

SYSTEME DE DETERMINATION RAPIDE ET INNOVANT DES POLYPHENOLS DIRECTEMENT AU VIGNOBLE

Emilio CELOTTI ¹, Giuseppe CARCERERI DE PRATI ², Susi SOLDERA ¹

¹ Dipartimento di Scienze degli Alimenti – Università degli Studi di Udine emilio.celotti@uniud.it

² Caeleno srl, Calmiero, Verona, Italy, info@caeleno.it

Communication orale présentée à INTERVITIS 2007, VIII symposium Internationall TECHNOLOGIE EN VITICULTURE, 20-22 AVRIL 2007 Stuttgart, Allemagne

Introduction

La détermination du contenu en anthocyanes et en tanins dans les baies de raisin au cours de la maturation permet d'en suivre l'évolution et de classer les vignobles et les parcelles en fonction de leur composition phénolique (Cayla et al., 2002 ; Celotti et Carcereri, 2000 ; Dambergs et al., 2006 ; Di Stefano et al., 2000). La maturité phénolique correspond à l'obtention simultanée d'un potentiel important de pigments dans la baie et d'une bonne capacité de ces derniers à se diffuser dans le vin.

Les méthodes d'analyse des polyphénols du raisin se répartissent entre analyses qualitatives et analyses quantitatives, selon le résultat visé. Ces deux types d'analyses peuvent elles-même se diviser en deux classes : les méthodes de laboratoire classiques, très laborieuses et longues, et les nouvelles méthodes, dont l'objectif est d'apporter des résultats très rapidement.

Parmi les méthodes traditionnelles se trouvent les méthodes de quantification post-extraction (Di Stefano et al., 2001; Glories et Augustin, 1993; Mattivi et al., 2003; Peyron, 1998).

La mesure de l'absorbance à 280 nm semble préférable à l'indice de Folin-Ciocalteu pour sa rapidité et sa reproductibilité. La méthode proposée par Glories consiste à extraire les anthocyanes des pellicules, d'une part en conditions douces (pH proche vin) et d'autre part en conditions plus drastiques (acidité élevée). La différence entre les résultats obtenus selon les différentes conditions d'extraction est un indice de la fragilité de la cellule, dont dépend l'extraction des pigments au cours de la macération.

Certains auteurs ont proposé d'autres méthodes permettant d'obtenir une estimation plus fiable du potentiel anthocyanique et polyphénolique des baies (Di Stefano *et al.*, 2000; Mattivi *et al.*, 2003).

Afin de réduire les durées d'analyse et d'extraction, certains auteurs ont proposé de soumettre les baies à un traitement direct aux microondes (Fiorini *et al.*, 2005). D'autres essais prévoient une micromacération des baies en solution acide hydroalcoolique pendant une heure, à température ambiante avec agitation périodique. La solution est ensuite centrifugée ou filtrée sur laine de verre et il est procédé à la détermination, sur vin clair, des polyphénols totaux et des anthocyanes avec des méthodes spectrophotométriques (Cayla *et al.*, 2002)

Une méthode rapide permettant de fournir un indice du potentiel polyphénolique de la baie est également disponible; cette méthode est appliquée au moment où la matière première arrive à la cave. Ce système permet de classer les baies rouges en quelques secondes, selon leur contenu en polyphénols, à l'aide d'un système de détermination de la réflectance diffuse d'un échantillon de moût trouble, recueillie lors de l'entrée de la matière première en cave (Celotti et Carcereri, 1999; Celotti et Carcereri, 2000; Celotti et Carcereri, 2005; Celotti *et al.*, 2001).

Depuis peu, une technique de laboratoire est également disponible permettant, par la détermination rapide de la réflectance diffuse des baies de raisin foulées, de réaliser des courbes de maturation très rapidement, en excluant les phases d'extraction ; seul un indice polyphénolique global pouvant être utilisé pour établir des courbes de maturation (Celotti *et al.*, 2007) est obtenu.

