CENTENARY OF THE OIV
45th WORLD CONGRESS OF VINE AND WINE
14-18 OCTOBER 2024 FRANCE-DIJON
OIV
Available on IVES Conference Series vine & wine
DOI : https://doi.org/10.58233/XF20pZ5x

Study of the oenological potential of varieties resistant to cryptogamic diseases and drought to anticipate varietal selection in Occitanie

Andréa Cesson[1,2], Marie-Agnès Ducasse[2], Isabelle Sanchez[4] , Jean-Claude Boulet[1,3], Stéphanie Carrillo[1], Thierry Doco[1], DamienFlores[1,3], Teddy Godet[1], Faiza Macna[1], Frédéric Mabille[1], Emmanuelle Meudec[1,3], Valérie Nolleau[1], Stéphanie Roi[1], Aurélie Roland[1], Amélie Roy[2], Somaya Sachot[1], Amélie Schuhmann[1], Nicolas Sommerer[1,3], Lucas Suc[1], Marilou Thouroude[1], FrédéricVeran[1], Jean-Roch Mouret[1], Céline Poncet-Legrand[1]

[1] SPO, INRAE, Univ Montpellier, Institut Agro, Montpellier, France,
[2] Institut Français de la Vigne et du Vin, Domaine de Pech Rouge, Gruissan, France
[3] INRAE, PROBE Research Infrastructure, Polyphenol Analytical Facility, Montpellier, France
[4] MISTEA, INRAE, Institut Agro, 34060 Montpellier, France

Abstract. Climate change is happening around the world and has a considerable impact on every crop field, includingvine. This context is forcing professionals to develop new grape varieties, resistant to cryptogamic diseases and adaptedto drought. This study is evaluating the oenological potential of 34 modalities of red grapes, focusing on describing color and anthocyanin pigments. The color, the oenological parameters and the berries and wine anthocyanincomposition have been studied. Obtained data clearly demonstrates that the anthocyanin composition of grape berries is not linked to the wine composition. Thus, it is necessary to also evaluate the wine characteristics (and not to only focus on grapes) regarding the selection of interesting varieties for vinification. Anthocyanins extraction during alcoholic fermentation appears to be complex and depends on anthocyanin structure. Those phenomena will need further investigation to understand mechanisms governing the extraction of quality markers (polyphenols and aromas)during alcoholic fermentation in red wine conditions. Such results will help to anticipate the wine profile from news varieties.

Le secteur viti-vinicole est le premier secteur agricole français en valeur [1,2]. À l'échelle régionale, l'Occitanie possède la plus grande surface de vigne du pays avec 268 000 ha, produisant plus de 80% de vins rouges et rosés [3]. Il s'agit donc d'un secteur d'activité primordial pour la région puisqu'elle compte plus de 18 000 exploitations spécialisées en viticulture [4].

Le changement climatique s'opère sur la totalité du globe et notamment en région Occitanie et a un impact considérable sur toutes les cultures agricoles, y compris la vigne. En effet, on observe depuis plusieurs années des températures extrêmes qui dérèglent le métabolisme de la plante, notamment le métabolisme secondaire, responsable de l'accumulation des arômes et des pigments [5]. On observe également un stress hydrique pour la plante dû à la sécheresse [6] et une hausse de la pression des pathogènes (oïdium, mildiou) dans des régions où les conditions climatiques impliquent des contaminations à des stades phénologiques vulnérables pour la vigne.

Cette pression entraîne une nécessité pour les viticulteurs de traiter leurs parcelles. Mais le contexte du plan Ecophyto et la forte pression du marché encouragent les viticulteurs à trouver des solutions alternatives, visant à réduire les traitements phytosanitaires [7]. Il est donc nécessaire de se tourner vers des solutions agronomiques durables pour assurer une transition pour le secteur. Parmi ces solutions, la création de nouvelles variétés de vigne possédant des gènes de résistances aux maladies cryptogamiques ainsi qu'une physiologie adaptée à des conditions de sécheresse sont développées depuis plusieurs années. Ces dernières sont entrées dans un dispositif d'observation dans les Appellations d'Origines Contrôlées (AOC) sous le nom de VIFA (Variétés d'Intérêt à Fin d'Adaptation) [2]. Concernant le potentiel œnologique de variétés résistantes, des travaux existent et ont fait l'objet d'une revue résumant leurs caractéristiques [8]. Cependant, peu d'études se focalisent sur le positionnement de ces variétés par rapport aux cépages traditionnellement utilisés dans les terroirs. De plus, les travaux effectués ne proposent pas de vision systémique.

Le but de ce travail (qui s'inscrit dans le projet Oenovard'occ, centré sur l'étude des variétés de raisins rouges) est (1) d'évaluer le potentiel œnologique (composés phénoliques et arômes) des VIFA et des cépages traditionnels au sein de la région Occitanie et (2) de comprendre les mécanismes responsables de leur extraction de la baie au vin, notamment en lien avec leurs interactions avec les polysaccharides.

