

Anthocyanes libres des vins, une analyse pour différencier des cépages suisses

Pierre-Léonard ZAFFALON¹, Ágnes DIENES-NAGY¹, Danielle NARDONE¹, Frédéric VUICHARD¹, Carole KOESTEL², Johannes RÖSTI² et Fabrice LORENZINI¹

¹Agroscope, Institut des sciences en denrées alimentaires IDA, 1260 Nyon

²Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1260 Nyon

Renseignements: Ágnes Dienes-Nagy, e-mail: agnes.dienes-nagy@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 460 43 34, www.agroscope.ch



Introduction

Les couleurs rouge et bleue des fruits ou des fleurs proviennent souvent des anthocyanes ou anthocyanines (du grec *anthos* fleur et *kyanos* bleu), une classe de molécules produites par la plante. Chimiquement, celles-ci font partie de la famille des flavonoïdes, une sous-classe des polyphénols, qui sont des composés benzéniques comportant des groupes hydroxyles (fig. 1; Bueno *et al.* 2012). Les anthocyanes sont en général liées à un ou plusieurs sucres, ce qui augmente leur stabilité et leur solubilité. L'intensité et la couleur dépendent des substituants R (tabl.1): les groupements méthoxy- (-OCH₃) augmentent la couleur rouge tandis

que les groupements OH favorisent le bleu. La couleur est rarement due à une anthocyanine particulière, les raisins rouges en contiennent quatre à seize types suivant la variété (Bueno *et al.* 2012; Scotter 2011). Dans les cépages européens (*Vitis vinifera*), seules les anthocyanes monoglucosylées et monoglucosylées acylées avec l'acide acétique, l'acide coumarique ou l'acide caféique ont été identifiées (Ribereau-Gayon *et al.* 2004).

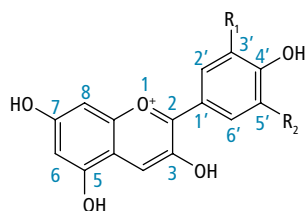


Figure 1 | Structure chimique d'une anthocyanidine typique du vin. Les substituants R₁ et R₂ sont définis dans le tableau 1. Le glucose se lie en position 3.

Tableau 1 | Structure et couleur des anthocyanes les plus répandues dans les raisins

Anthocyanidine	R ₁	R ₂	λ _{max} (R ₃ = H)	λ _{max} (R ₃ = glucose)	Couleur
Delphinidine	OH	OH	546	541	rose
Pétunidine	OH	OCH ₃	543	540	violet
Malvidine	OCH ₃	OCH ₃	542	538	rouge-violet
Cyanidine	OH	H	535	530	rouge
Péonidine	OCH ₃	H	532	528	bleu-violet

λ_{max} = longueur d'onde maximale du spectre UV de la substance dans une solution MeOH-HCl (0,01 %).

Dans les vins, la concentration et le type d'anthocyanes dépendent de nombreux facteurs, comme la variété des raisins, la maturité, le climat, le terroir ou le type de vinification (Burns *et al.* 2002, Soares de Andrade *et al.* 2013).

Malgré ces variations, il est admis que les anthocyanes peuvent servir de marqueurs chimiotaxonomiques pour les cépages (Ottender *et al.* 2004). En dosant différentes anthocyanes libres dans les vins par HPLC-UV, on peut établir le profil d'un cépage. Plusieurs études ont décrit l'utilisation du profil d'anthocyanes à des fins de classification des vins selon les cépages (Berente *et al.* 2000, Gómez-Ariza *et al.* 2006, Dimitrovska *et al.* 2013) ou pour un même cépage cultivé dans des régions à conditions climatiques différentes (Soares de Andrade *et al.* 2013). Cependant, l'application de cette méthodologie pour la détection de fraudes est contestée par certains auteurs (Burns *et al.* 2002), car de nombreux paramètres comme l'âge du vin, la façon de vinifier ou le terroir peuvent influencer le résultat.

Notre étude a permis d'établir le profil d'anthocyanes de différents cépages cultivés en Suisse à partir des vins produits par Agroscope et d'utiliser ces profils pour la classification des vins selon les cépages, afin de déterminer le potentiel et les limitations de cette méthodologie pour les vins suisses.

Matériel et méthodes

Echantillons

Pour cette étude, 106 vins issus des études viticoles conduites par Agroscope ont été utilisés. Le mode de culture, la provenance et le cépage de chaque échantillon sont indiqués dans le tableau 2.