Venencie *et al* 1997 ont mis au point une méthode d'analyse des composés phénoliques des baies qui prévoit la séparation des pellicules et des pépins et l'extraction des polyphénols à partir des

pellicules uniquement, avec une solution hydroalcoolique à 12% et une solution de 5g/L d'acide tartrique à pH de 3,6, simulant les conditions d'extraction lors de la vinification.

Divers auteurs ont proposé des méthodes prévoyant l'extraction, la purification et l'analyse successive par HPLC des différents composés phénoliques, avec des durées d'analyse oscillant entre 15 et 70 minutes (Merkem et Beecher, 2000 ; Jawroski et Lee, 1987).

Une approche plus récente prévoit l'utilisation des informations obtenues avec le spectre infrarouge pour obtenir rapidement les mêmes informations que celles obtenues avec les méthodes d'analyse en laboratoire plus laborieuses (Baugmartner et al., 2001 ; Belton et al., 1995 ; Damberg et al., 2003 ; Desseigne, 2005 ; Desseigne et al., 2003 ; Dubernet et al., 2001 ; Dubernet et al., 2004 ; Grandjean et al., 2004 ; Patz et al., 1999 ; Rousseau et al., 2002).

A partir de l'expérience que l'ICV a acquise sur les vins, cet institut a mis au point une méthode basique d'analyse sensorielle des baies, facile à s'approprier, rapide et utile surtout en fin de maturation, lorsque que l'accumulation des sucres ralentit et que le potentiel aromatique et phénolique évolue rapidement (Rousseau et Delteil, 2000).

Les nombreuses méthodes de laboratoire qui déterminent la maturité phénolique sont précises et quantitatives ; elles présentent néanmoins le désavantage d'exiger beaucoup de travail et de ne pas être suffisamment rapides pour que les données analytiques puissent être utilisées en temps réel. Au cours des dernières années, nous avons assisté à un développement considérable des méthodes analytiques en laboratoire pour analyser les polyphénols des baies rouges. Pour une évaluation en ligne ou au vignoble, il n'y a cependant pas eu de grandes avancées.

Au cours de la recherche présentée ici, un système spectroscopique portable innovant a été développé et réalisé pour le contrôle du potentiel phénolique des baies rouges, directement au vignoble. L'objectif est de mettre à disposition des opérateurs viti-vinicoles un outil de travail capable d'offrir en peu de temps des informations permettant de gérer la qualité du vignoble, en vue d'optimiser la technique de macération et la gestion de la plante. La finalité de ce travail est également la recherche d'un paramètre qualitatif rapide, peu onéreux, permettant d'estimer le potentiel phénolique total des baies, sans avoir à recourir aux analyses longues et laborieuses réalisables uniquement en laboratoire.

Matériel et méthodes

L'instrument de mesure utilisé (International Patent, Caeleno SrL/Verona/Italy) (Caeleno, 2005) est constitué d'une pince dotée d'une source lumineuse visible qui illumine la pellicule et d'une photodiode située du côté opposé, qui capture la lumière traversant la pellicule. La pince est connectée à un dispositif qui récupère et élabore des données. Un affichage permet de lire une valeur exprimant le rapport entre la quantité de lumière passante sans la pellicule (W/cm^2) et celle qui passe à travers l'échantillon (W/cm^2). Cette valeur est adimensionnelle et est représentée par le pourcentage de lumière qui passe par rapport à la lumière arrivant sur la pellicule.



Unité de contrôle et pince pour la mesure de l'indice de maturité phénolique (à gauche) et phase de préparation de la pellicule à analyser (à droite)

Pour cette étude, des raisins rouges représentatifs du panorama viticole mondial, échantillonnés dans des vignobles du Nord de l'Italie et de Bourgogne ont été analysés. Les baies, au moment de la vendange, étaient en bon état sanitaire.