Particulièrement, l'objectif de cet article, est d'évaluer la diversité colorimétrique des vins issus des VIFA et des variétés emblématiques d'Occitanie ainsi que d'expliquer cette diversité en analysant les profils d'anthocyanes des baies et des vins, car ces pigments constituent un critère important de qualité des vins rouges. Ces pigments sont synthétisés par la voie des flavonoïdes (Figure 1), principalement dans les pellicules, sauf exception faite des cépages dits "teinturiers" qui en possèdent également dans la pulpe [9].

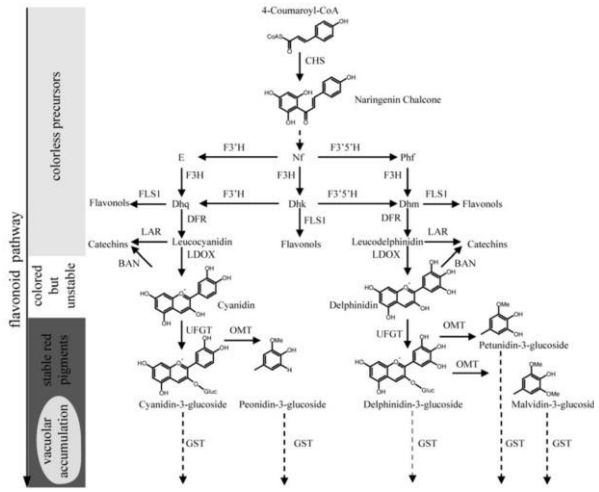


Figure 1. Schéma simplifié des principales étapes de la synthèse des anthocyanes dans les baies de raisin. OMT : O-methyltransférase ; GST : Glutathion S-transférase. [10]

Cette synthèse aboutit à la formation d'une grande diversité chimique de molécules en fonction de l'association de cinq aglycones : cyanidine, péonidine, pétunidine, delphinidine et malvidine avec des sucres ou des groupements issus d'acylations du sucre en position 6 avec différents acides : acétique, p-coumarique, caféique [9, 11].

La quantité et la composition des différentes variétés en anthocyanes sont régulées par l'expression génique et le processus de maturation [12, 13]. Elles peuvent être impactées par des stress de nature biotique et abiotique, comme la sécheresse [10, 14], ou la contamination par des pathogènes [14].

Ces différents pigments sont ensuite modifiés et/ou extraits lors du processus de vinification pour donner la couleur au vin. Le procédé de vinification peut également avoir un impact important sur la quantité et la composition du profil anthocyanique du vin [9, 15].

1. Matériel et méthodes

1.1. Matériel végétal

31 variétés de raisins rouges ont été étudiées :

- 10 variétés traditionnellement présentes en Occitanie (Alicante, Cabernet Sauvignon, Carignan, Cinsault, Fer Servadou, Grenache, Petit Verdot, Pinot, Syrah, Tannat).
- 4 variétés cultivées traditionnellement dans des climats méditerranéens, supposées adaptées à la sécheresse (Nielluccio, Pinotage, Touriga Nacional, Xinomavro).
- 14 variétés possédant des gènes de résistance aux principales maladies cryptogamiques (mildiou et oïdium) issus des programmes de croisements (1212N, 3160-27- 4N, 3176N, 3322-226N, 3328-168N, G14, Artaban,
- Cabernet cantor, Cabernet volos, Monarch, Merlot khorus, Pinotin, Prior, Sirano, Vidoc).
- 3 variétés dites "hybrides producteurs directs" (Clinton, Herbemont, Isabelle).

Les variétés ont été récoltées pour le millésime 2023 dansdifférents lieux d'Occitanie partageant une proximité géographique à l'échelle du territoire français (Figure 2). L'objectif était de récolter les variétés entre 12 et 13% de Titre d'Alcool Probable (TAP). De plus, la variété Artaban a été récoltée sur 3 sites différents (Ouveillan, Pech Rouge et le domaine de Cazes) pour évaluer les impacts respectifs du terroir et de la variété.

Figure 2. Carte de la région Occitanie avec les différentspoints de récolte des variétés.

Ainsi, le dispositif expérimental complet comprend 34 modalités (modalité = variété x lieu de récolte), toutes analysées en triplicatas biologiques.

Les différents compartiments de la baie sont analysés (pellicules, pulpes et pépins), ainsi que les moûts et les vins issus de fermentations en micro-vinification. Les anthocyanes sont analysées uniquement dans les pellicules et les vins.

1.2. Dispositif expérimental de micro-vinification

Les vins analysés dans le cadre de l'étude ont été vinifiés de manière standardisée afin de les comparer en triplicatas

biologiques, en petit volume (1 kg) avec l'outil de micro-vinification haut débit Vinimag selon la méthode développée et soumise par Ducasse et al. (2024) [16].

