynier Veronique: 0000-0001-7759-284X

Leborgne Cécile: 0000-0002-3379-4674

Contribution des auteurs (OBLIGATOIRE) :

Conceptualisation : G.M., A.C, A.V., V.C. et J.-R.M. ; acquisition des données : C.L. et M.-A.D. ; rédaction - préparation de la version originale, C.L. et A.C. ; rédaction - révision et édition : M.-A.D., M.M., A.V., J.-R.M. et V.C. ; supervision : A.V., N.S., J.-R.M. et V.C. ; administration du projet et acquisition des fonds, G.M., A.C, A.V., J.-R.M. et V.C. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version publiée du manuscrit ». Veuillez consulter la taxonomie du CRediT pour l'explication du terme. La qualité d'auteur doit être limitée à ceux qui ont contribué de manière substantielle au travail rapporté. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version publiée du manuscrit.

Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas travailler, ne conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir pas de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

Déclaration de soutien financier

Fond CASDAR du ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Dispositif Cifre de l'ANRT, Comité interprofessionnel des vins de Provence



Références bibliographiques :

- Cayla L., Pouzalgues N., Masson G., 2011. Connaissance et maîtrise de la couleur des vins rosés. Rosé.com <https://centredurose.fr/wp-content/uploads/139074858193.16.pdf>
- Fulcrand, H., Benabdeljalil, C., Rigaud, J., Cheynier, V., & Moutounet, M. (1998). A new class of wine pigments generated by reaction between pyruvic acid and grape anthocyanins. *Phytochemistry*, 47(7), 1401-1407. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)00772-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)00772-3)
- Gil, M.; Avila-Salas, F.; Santos, L.S.; Iturmendi, N.; Moine, V.; Cheynier, V.; Saucier, C. Rose Wine Fining Using Polyvinylpyrrolidone: Colorimetry, Targeted Polyphenomics, and Molecular Dynamics Simulations. *J. Agric. Food Chem.* 2017, 65, 10591–10597. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04461>.
- Lambert M., Meudec E., Verbaere A., Mazerolles G., Wirth J., Masson G., Cheynier V., Sommerer N., 2015. A High-Throughput UHPLC-QqQ-MS Method for Polyphenol Profiling in Rosé Wines. *Molecules* 20(5):7890–7914. doi: [10.3390/molecules20057890](https://doi.org/10.3390/molecules20057890).
- Leborgne C., 2021. Polyphenol targeted and untargeted metabolomics on rosé wines: impact of protein fining on polyphenolic composition and color. *IVES Conference Series, Macrowine 2021*
- Leborgne C., 2022a. Déterminants du comportement des pigments au cours de la fermentation alcoolique des vins rosés. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'institut Agro Montpellier et de l'Université de Montpellier en sciences des aliments et nutrition. https://www.supagro.fr/theses/extranet/22-0016_Leborgne.pdf
- Leborgne C., Lambert M., Ducasse M.-A., Meudec E., Verbaere A., Sommerer N., Boulet J.-C., Masson G., Mouret J.-R., Cheynier V., 2022b. Elucidating the Color of Rosé Wines Using Polyphenol-Targeted Metabolomics. *Molecules*; 27(4), 1359. <https://doi.org/10.3390/molecules27041359>
- Leborgne C., Ducasse M.-A., Meudec E., Carrillo S., Verbaere A., Sommerer N., Bougreau M., Masson G., Vernhet A., Mouret J.-R., Cheynier V., 2023. Multi-method study of the impact of fermentation on the polyphenol composition and color of Grenache, Cinsault, and Syrah rosé wines. *Food Chemistry* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134396>
- Salinas, M. R., Garijo, J., Pardo, F., Zalacain, A., & Alonso, G. L. (2003). Color, Polyphenol, and Aroma Compounds in Rosé Wines after Prefermentative Maceration and Enzymatic Treatments. 8.
- Sarni-Manchado, P., Cheynier, V., & Moutounet, M. (1997). Reactions of polyphenoloxidase generated caftaric acid o-quinone with malvidin 3-O-glucoside. *Phytochemistry*, 45(7), 1365-1369. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)00190-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)00190-8)
- Somers, T. C. (1971). The polymeric nature of wine pigments. *Phytochemistry*, 10(9), 2175-2186. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)97215-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)97215-7)
- Wirth, J., Morel-Salmi, C., Souquet, J. M., Dieval, J. B., Aagaard, O., Vidal, S., Fulcrand, H., & Cheynier, V. (2010). The impact of oxygen exposure before and after bottling on the polyphenolic composition of red wines. *Food Chemistry*, 123(1), 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.008>
- Wirth J., Caillé S., Souquet J. M., Samson A., Dieval J.B., Vidal S., Fulcrand H., Cheynier V., 2012) Impact of Post-Bottling Oxygen Exposure on the Sensory Characteristics and Phenolic Composition of Grenache Rosé Wines. *Food Chemistry* 132(4), 1861–71. doi: [10.1016/j.foodchem.2011.12.019](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.019).



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.