Lors de la première phase de la recherche, pour la mise au point de l'instrument, les baies ont été récoltées à la main et transportées en laboratoire d'analyse. Les expériences ont été menées lors des millésimes 2004, 2005 et 2006.

La première étape du travail a consisté à mener une série d'évaluations visant à vérifier la validité du système à pince, en le comparant avec les systèmes traditionnels d'extraction et d'analyse; c'est la méthode Glories (Glories et Augustin, 1993), très répandue pour l'évaluation des raisins rouges, qui a été choisie comme référence quantitative et qualitative.

Pour chacun des cépages étudiés, au moins 10 baies de raisin ont été analysées dans chaque échantillon prélevé. Chaque baie a été pressée entre le pouce et l'index, en veillant à ne pas déchirer les tissus de la pellicule, utilisée ensuite pour les analyses. La pellicule de chaque baie a été ouverte en deux parties, et à l'aide d'un perforateur de bouchons, une incision circulaire d'un diamètre égal à 0,88 cm a été pratiquée, permettant l'obtention un disque de pellicule d'une surface connue, équivalente à 0,61 cm². Cette opération permet d'analyser des pellicules de superficie égale, et d'obtenir ainsi des mesures des extraits en valeurs comparables. La section de pellicule de superficie connue a été analysée avec l'instrument de mesure à pince pour évaluer la quantité de lumière passante et la même pellicule a ensuite été soumise à extraction pour réaliser des analyses comparatives.

La section de pellicule a été introduite dans une éprouvette et 5 mL de solution aqueuse de HCl 0,1N facilitant l'extraction des polyphénols ont été ajoutés. Le volume d'extrait a été optimisé avec des essais préliminaires. Les échantillons ainsi préparés ont été agités de façon énergique et homogène avec un vortex, deux fois par jour et l'extraction a été conduite sur 48 heures. La détermination de la densité optique à 520 nm de l'échantillon dilué de façon adaptée, de l'indice des polyphénols totaux par Abs à 280 nm et des anthocyanes par décoloration avec dioxyde de soufre a ensuite été réalisée.

Pour effectuer les analyses spectrophotométriques des extraits de pellicules un spectrophotomètre Jasco V-530 (Jasco, Tokio, Japon) a été utilisé. Les mesures spectrophotométriques des extraits ont été mises en corrélation avec les données obtenues avec l'instrument mesurant la quantité de lumière passant à travers la pellicule.

Pour les mesures réalisées au vignoble avec la pince, les baies de raisin (de 30 à 50 en fonction de la superficie du vignoble) ont été écrasées entre les doigts pour éliminer le jus et la double pellicule a ensuite été placée sur la pince pour déterminer l'indice de maturité, le temps nécessaire pour réaliser la mesure étant de 10 secondes.

Résultats et discussion

Lors de la maturation, le contenu en chlorophylle diminue progressivement et les pellicules s'assombrissent en raison de l'accumulation des pigments anthocyaniques et des tanins. La pellicule est donc chaque fois plus sombre et laisse passer moins de radiation lumineuse. C'est à partir de cette observation qu'est née l'idée de mesurer la quantité de lumière qui traverse la pellicule.

Récolter la matière première au moment où la maturité est optimale est très important car le niveau de maturité influe sur la qualité du moût et du produit final, le vin. Dans les cépages rouges en particulier, la date de la vendange influence les caractéristiques aromatiques et chromatiques des vins. Pour déterminer la date des vendanges, il est important de connaître également, outre les paramètres sucre et acidité classiques, le contenu en polyphénols.

Il existe des systèmes analytiques qui offrent des données précises sur les anthocyanes et les polyphénols. Il serait cependant important de pouvoir obtenir des données utilisables immédiatement de façon rapide, directement au vignoble.

Presser une baie de raisin entre ses doigts pour en évaluer la couleur est une pratique très répandue et efficace, mais elle serait beaucoup plus objective si elle était associée à une valeur numérique.