Les moûts ont été sulfités à 3g/hL et ajustés en azote (Di-Ammonique Phosphate DAP à 200 mg/L). Les vinifications ont été ensemencées avec la même levure, *Saccharomyces cerevisiae* (XR Lamothe abiet sous forme LSA) et réalisées à une température constante de 23°C pour une durée de macération de 14 jours.

1.3. Préparation des échantillons

Des poudres de pellicules, pulpes et pépins ont été préparées à partir de baies pelées et cryobroyées pour chaque variété, en triplicata biologique. Les polyphénols ont ensuite été extraits de ces poudres avec un solvant composé de méthanol, acétone, eau et acide formique. Les analyses ont été réalisées sur 1 mL de l'extrait obtenu.

Les vins en fin de fermentation alcoolique ont été centrifugés avant analyses.

1.4. Analyses œnologiques

Les analyses œnologiques ont été effectuées selon les méthodes de l'OIV.

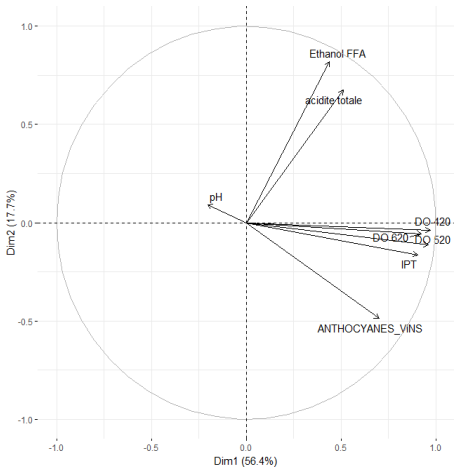
Sur les vins, les analyses couleurs (DO280, DO420, DO520 et Intensité Colorante IC) ont été réalisées en suivant la méthode des caractéristiques chromatiques OIV-MA-AS2-07B [17]. Le pH a été mesuré sur les vins avec la méthode OIV-MA-AS313-15 [18], l'acidité totale et l'indice de polyphénols totaux avec la méthode décrite par Abi-Habib, 2021 [19].

L'éthanol et les sucres résiduels ont été analysés par HPLC avec un détecteur RID.

1.5. Analyse des anthocyanes

Les anthocyanes des baies et des vins ont été analysées selon la méthode soumise par Flores et al. (2024) [20]. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent malvidine/L de vin pour chacune des anthocyanes analysées.

(a)



(b)

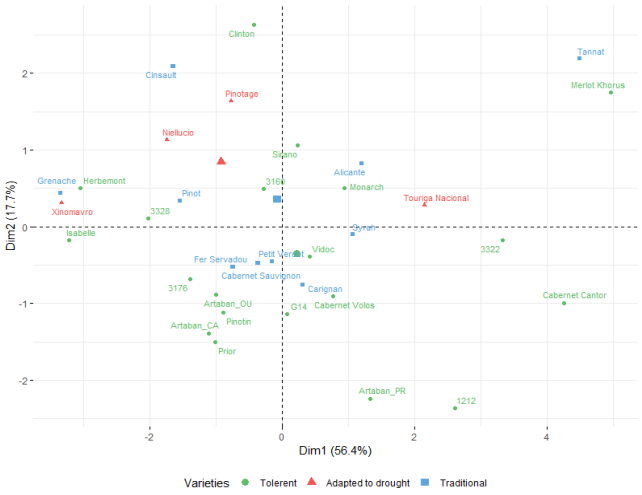


Figure 3. Cercle des corrélation (a) et carte des individus (b) de l'ACP des profils œnologiques des vins issus des 34 modalités de l'étude (triplicatas biologiques). Ethanol FFA : le degré d'alcool (%vol), DO420nm, DO520nm, DO620nm, pH, acidité totale (g/L), IPT et teneur en anthocyanes du vin (mg/L) pour les variétés adaptées à la sécheresse (rouge), tolérantes auxmaladies (vert) et traditionnelles (bleu).

1.6. Traitement statistique des données

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le langage de programmation R. Pour évaluer la significativité des différences entre les variétés, une Analyse de la Variance (ANOVA) à un ou plusieurs facteurs a été effectuée. La diversité des modalités de l'étude a été évaluée par une Analyse en Composantes Principales (ACP).

2. Résultats et discussions

2.1. Les profils œnologiques des vins

Traditionnellement, la qualité d'un vin rouge est évaluée par des paramètres chromatiques tels que les densités optiques à 420 nm (couleur jaune), 520 nm (couleur rouge) et 620 nm (couleur bleue), l'indice de polyphénols totaux (IPT) ainsi que la teneur en anthocyanes totales, principaux pigments du vin rouge. L'acidité totale, le pH et le degré d'alcool à la fin de la fermentation sont également mesurés.

Dans les Figure 3a et b, l'ACP montre la variabilité des modalités de notre étude sur les paramètres précédemment décrits.