Vinification

La vinification des essais suit un protocole standardisé. La vendange est égrappée, foulée et sulfitée (50 mg/l) lors de l'encuvage. Les essais sont levurés à 20 g/hl (Zymaflore® FX10) et chaptalisés si nécessaire pour atteindre 93 °Oe. L'extraction des composés phénoliques est favorisée par un pigeage journalier et le cuvage dure entre cinq et dix jours. Le décuvage et le pressurage coïncident généralement avec la fin de la fermentation alcoolique. Les lies sont éliminées par centrifugation. Un ensemencement en bactéries lactiques (1 g/hl, Viniflora® Oenos) garantit le départ de la fermentation malolactique. Les vins sont ensuite stabilisés chimiquement (sulfitage 50 mg/l) et physiquement (stabilisation tartrique par passage au froid) avant d'être filtrés. Une filtration fine précède la mise en bouteille. Les analyses sont effectuées sur les bouteilles au plus tard deux mois après la mise.

Résumé La couleur des vins rouges provient des anthocyanes, une classe de molécules principalement situées dans la pellicule du raisin. Dans celle-ci, une dizaine d'anthocyanes différentes existent sous forme libre, stabilisées en général par une molécule de sucre. La quantité totale de ces colorants peut être déterminée avec un spectrophotomètre en mesurant l'absorption à 520 nm dans l'extrait du raisin, afin de déterminer par exemple sa maturité phénolique. Grâce à des techniques de séparation comme la chromatographie, ces différentes anthocyanes libres peuvent aussi être caractérisées afin d'établir le profil d'un raisin ou d'un vin. Dans cette étude, des vins des principaux cépages rouges cultivés en Suisse (Pinot noir, Gamay, Gamaret, Merlot, Cornalin, Humagne rouge, Galotta) ont été analysés et leurs profils d'anthocyanes ont été établis. Les résultats montrent le potentiel et les limites de l'utilisation de ces profils pour la différenciation des vins.

Analyse totale des anthocyanes libres (AL)

La quantification totale des anthocyanes libres dans le vin est effectuée selon la méthode Puissant-Léon en utilisant un analyseur séquentiel équipé d'un spectrophotomètre qui mesure l'absorbance à 520 nm (Ribeireau-Gayon *et al.* 1972).

Tableau 2 | Cépage et provenance des raisins utilisés pour l'élaboration des vins étudiés

Cépage	Domaine	Nombre d'échantillons
Cornalin	Chamoson (VS)	6
Gamaret	Begnins (VD)	2
	Blonay (VD)	2
	Changins (VD)	2
	Pully (VD)	2
	Villeneuve (VD)	2
Galotta	Changins (VD)	1
	Pully (VD)	2
Gamay	Leytron (VS)	2
	Pully (VD)	6
Humagne rouge	Leytron (VS)	10
Pinot noir	Chamoson (VS)	3
	Leytron (VS)	5
	Pully (VD)	13
	Stäfa (ZH)	15
Merlot	Cugnasco (TI)	7 + 6 passerillés
	Gudo (TI)	20
Total		106

Analyse des AL par HPLC

L'analyse HPLC a été effectuée selon la méthodologie publiée par l'Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV) (Résolution OENO 2007), avec quelques modifications. Une colonne Agilent Eclipse Plus RP C18 (4,6 mm x 50 mm, 1,8 µm) a été utilisée avec les solvants: A: H₂O/HCOOH/CH₃CN 88:10:2 (v/v/v), B: H₂O/HCOOH/CH₃CN 2:10:88 (v/v/v). Le débit du solvant est fixé à 2 ml/min pendant le temps de l'analyse. Le cycle commence avec 2 min d'équilibrage avec 100 % de solvant A avant l'injection, puis 0,2 min après l'injection, le pourcentage de solvant B augmente progressivement pour atteindre 40 % à 5 min. Entre 5,2 et 6 min, le pourcentage de solvant B passe de 40 à 100 % et le cycle s'arrête à 6 min. La détection s'effectue avec un détecteur à barrettes de diodes dont la longueur d'onde est fixée à 520 nm.

Les données ont été acquises via le logiciel Chromeleon 7.1 de la société Thermo Scientific, puis traitées avec le programme statistique XLStat (version 2014.2.07).