Au cours des essais préliminaires de cette recherche ont été mesurées des parties de pellicule de baies de raisin en diverses conditions jusqu'à la standardisation des conditions de lecture, en obtenant de la pellicule de chaque baie une section circulaire, de superficie connue, avec laquelle ont été effectuées des lectures de la quantité de lumière traversante.

Dans le tableau 1 sont présentés la moyenne, la déviation standard (DS) et le coefficient de variation en pourcentage (CV %) de 30 lectures réalisées à partir de la même pellicule double, individuelle humide ou individuelle sèche afin d'évaluer la répétabilité de l'instrument.

Modalité de mesure	moyenne	DS	CV %
Pellicule double	492,1	6,1	1,2
Pellicule fraîche	429,8	2,5	0,6
Pellicule sèche	438,6	0,8	0,2

Tab. 1: mesures avec la pince de pellicules en diverses conditions (30 mesures) – DS : déviation standard, CV % : coefficient de variation en %

La lecture la plus répétable en absolu est celle réalisée avec la pellicule individuelle sèche, avec un CV % de 0,2. Si l'on mesure la pellicule individuelle dans laquelle il reste de la pulpe, une variabilité de 0,6% est observée due à l'écrasement inévitable de la pellicule qui provoque une perte de liquide de la pulpe, avec le dessèchement consécutif, l'amincissement et l'assombrissement de l'échantillon. Cela détermine une variabilité des données jusqu'au dessèchement complet de la pellicule. La lecture de la pellicule double montre un CV % plus important, de 1,2%. La raison à cela est qu'à la suite de l'écrasement, et de la perte de liquide, la pellicule glisse et les caractéristiques de la superficie moyenne changent inévitablement, à cause de phénomènes de diffusion de la lumière. La valeur CV % de 1,2 est cependant optimale en vue de l'optimisation d'un outil utilisable au vignoble.

Dans la figure 1 sont représentées les courbes avec les équations et les coefficients de détermination (R^2) correspondants. Elles sont obtenues en confrontant les valeurs obtenues par lecture de la pellicule individuelle avec l'indice des polyphénols totaux. La valeur indiquée en abscisse, qui est celle obtenue directement avec l'instrument, représente le rapport entre la lumière passante sans la pellicule (mesure du blanc) et celle qui passe à travers la pellicule, exprimée en W/cm². Cette valeur adimensionnelle est appelée « indice de maturité ». Pour les variétés étudiées, la lecture de la pellicule individuelle montre une bonne corrélation avec l'indice des polyphénols totaux. Dans les déterminations, la valeur de quantité de lumière diminue parallèlement à l'augmentation du niveau de maturité phénolique correspondant à l'assombrissement de la pellicule.

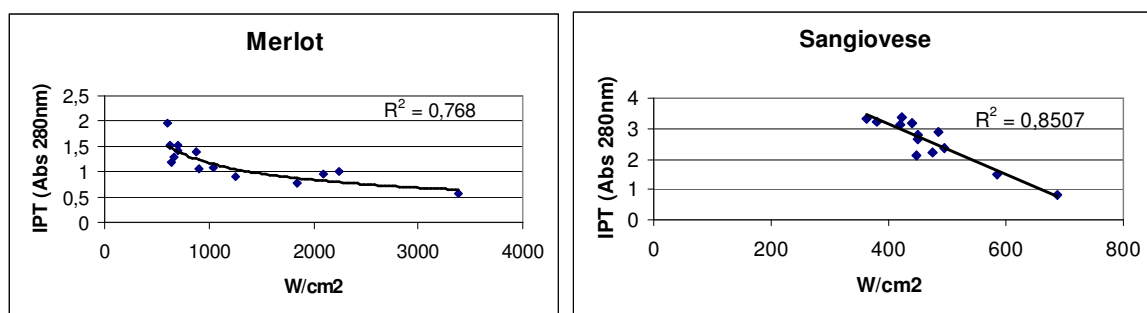


Fig. 1 : mesure de la quantité de lumière passant à travers la pellicule (pince) et analyse des polyphénols totaux (IPT) post extraction