Le cercle des corrélations montre que l'axe 1 explique 56,4% de la variabilité des échantillons. Cet axe est représenté par les DO, donc la couleur des vins. Le jeu de données sur ces variétés présente une grande diversité de couleur. En effet, les intensités colorantes (IC, représentant la somme des trois DO mesurées) sont comprises entre 2,72 pour le Xinomavro et 38,9 pour le Merlot Khorus. Cette séparation des vins en fonction de leur couleur se distingue également sur la carte des individus avec le Merlot Khorus du côté gauche avec d'autres variétés

colorées comme le Cabernet Cantor et le 3322 (respectivement avec des IC de 35,9 et 33,1).

La légende de la carte des individus représente les différents types de variétés : les variétés tolérantes aux maladies cryptogamiques, celles présentant une physiologie supposée adaptée à la sécheresse et les variétés traditionnelles. Il est intéressant de noter que les trois classes d'individus sont répartis sans regroupement par type de variétés sur l'ensemble de la carte.

Le deuxième axe du cercle des corrélations explique 17,9% de la variabilité des échantillons. Il est représenté par le degré d'alcool en fin de fermentation et l'acidité totale. Il s'agit donc d'un axe pouvant représenter la maturité du raisin récolté. En effet, les raisins ont été récoltés entre 11% et 16% d'alcool, avec une majorité d'échantillons entre 12 et 13%. D'après la Figure 3b, des individus ont une forte acidité totale comme le Merlot Khorus (6,3 g/L) ou le Tannat (5,2 g/L) et d'autres ont une plus faible acidité comme le Carignan (3,2 g/L).

Les échantillons possédant un fort taux d'alcool sont le Tannat, le Merlot Khorus et le Clinton (respectivement 18,6%, 17,1% et 17,1% en fin de fermentation). À l'inverse, d'autres possèdent des plus faibles taux d'alcool en fin de fermentation comme le Prior, le 3176 et le G14 (respectivement 11,7%, 11,7% et 12,0%).

Cependant, la grande variation de teneurs en éthanol observée n'est pas forcément due à la variété du raisin, mais provient essentiellement d'un échantillonnage qui n'a pas pu être identique sur toutes les parcelles.

Le profil couleur et la teneur en anthocyanes des vins issusdes différentes variétés est donc principalement porté sur l'axe 1 et la carte des individus montre que des disparités existent autant sur des variétés issues de l'espèce *Vitis vinifera* (traditionnelles et adaptées à la sécheresse) que sur des variétés issues de croisements interspécifiques (tolérantes).

Les variables DO520 et anthocyanes sont corrélées avec un R^2 de 0.66. Bien que les anthocyanes soient les principaux responsables de la couleur rouge, d'autres phénomènes impactent également la couleur [21]. En effet, les anthocyanes peuvent avoir des propriétés colorantes différentes selon leur structure. Pour cette raison, la composition en anthocyanes des vins a été détaillée dans le paragraphe suivant.

2.2. La composition en anthocyanes des vins

La Figure 4 représente la teneur moyenne en anthocyanes dans les vins des différentes modalités (histogramme) ainsi que le résultat de la DO520nm (en point).

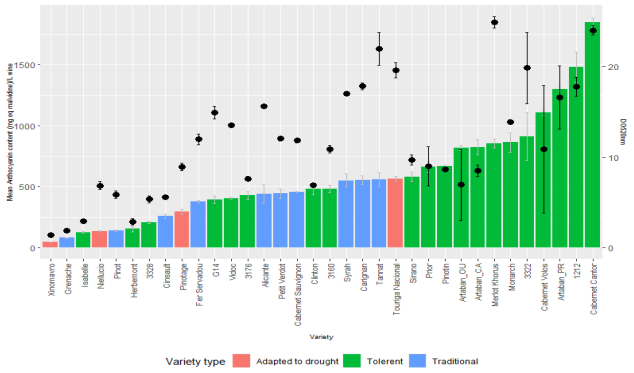


Figure 4. Graphique de la teneur en anthocyanes des vins (moyenne sur 3 réplicas biologiques) en mg équivalent malvidine/L de vin (colonnes) et de la DO520nm (points) des vins (moyenne sur 3 réplicas biologiques). Les variétés sont colorées selon leurstypes : adaptées à la sécheresse (rouge), tolérantes aux maladies (vert) et traditionnelles (bleu).

Les teneurs en anthocyanes moyennes des vins ainsi que leurs DO520 possèdent une variabilité notable. Les teneurs en anthocyanes sont comprises entre 46,4mg équivalent malvidine/L de vin pour le Xinomavro et 1847mg équivalent malvidine/L de vin pour le Cabernet Cantor. Les teneurs en anthocyanes moyennes dans les vins issus de variétés tolérantes de l'étude sont équivalentes aux données trouvées par Tampaktsi (2023) [22]. Les DO520, quant à elles, sont comprises entre 1,4 pour le Xinomavro et 25,0 pour le Merlot Khorus.

Dans cette figure, même si une DO520 faible est le résultatd'une teneur en anthocyanes faible, il est important de noter que certains vins ayant une forte DO520 possèdent des teneurs en anthocyanes moyennes. C'est le cas de la Syrah, du Carignan, du Tannat ou encore du TourigaNacional, par exemple.