Résultats et discussion

La concentration en anthocyanes dans les raisins atteint un maximum lors de la maturité phénolique, les anthocyanes libres (ou monomères) devenant ensuite peu stables dans le vin et tendant à s'oxyder et à se combiner avec d'autres molécules, ce qui diminue leur concentration (He *et al.* 2012).

Comme la méthodologie étudiée ici se focalise sur la concentration en anthocyanes libres, l'évolution de la forme libre vers les formes polymérisées doit être

prise en compte. Pour cette raison, seuls des vins du millésime 2013 fraîchement mis en bouteille sont utilisés dans cette étude.

Concentration totale en anthocyanes libres dans différents cépages

Les valeurs moyennes des concentrations totales en anthocyanes libres des cépages étudiés sont présentées dans la figure 2. Les vins de Pinot noir présentent les valeurs les plus basses, autour de 350 mg/l malvidine-3-O-glucoside équivalent. Les autres cépages traditionnels montrent des concentrations similaires proches de 500 mg/l; en ordre croissant, Humagne rouge, Gamay, Merlot et Cornalin figurent dans ce groupe. Les cépages issus du programme de sélection d'Agroscope (Gamaret, Galotta) contiennent significativement plus d'anthocyanes.

Profil des anthocyanes libres (AL)

La méthode utilisée dans cette étude a permis d'établir un profil des anthocyanes libres par séparation et quantification des mono-glucosides d'anthocyanidines: delphinidine, cyanidine, pétunidine, péonidine et malvidine, ainsi que leurs formes acétylées et coumarylées. En l'absence de standard et de technique de caractérisation (spectrométrie de masse), les anthocyanes acétylées et coumarylées n'ont pas pu être identifiées individuellement et ont donc été quantifiées comme des groupes de pics selon la méthodologie de l'OIV (OIV 2007).

Les chromatogrammes de la figure 3 donnent un aperçu des profils. Le pic le plus élevé correspond à la malvidine-3-O-glucoside chez le Gamay et le Galotta, mais ceci vaut également pour tous les cépages européens de type *Vitis vinifera*. Les autres anthocyanes monoglucosylées, les acétylées et les coumarylées sont présentes dans des proportions plus ou moins importantes. Le tableau 3 présente les proportions des anthocyanes libres, exprimées en pourcentage de la surface du pic de l'anthocyane choisie par rapport à la surface totale des pics d'anthocyanes libres. L'utilisation des pourcentages permet de se concentrer sur le profil d'anthocyanes et d'éliminer l'effet de la concentration, qui ne dépend pas que du cépage mais d'autres facteurs comme la maturité du raisin, la taille des baies ou la vinification et le lieu de production.

La proportion de malvidine-3-O-glucoside est la plus élevée dans le Pinot noir (82 %) et la plus basse dans le Galotta (48 %). Une autre particularité du Pinot noir est qu'il ne contient pas d'anthocyanes acétylées et coumarylées dans les concentrations détectables, comme déjà indiqué dans la littérature (Burns *et al.* 2002).

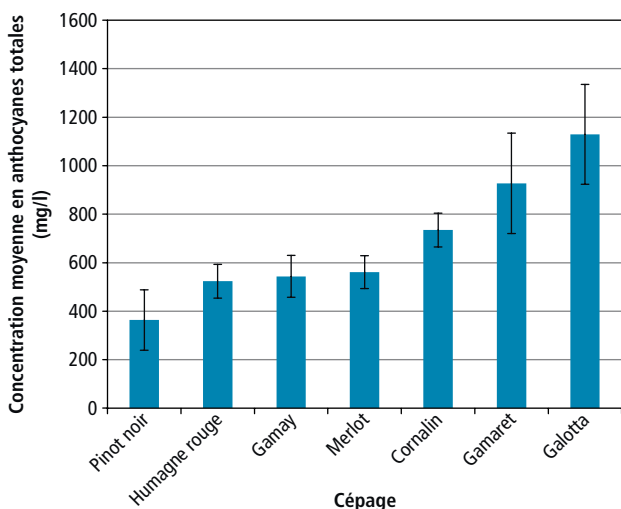


Figure 2 | Concentrations moyennes (mg malvidine-3-O-glucoside équivalent/l) en anthocyanes totales mesurées dans les vins issus de cépages rouges cultivés en Suisse et vinifiés à Agroscope.