Il est à noter que la variété Artaban a été récoltée sur 3 sitesdifférents d'Occitanie : le domaine de Cazes (CA), la commune d'Ouveillan (OU) et l'Unité expérimentale de Pech Rouge (PR), tous les 3 dans le département de l'Aude (11), à des degrés d'alcool assez proches (respectivement 12,3%, 13,2% et 12,3%). L'Artaban récolté à Pech rouge présente une DO520 et une teneur en anthocyanes totales significativement plus élevée que les deux autres modalités (les teneurs en anthocyanes sont respectivement 821, 816 et 1299 et les DO520nm sont 8,49, 6,94 et 16,6). Un effet de la localisation géographique peut être constaté et expliqué par la plantation de l'Artaban sur un sol sableux à Pech Rouge. Cet effet du sol a déjà été observé pour d'autres variétés comme le Tempranillo [23].

L'absence d'une forte corrélation entre la DO520 et la teneur en anthocyanes pour les différentes variétés évaluées dans cette étude s'explique par différents phénomènes. Le premier phénomène est lié à la réactivité des anthocyanes car il peut y avoir un effet de copigmentation, démontré comme ayant un effet hyperchrome [21]. L'impact du degré d'alcool sur la couleur du vin a également été investigué par Boulton en 2001 [21] comme ayant un impact sur la disruption des associations en réduisant la force d'interaction hydrophobes responsables de la copigmentation.

Ensuite, le pH des vins peut également avoir un impact surla couleur des vins (données non présentées). En effet,

le pH influe sur la proportion de cations flavylium présents dans le milieu et, par conséquent, sur la couleur [24, 25].

Enfin, ces résultats s'expliquent également par la diversité des anthocyanes. La littérature a montré que la substitution des anthocyanes par différents groupes peut modifier leurs propriétés acido-basiques et, par conséquent, leurs capacités d'absorption de la lumière et la distribution des différentes formes colorées et non colorées [11, 26, 27]. Pour rendre compte de la diversité des différentes anthocyanes dans les vins, la Figure 5 récapitule (en %) les proportions des différentes familles d'anthocyanes et permet de rendre compte de la diversité de composition des variétés.

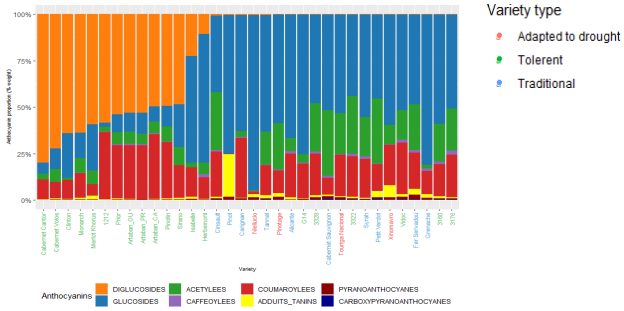


Figure 5. Graphique en barres cumulées avec la proportion des différentes familles d'anthocyanes pour chaque variété dans levin en % massique en fonction du type de variété.

Les vins présentent des profils différents d'anthocyanes. Dans un premier temps, la présence d'anthocyanes diglucosides est observée pour une majorité de variétés résistantes aux maladies cryptogamiques avec des proportions très importantes comme pour le 1212 (58,3%) ou encore les Artaban (de 49,5% à 53,0%). Cependant, des exceptions sont notées : il n'y a pas d'anthocyanes diglucosides dans le Vidoc ni dans les variétés Bouquet G14, 3160, 3176, 3322 et 3328.

Pour les autres variétés, les anthocyanes majoritaires sont les anthocyanes glucosides représentant environ 50% pourla plupart des variétés. Les seules exceptions sont le Cinsault qui présente une composition équilibrée entre les anthocyanes glucosides, coumaroylées et caféoylées. A l'inverse, le Pinot et le Nielluccio comportent une majorité d'anthocyanes glucosides (respectivement 74,7% et 94,4%).

On peut noter également que le Pinot possède une grande proportion d'adduits anthocyanes-tanins (23,1%). Pour les autres variétés, la proportion des adduits est comprise entre 0,05% pour l'Artaban de Pech Rouge et 6,68% pour le Xinomavro.

De manière générale, les pigments dérivés (adduits, pyranoanthocyanes et carboxypyranoanthocyanes) représentent une faible part des anthocyanes sur les vins en sortie de fermentation alcoolique. Les valeurs sont comprises entre 0,86 mg équivalent malvidine/kg de baies pour l'Herbemont et 40,4 mg équivalent malvidine/kg de baies pour le Pinot.

Il est à noter que la Figure 4 avait mis en évidence une différence significative entre les teneurs en anthocyanes des différentes modalités d'Artaban, récoltées dans des localités différentes. La Figure 5 montre qu'en termes de composition, les modalités d'Artaban possèdent lesmêmes proportions des différentes familles d'anthocyanes. Il est donc possible d'émettre l'hypothèse que la composition en anthocyanes pourrait être d'origine variétale alors que la teneur totale dépendrait d'autres facteur comme, par exemple, le millésime, lieu, etc…

Les anthocyanes sont synthétisées et stockées uniquement dans la baie selon leur voie de synthèse, explicitée en Figure 1. Elles se libèrent pendant le procédé de fermentation qui, dans les vins rouges, est couplé à une macération pelliculaire permettant la diffusion des anthocyanes dans le liquide. Il est donc nécessaire de regarder la composition en anthocyanes des baies pour comprendre la composition en anthocyanes des vins et investiguer leur extraction dans le cas des vins rouges.

2.3. La composition en anthocyanes des baies

La Figure 6 présente la composition en anthocyanes substituées des baies pour chaque modalité (en %) massique.

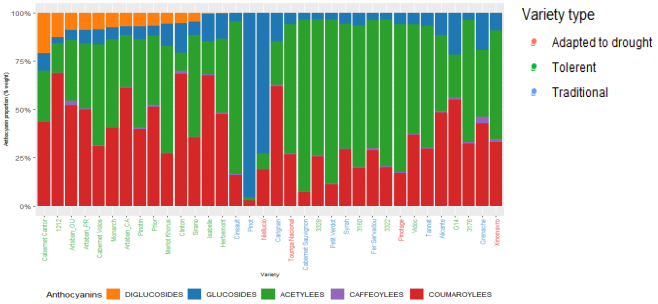


Figure 6. Graphique en barres cumulées avec la proportion des différentes familles d'anthocyanes pour chaque variété dans lesbaies en % massique en fonction du type de variété.

Les proportions des familles d'anthocyanes dans les baiessont différentes selon les variétés. Contrairement aux vins,les proportions majoritaires des anthocyanes dans les baiessont les anthocyanes acétylées et les anthocyanes coumaroylées. Les variétés présentant une majorité d'anthocyanes acétylées sont le Cabernet Sauvignon, le Petit Verdot et le Cinsault (respectivement 88,7%, 84,8% et 79,0%). Les variétés présentant une majorité d'anthocyanes coumaroylées sont le Clinton, l'Isabelle et le 1212 (68,5%, 67,5% et 68,6%). Deux variétés ont un profil atypique : le Nielluccio et le Pinot qui présentent une majorité d'anthocyanes glucosides (respectivement 72,7% et 95,5%) et ne possèdent pas d'anthocyanes acétylées (7,9% pour le Nielluccio) ainsi que très peu d'anthocyanes coumaroylées (respectivement 2.9% et 19,0%) par rapport aux autres variétés. Ces résultats sont en accord avec ceux démontrés par Cheynier en 2006 et Castia en 1992 [9, 28]. Les anthocyanes diglucosides sont uniquement présentes sur certaines variétés résistantes. Elles représentent une part non négligeable des anthocyanes totales (de 0,30% pour l'Herbemont à 12,0% pour le 1212). Il est à noter que les variétés développées par Alain Bouquet, présentant plus de 98,0% de gènes en commun avec les variétés *Vitis vinifera*, n'ont pas de diglucosides (ou à l'état de traces). De plus, Artaban et Vidoc, issus du même croisement

génétique, présentent un profil d'anthocyanes diglucosides complètement différents : les Artaban présentent entre 7,1 et 9,0% d'anthocyanes diglucosides alors que le Vidoc n'en présente qu'à l'état de traces.

Les anthocyanes diglucosides sont obtenues par l'action de l'enzyme 5GT (Anthocyanine-5-O-glucosyltransférase) sur les anthocyanes monoglucosides déjà présentes. La littérature a déterminé que des mutations du génome de *Vitis vinifera* étaient responsables de l'inactivation de cetteenzyme [29].

Les graphiques des Figure 5 et Figure 6, montrent que les vins ne possèdent pas la même composition en anthocyanes que les baies. En effet, les proportions d'anthocyanes coumaroylées et acétylées dans les baies diminuent au profit des anthocyanes mono et diglucosides dans les vins. Par conséquent, les anthocyanes les plus solubles, et donc extraites, sont les non-acylées : mono et diglucosides [19]. Des résultats de la littérature montrent également une faible extraction des anthocyanes coumaroylées, ce qui concorde avec les résultats présentés [30].

Afin d'investiguer et mieux comprendre ces différences, nous avons évalué le rendement d'extraction des anthocyanes entre la pellicule des baies et le vin pour chaque variété.

2.4. L'extraction des anthocyanes de la baie au vin

La Figure 7 présente la corrélation entre la concentration enanthocyanes dans les vins et dans les baies (toutes deux en g équivalent malvidine/kg de baies) permettant de rendre compte du rendement d'extraction de ces molécules dans les vins. Ce rendement est calculé en faisant le rapport desconcentrations en anthocyanes des vins et des baies (exprimées en g équivalent malvidine/kg de baies).