Classification des cépages par chémométrie

Une première analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée après l'analyse HPLC de 100 vins différents et le calcul du pourcentage des aires des sept types d'anthocyanes présents. Ainsi, une grande différence apparaît entre le Galotta et les six autres cépages, due aux pourcentages élevés de delphinidine-3-O-glucoside, pétunidine-3-O-glucoside, cyanidine-3-O-glucoside et des anthocyanes acétylées qui diminuent fortement le taux de malvidine-3-O-glucoside. Compte tenu de cette différence, le Galotta a été retiré des données pour les classifications suivantes.

La nouvelle analyse ACP permet de distinguer entre eux la plupart des cépages (Pinot noir, Gamay, Gamaret, Humagne rouge), mais avec une séparation moins évidente que le Galotta (fig. 4). La discrimination des cépages s'est effectuée sur l'axe F1 (67 %) par le pourcentage d'aire de malvidine-3-O-glucoside dans le sens positif et par les delphinidine-3-O-glucoside, pétunidine-3-O-glucoside, cyanidine-3-O-glucoside et antho-

cyanes acétylées et coumarylées dans le sens négatif. Sur l'axe F2 (18 %), le pourcentage de péonidine-3-O-glucoside est le facteur principal, suivi du taux de pétunidine-3-O-glucoside.

Le Pinot noir, le Gamay et le Gamaret se trouvent du même côté de l'ACP avec des pourcentages en malvidine-3-O-glucoside plus élevés que les autres cépages. Si ces trois cépages forment des groupes caractéristiques, on distingue deux sous-ensembles à l'intérieur de ces groupes, différenciés par le pourcentage de péonidine- et pétunidine-3-O-glucoside. Dans les trois cas, il s'agit vraisemblablement d'un effet de terroir. Les Pinot noir de Stäfa sont séparés de ceux de Chamoison, Leytron et Pully. Par contre, l'ACP ne permet pas de différencier ces trois derniers terroirs. Il faut noter aussi que l'effet terroir semble primer sur l'effet variété clonale car les échantillons de Stäfa, bien qu'issus de différents clones de Pinot noir, forment cependant un groupe compact. Les Gamay de Leytron diffèrent de ceux de Pully, tandis que les Gamaret de Begnins et

Tableau 3 | Profils d'anthocyanes des vins selon les cépages: moyenne des pourcentages (écart-type) des sept anthocyanes libres mesurés par HPLC-UV

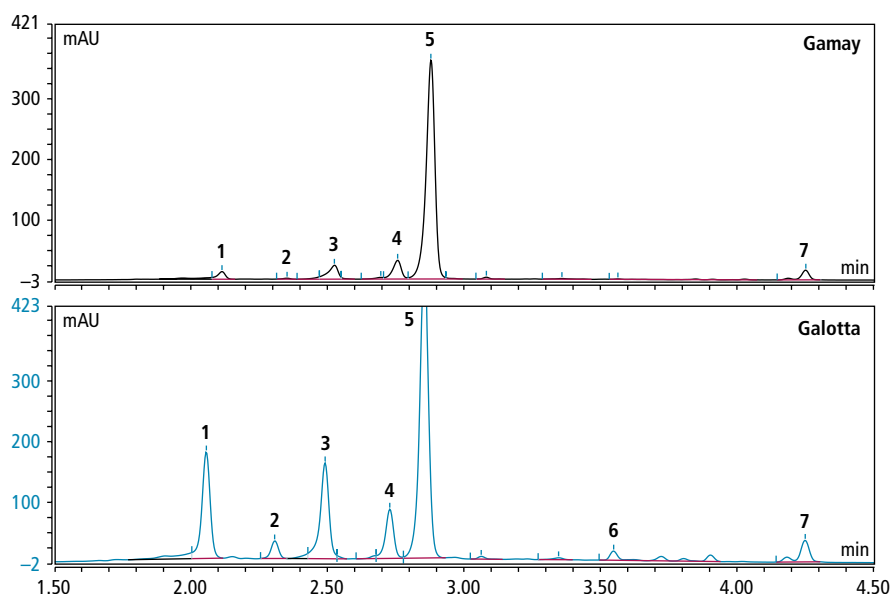
	Delphinidine 3-O-glucoside	Cyanidine 3-O-glucoside	Pétunidine 3-O-glucoside	Péonidine 3-O-glucoside	Malvidine 3-O-glucoside	Anthocyanes acétylées	Anthocyanes coumarylées
Gamay	3,0 (0,5)	0,3 (0,1)	6,4 (0,7)	7,8 (1,2)	78,8 (2,1)	0,5 (0,1)	3,2 (0,4)
Pinot noir	2,2 (1,0)	0,1 (0,2)	6,7 (1,8)	8,4 (2,7)	82,5 (3,3)	n. d.	n. d.
Merlot	7,6 (1,2)	1,4 (0,4)	10,9 (1,4)	9,1 (1,4)	63,9 (3,4)	2,1 (0,3)	5,0 (0,4)
Humagne rouge	7,5 (0,9)	0,3 (0,1)	11,9 (0,9)	5,8 (0,8)	68,9 (3,5)	1,3 (1,1)	4,3 (2,2)
Gamaret	2,6 (0,7)	0,6 (0,2)	5,6 (0,9)	13,9 (3,4)	70,9 (2,9)	1,0 (0,2)	5,4 (0,9)
Cornalin	11,9 (0,8)	1,8 (0,2)	12,1 (0,2)	11,6 (0,6)	58,5 (2,1)	1,1 (0,2)	3,0 (0,3)
Galotta	16,0 (3,0)	3,0 (1,5)	14,9 (1,6)	8,2 (1,6)	48,0 (2,6)	6,0 (5,0)	3,9 (0,6)