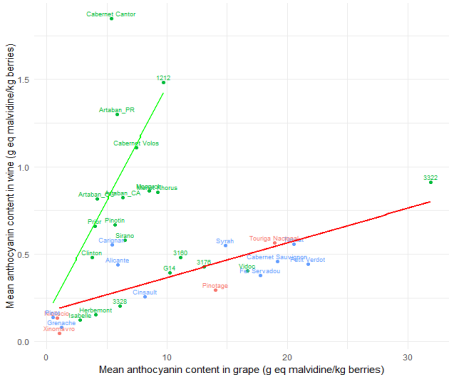


Figure 7. Graphique de la teneur en anthocyanes de vin (moyenne sur 3 triplicatas biologiques exprimée en g équivalent malvidine/kg de baies) en fonction de la teneur en anthocyanes de baies (moyenne sur 3 triplicatas biologiques exprimée en g équivalent malvidine/kg de baies). Droites de régressions linéaires verte pour les rendements d'extraction >10% et rouge pour les rendements <10%.

Premièrement, il y a un facteur 10 entre la concentration des baies et celle des vins, le rendement moyen d'extraction entre toutes les variétés est de 9%. Il a déjà été montré que l'extraction des anthocyanes n'était pas corrélée à leur concentration dans les pellicules [19]. Cela pourrait expliquer leurs plus grandes proportions dans les baies par rapport aux vins.

Les variétés semblent être réparties en fonction de la présence ou non de diglucosides. En effet, dans un premier temps, nous retrouvons les variétés résistantes et possédant des diglucosides sur la droite de régression linéaire verte, correspondant à un rendement d'extraction supérieur à 10%. Par exemple, le Cabernet Cantor a un rendement d'extraction de 34,4%. Dans un second temps, les variétés traditionnelles et celles supposées adaptées à la sécheresse, toutes issues de *Vitis vinifera*, ainsi que les variétés Bouquet sont situées sur la droite de régression linéaire rouge correspondant aux rendements <10%. Dans ce cas, les rendements d'extraction sont plus bas comme pour le 3322 (2,8% d'extraction), le Petit Verdot (2%) ou encore le Touriga Nacional (3%).

Cependant, le Pinot est une variété traditionnelle possédant

un rendement d'extraction de 10.11%. Cela peut s'expliquer par sa composition particulière, quasi exclusivement composée d'anthocyanes glucosides, très solubles.

Cependant, d'autres facteurs que la composition en anthocyanes de la baie rentrent en jeu dans l'explication du rendement d'extraction. En effet, le Carignan et le G14 possèdent une composition similaire en anthocyanes, notamment dans les proportions d'anthocyanes coumaroylées et acétylées mais possèdent des rendements d'extraction très différents (respectivement 25,3% et 3,8%). Ces résultats peuvent s'expliquer par la composition intrinsèque des parois polysaccharidiques qui peuvent être différentes selon les variétés comme l'a montré Abi-Habib, (2021) [19] sur les variétés Grenache et Carignan. Le degré de maturité (respectivement 14% et 12% d'alcool en fin de fermentation) peut également conditionner l'état des parois cellulaires dans la pellicule [31, 32].

3. Conclusions et perspectives

Cette étude apporte un éclairage sur la diversité de compositions en anthocyanes des 34 modalités étudiées. La composition en anthocyanes des baies ne reflète pas la composition des vins. Il est donc nécessaire de prendre en compte les caractéristiques de la baie mais également du vin dans l'évaluation du potentiel œnologique des nouvelles variétés pour les sélections futures. En effet, les résultats ont démontré que les phénomènes d'extraction des anthocyanes durant la fermentation alcoolique sont complexes et dépendent de la structure des anthocyanes. Il n'est pas possible, pour toutes les variétés, d'anticiper la composition en anthocyanes d'un vin uniquement à partir de celle des baies. Pour compléter ce travail, une étude plus approfondie des mécanismes d'interaction qui régissent l'extraction des pigments des nouvelles variétés est en cours et une attention particulière sera portée aux polysaccharides. En effet, les anthocyanes sont des molécules réactives qui interagissent avec les autres molécules de leur environnement : protéines,

polysaccharides et autres polyphénols comme les tanins [33] ou même les levures [34]. Notamment, il serait intéressant d'évaluer les interactions entre les anthocyanes et les parois polysaccharidiques des cellules des pellicules. Des travauxont déjà montré l'impact significatif des parois et de leur composition sur l'extraction des anthocyanes et des tanins[19, 35, 36, 37, 38, 39]. Cependant, ces travaux se sont intéressés à des cépages issus uniquement de *Vitis vinifera*et peu se sont intéressés aux interactions entre les polysaccharides et les molécules d'intérêt des hybrides. Il serait donc intéressant de caractériser les parois des différentes nouvelles variétés, encore méconnues, et d'approfondir les connaissances sur leurs interactions avec les anthocyanes et les tannins comme commencé par Springer, 2014 [40]. Il s'agirait ensuite de relier ces données à la couleur des vins.