n. d. = non détectable.

Figure 3 | Chromatogrammes des anthocyanes libres de vins des cépages Gamay et Galotta.

Les molécules détectées sont:

- 1: delphinidine-3-O-glucoside,
- 2: cyanidine-3-O-glucoside,
- 3: pétunidine-3-O-glucoside,
- 4: péonidine-3-O-glucoside,
- 5: malvidine-3-O-glucoside,
- 6: anthocyanes acétylées,
- 7: anthocyanes coumarylées.



Changins sont distincts de ceux de Blonay, Pully et Villeneuve. Ces observations doivent être validées ces prochaines années car les raisins de Begnins et Changins ont été durement touchés par la grêle du 20 juin 2013, ce qui a peut-être modifié leur composition en anthocyanes.

De l'autre côté de l'ACP, les Humagne rouge forment un large groupe, que distinguent cependant leurs faibles teneurs en cyanidine- et péonidine-3-O-glucoside. Le terroir est identique pour tous les échantillons de ce cépage (Leytron).

Le Merlot et le Cornalin, en revanche, ne peuvent pas être séparés par l'ACP, en dépit du groupe assez compact que forme le Cornalin. Les échantillons de Merlot se répartissent sur une grande surface, ce qui indique une grande variabilité dans le profil d'anthocyanes. Contrairement au Pinot noir et au Gamay, l'effet du terroir (Gudo et Cugnasco) n'est pas perceptible chez le Merlot.

Le profil du Pinot noir étant très spécifique (anthocyanes de forme monoglucosylée uniquement), une séparation plus marquée était attendue dans l'ACP.

Figure 4 | Analyse en composantes principales (ACP) des résultats des profils d'anthocyanes libres des vins jeunes sans les échantillons de Galotta.

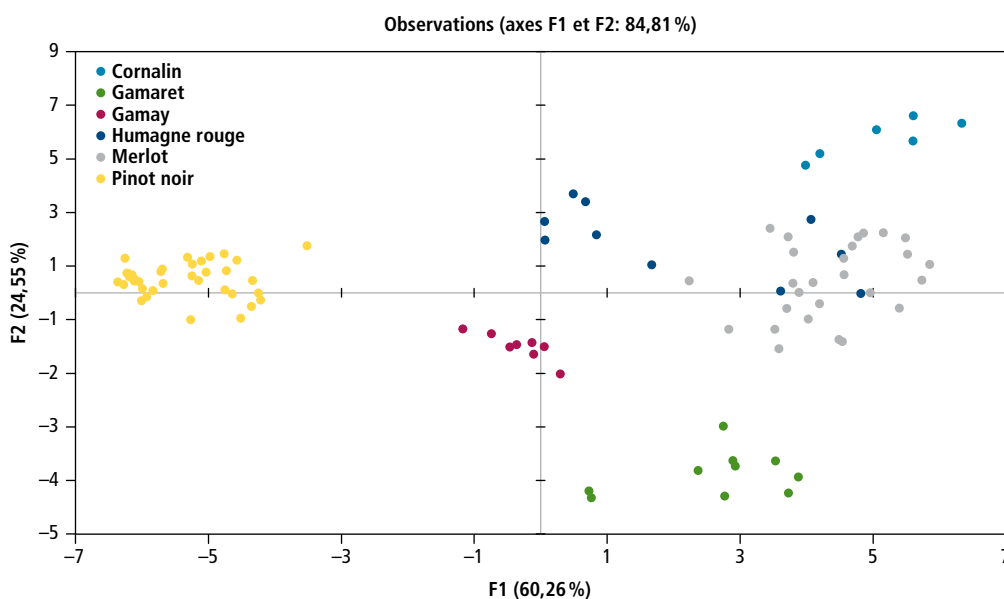
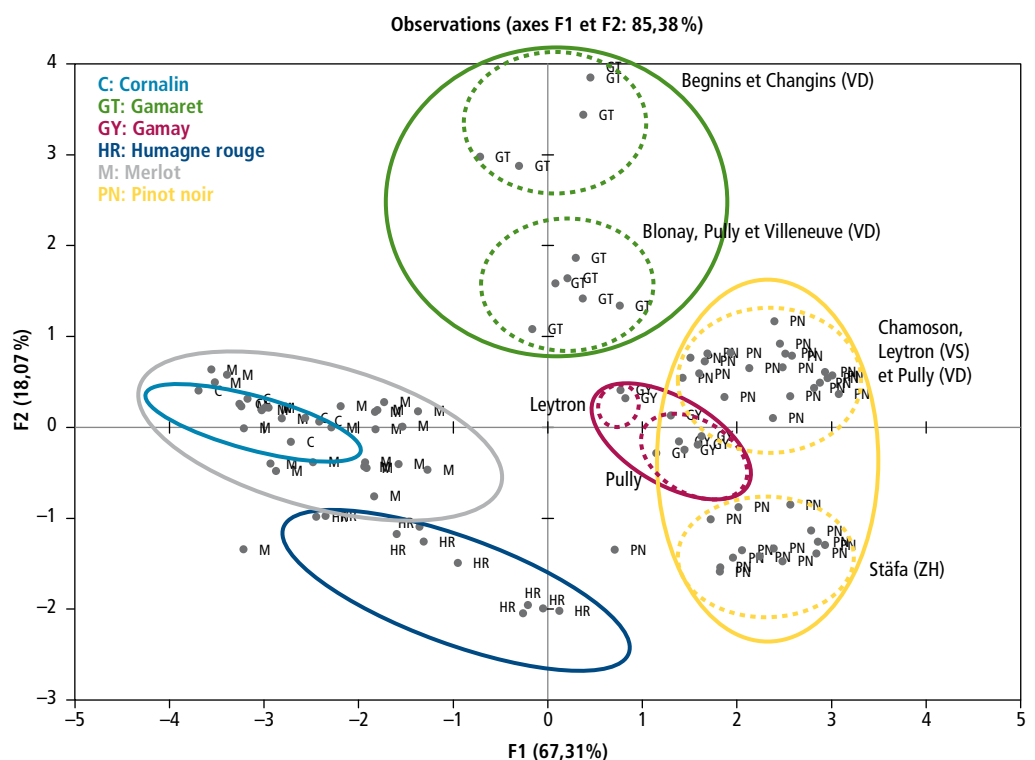


Figure 5 | Analyse factorielle discriminante (AFD) des résultats des profils d'anthocyanes libres des vins jeunes sans les échantillons de Galotta.

Pour accentuer la différenciation des cépages, une analyse discriminante a été réalisée sur ces mêmes vins (fig. 5). La distinction entre les Pinot noir, Gamay, Gamaret et Cornalin s'est améliorée tandis que les Humagne rouge ont toujours tendance à se confondre avec le groupe des Merlot. On peut donc conclure que le profil d'anthocyanes ne permet pas de différencier ces deux cépages en 2013, en admettant que cette classification pourrait s'avérer différente d'un millésime à l'autre, ce qui reste à vérifier.