4. Références

1. OIV, 2021. https://www.oiv.int/public/medias/7880/oiv-state-of-the-vitivinicultural-world-2020-ppt.pdf
2. INAO, 2021 https://www.inao.gouv.fr/Nos-actualites/Les-varietes-d-interet-a-fin-d-adaptation-une- procedure-d-anticipation-pour-les-ODG-viticoles-qui-le-souhaitent
3. Chambre de l'Agriculture Occitanie, 2021 https://occitanie.chambre-agriculture.fr/productions-techniques/viticulture/agriscopie-2020-viticulture/
4. DRAAF Occitanie, 2024. https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/viticulture-du- bassin-languedoc-roussillon-agreste-dossier-no1-avril- 2024-a9027.html
5. R. Mira De Orduña, *Food Research International* **43**,1844–1855 (2010).
6. D. Ollé, J.L. Guiraud, J.M. Souquet, N. Terrier, A. Ageorges, V. Cheynier, C. Verries, *Aust J Grape Wine Res* **17**, 90–100, 2011.
7. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraînté alimentaire, 2013 https://agriculture.gouv.fr/le-plan- ecophyto-2018
8. G. Duley, A.T. Ceci, E. Longo, E. Boselli, E. *Comp Rev Food Sci Food Safe* 1541-4337.13155 (2023) doi:10.1111/1541-4337.13155.
9. V. Cheynier, *et al. Am J Enol Vitic.* **57**, 298–305 (2006).
10. S.D. Castellarin, *et al. Plant Cell & Environment* **30**,1381–1399 (2007).
11. A.R. Rinaldo et al., *Plant Physiol*. **169**, 1897-1916. (2015).
12. M.R. González-Centeno *et al. Biomolecules* **9**, 793 (2019).
13. M. Keller, in *The Science of Grapevines* 199–277 (2020).
14. K.A. Roubelakis-Angelakis, W.M. Kliewer, *Am JEnology and Viticulture* **37**, 275280 (1986)
15. D.O, Adams, *Am J Enol Vitic.* **57**, 249–256 (2006).
16. M.A. Ducasse et al. *45th OIV Congress* (2024).
17. OIV, 2022. https://www.oiv.int/fr/standards/recueil-des-methodes- d%E2%80%99analyse-des-vins-et-mouts/annex-a- methods-of-analysis-of-wines-and-musts/section-2- physical-analysis/chromatic-characteristics-%28type-iv%29
18. E. Abi-Habib et *al. J Sci Food Agric* **101**, 3257–3269(2021).
19. D. Flores et al. Methods and Protocols (2024).
20. R. Boulton, *Am J Enol Vitic.* **52**, 67–87 (2001).
21. C. Tampaktsi, et al. ,BIO Web Conf. 56, 02012 (2023).
22. E.P. Pérez-Álvarez, J.M. Martínez-Vidaurre, T. Garde-Cerdán, *J Sci Food Agric* **99**, 4833–4841 (2019).
23. R. Brouillard, B. Delaporte, J.E. Dubois, *J. Am.Chem.Soc.* **100**, 6202–6205 (1978).
24. Y. Glories, Connaissance Vigne Vin, **18**, N° 3, 195- 217 (1984).
25. P. Ribéreau-Gayon, (1982). In : P. Markakis (Anthocyanins as food colors). New York: Academic Press.
26. L.W. Wulf, C.W. Nagel, *Am J Enology and Viticulture*, **29**, 42-49 (1978)
27. T. Castia, *et al. Sci. Aliments*, **12**, 239-255 (1992). [29]L. Jánváry *et al. J. Agric. Food Chem.* **57**, 3512–3518(2009).
28. D.Fournand *et al. J. Agric. Food Chem.* **54**, 7331–7338 (2006).
29. A. Vicens *et al. J. Agric. Food Chem.* **57**, 2955–2960(2009).
30. G. Garrido-Bañuelos, A. Buica, W. Du Toit, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **62**, 7743–7759 (2022).
31. C. Le Bourvellec, M.C. Renard. *Critical Reviews inFood Science and Nutrition* **52**, 213–248 (2012).
32. J.C Boulet, A. Vernhet, C. Poncet-Legrand, V. Cheynier, T. Doco, *OENO One* **58**, (2024)
33. E. Abi-Habib, *et al. J Sci Food Agric* **102**, 3379–3392(2022).
34. K.A. Bindon, S. Li., S. Kassara, P.A. Smith, *J. Agric.Food Chem.* **64**, 8406–8419 (2016).

35. J.C. Boulet, *et al. Food Chemistry* **406**, 135023 (2023).

36. G. Scalzini, *et al. Food Hydrocolloids* **149**, 109605(2024).

37. A.A. Watrelot, C. Le Bourvellec, A. Imberty,

38. C.M.G.C. Renard. *Biomacromolecules* **14**, 709–718(2013).

39. L.F. Springer, G.L. Sacks, *J. Agric. Food Chem.* **62**,7515–7523 (2014).