Facteurs influençant le profil d'anthocyanes d'un vin

Les vinifications utilisées pour cette étude étaient relativement uniformes, ce qui a permis de différencier les cépages selon leurs profils. Cependant, les vins de Merlot issus de raisins passerillés (dont les grappes récoltées ou coupées ont été volontairement séchées pour concentrer les sucres avant la vinification) montrent un profil significativement différent de ceux issus de raisins non passerillés (tabl. 4). Ceci montre une première restriction de cette méthode de classification, mais une deuxième, très importante, est l'âge du vin. Des études préliminaires ont permis de voir qu'en un an, le profil d'un vin évolue significativement. Par exemple, dans des bouteilles de Pinot noir de 2012 apparaissent des anthocyanes acétylées qui sont absentes dans les vins jeunes. Or, celles-ci constituent

justement une des principales variables de discrimination de ce cépage. Dimitrovska *et al.* (2013) évoquent précisément ce changement de concentration et de composition des anthocyanes libres comme une source possible d'erreur dans leur étude de comparaison de vins balkaniques.

Conclusions

- La comparaison des profils des anthocyanes libres peut être un outil pour différencier des vins suisses jeunes (deux à six mois) selon le critère du cépage. Toutefois, certains cépages comme le Merlot et l'Humagne rouge ne peuvent pas être distingués par cette méthode.
- Cette technique ne fournit qu'une différenciation qualitative des cépages et ne permet, en aucun cas, d'obtenir des résultats quantitatifs pouvant être exploités dans des cas de mélange notamment.
- L'analyse montre un effet terroir avec les Pinot noir, Gamay et Gamaret, sans pour autant masquer les différences entre les cépages. L'effet du clone est aussi moins important que celui du terroir.
- La présence de vins plus âgés (> un an) ou des vinifications spéciales (passerillage) peuvent avoir une influence sur la classification des vins selon les profils d'anthocyanes libres. ■

Tableau 4 | Profils d'anthocyanes de vins de Merlot issus d'une vendange classique ou passerillée : moyenne des pourcentages (écart-type) des sept anthocyanes libres mesurées par HPLC-UV

	Delphinidine 3-O-glucoside	Cyanidine 3-O-glucoside	Pétunidine 3-O-glucoside	Péonidine 3-O-glucoside	Malvidine 3-O-glucoside	Anthocyanes acétylées	Anthocyanes coumarylées
Merlot classique	7,6 (1,2)	1,4 (0,4)	10,9 (1,4)	9,1 (1,4)	63,9 (3,4)	2,1 (0,3)	5,0 (0,4)
Merlot passerillé	12,3 (0,8)	1,8 (0,2)	11,9 (0,4)	11,8 (0,5)	57,9 (1,9)	1,4 (0,1)	2,9 (0,3)

Remerciements

Tous les collaborateurs des groupes de recherche viticulture et œnologie qui ont participé à la production des vins utilisés dans cette étude sont vivement remerciés pour leur collaboration.

Bibliographie

- Berente B., De la Calle García D., Reichenbacher M. & Danzer K., 2000. Method development for the determination of anthocyanins in red wines by high-performance liquid chromatography and classification of German red wines by means of multivariate statistical methods. *J. Chrom. A* **871** (1-2), 95–103.
- Bueno J. M., Sáez-Plaza P., Ramos-Escudero F., Jiménez A. M., Fett R. & Asuero A. G., 2012. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. *Crit. Rev. Anal. Chem.* **42** (2), 126–151.
- Burns J., Mullen W., Landrault N., Teissedre P.-L., Lean M. E. J. & Crozier A., 2002. Variations in the profile and content of anthocyanins in wines made from Cabernet Sauvignon and hybrid grapes. *J. Agric. Food Chem.* **50** (14), 4096–4102.
- Dimitrovska M., Tomovska E. & Bocevska M., 2013. Characterisation of Vranec, Cabernet Sauvignon and Merlot wines based on their chromatic and anthocyanin profiles. *J. Serb. Chem. Soc.* **78** (9), 1309–1322.
- Gómez-Ariza J. L., García-Barrera T. & Lorenzo F., 2006. Anthocyanins profile as fingerprint of wines using atmospheric pressure photoionization coupled to quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Anal. Chim. Acta* **570** (1), 101–108.
- He F., Liang N.-N., Mu L., Pan Q.-H., Wang J., Reeves M. J. & Duan C.-Q., 2012. Anthocyanins and their variation in red wines I. Monomeric anthocyanins and their color expression. *Molecules* **17** (2), 1571–1601. ➤

Summary

Free anthocyanins of wine, an analysis to differentiate Swiss grape varieties

The red wine color is due to anthocyanins, a class of molecules mainly found in grape skin. About ten different anthocyanins are present in grapes in their free forms, stabilized usually by a molecule of sugar. The total amount of those pigments may be determined with a spectrophotometer by measuring the absorption at 520 nm in grape extracts, for instance in order to know its phenolic maturity. Thanks to separation techniques like chromatography, those different free anthocyanins may also be characterized to establish the profile of a grape or a wine. In this study, wines made from the main red grape varieties cultivated in Switzerland (Pinot noir, Gamay, Gamaret, Merlot, Cornalin, Humagne rouge, Galotta) were analyzed and their anthocyanin profiles established. The results show the potential and the limits of the use of such profiles for the wine differentiation.

Key words: anthocyanin composition profiles, wine, grape variety, HPLC-UV, chemometrics.

Zusammenfassung

Freie Anthocyane im Wein, eine Analyse zur Unterscheidung von Schweizer Rebsorten

Die Farbe des Rotweins wird durch Anthocyane bestimmt, eine Gruppe von Molekülen, die sich hauptsächlich in der Traubenhaut befindet. Sie besteht aus ungefähr zehn verschiedenen Anthocyanen in freier Form, welche im allgemeinen mit einem Zuckermolekül stabilisiert sind. Die Gesamtmenge dieser Farbstoffe kann mit einem Fotospektrometer bestimmt werden, indem die Absorption eines Traubenextrakts bei 520 nm gemessen wird, um beispielsweise seine phenolische Reife zu ermitteln. Dank Trennmethoden wie der Chromatographie, können diese verschiedenen freien Anthocyane charakterisiert werden, um ein Profil der Trauben oder des Weins zu erstellen. In dieser Studie wurden Weine aus Schweizer Hauptsorten (Blauburgunder, Gamay, Gamaret, Merlot, Cornalin, Humagne rouge, Galotta) untersucht und ihr Anthocyanprofil erstellt. Die Resultate veranschaulichen das Potential und die Grenzen dieser Profile zur Unterscheidung der Weine.

Riassunto

Antociani liberi dei vini, un'analisi per differenziare i vitigni svizzeri

Il colore dei vini rossi proviene dagli antociani, una classe di molecole che si trova essenzialmente nell'epidermide degli acini. In questa vi si trovano una decina di diversi antociani in forma libera stabilizzati, in generale, da una molecola di zucchero. La quantità totale di questi coloranti può essere determinata con uno spettrofotometro misurando l'assorbimento a 520 nm nell'estratto dell'uva in modo da determinare, per esempio, la sua maturità fenolica. Grazie a delle tecniche di separazione come la cromatografia è anche possibile caratterizzare questi diversi antociani liberi per stabilire il profilo di un'uva o di un vino. In questo studio sono stati analizzati dei vini ottenuti dai principali vitigni rossi coltivati in Svizzera (Pinot noir, Gamay, Gamaret, Merlot, Cornalin, Humagne rouge, Galotta) definendone i loro profili antocianici. I risultati mostrano il potenziale e i limiti dell'uso di questi profili per la differenziazione dei vini.

- Organisation internationale du vin et de la vigne (OIV), 2007. Résolution OENO 22/2003 modifiée par OENO 12/2007, 1–12.
- Ottenerer H., Marx R. & Zimmer M., 2004. Analysis of the anthocyanin composition of Cabernet Sauvignon and Portugieser wines provides an objective assessment of the grape varieties. *Aust. J. Grape Wine Res.* **10** (1), 3–7.
- Ribereau-Gayon J., Ribereau-Gayon P., Peynaud E. & Sudraud P., 1972. Dosage des anthocyanes dans les vins rouges. *Science et Technique du Vin*. Tome 1, 497–499.
- Ribereau-Gayon P., Glories Y., Maujean A. & Dubourdieu D., 2004. *Traité d'œnologie 2. Chimie du vin. Stabilisation et traitement*, Dunod, Paris, 184 p.
- Scotter M. J., 2011. Methods for the determination of European Union-permitted added natural colours in foods: a review. *Food Addit. Contam.* **28** (5), 527–596.
- Soares de Andrade R. H., Do Nascimento L. S., Pereira G. E., Hallwass F. & Paim A. P. S., 2013. Anthocyanin composition of Brazilian red wines and use of HPLC-UV-Vis associated to chemometrics to distinguish wines from different regions. *Microchem. J.* **110**, 256–262.