Ces premières expériences ont permis de vérifier l'existence d'une variation constante de la quantité de lumière en fonction du contenu en polyphénols de la pellicule ; cela a permis d'améliorer l'instrument, afin de le rendre plus fonctionnel, c'est-à-dire d'éliminer des variables telles que la lumière externe, l'effet d'écrasement dans la pince, avec le mouvement de liquide consécutif et les effets possibles de diffusion de la lumière non mesurables.

Afin d'obtenir une valeur numérique augmentant en parallèle avec la concentration des polyphénols, le nombre relevé directement au niveau de l'affichage a été modifié en appliquant aux données un algorithme spécifique.

De cette façon, la courbe obtenue à partir de la lecture des raisins en maturation présente une évolution croissante avec l'augmentation du contenu en polyphénols.

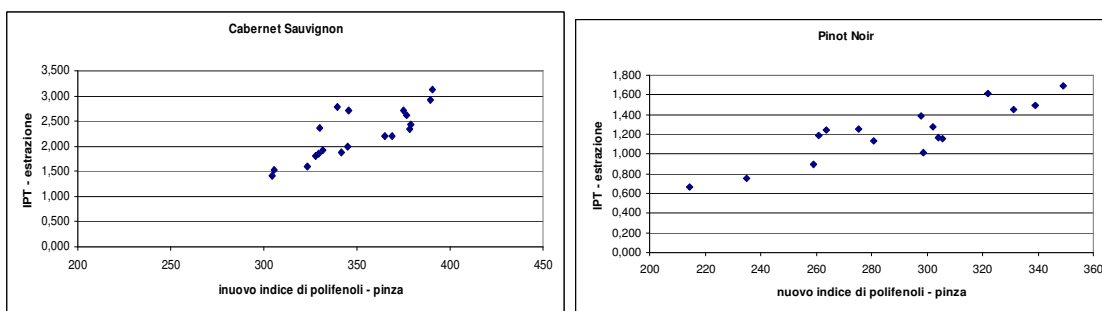


Fig. 2 : relations entre le nouvel indice de maturité phénolique (pince) et l'IPT post extraction

La figure 2 montre les relations entre la valeur élaborée à partir de la quantité de lumière et les polyphénols totaux et anthocyanes, pour certains des cépages les plus représentatifs cultivés à travers le monde. Le tableau 2 présente les coefficients de détermination entre les valeurs obtenues avec la pince et le contenu en polyphénols, anthocyanes et l'Abs 520 nm.

Cépage/ vignoble	pince vs anthocyanes	pince vs Abs 520nm	pince vs IPT (Abs 280nm)
Barbera	0,8199	0,7094	0,8230
Corvina ZVP 21	0,8929	0,8779	0,9223
Corvina ZVP 23	0,8099	0,8486	0,9257
Corvina ZVP 1	0,8932	0,8968	0,9069
Corvina ZVP 6	0,8904	0,9032	0,8959
Montepulciano	0,8304	0,8694	0,8369
Merlot	0,6363	0,4950	0,7840
Oseleta	0,8634	0,8691	0,9068
Rondinella ZVP 1	0,7682	0,7860	0,8345
Rondinella ZVP 18	0,8527	0,8732	0,8451
Rondinella ZVP 23	0,7807	0,7487	0,7999
Rondinella ZVP 6	0,8091	0,8187	0,9074

Raboso Piave	0,8281	0,7451	0,7947
--------------	--------	--------	--------

Tab. 2 : Coefficients de corrélation entre l'indice de polyphénols obtenu avec la pince et les anthocyanes, Abs 520 nm, polyphénols totaux (IPT) de différents cépages et vignobles

Les valeurs sont pertinentes et permettent de définir un nouvel indice de maturité phénolique utilisable directement au vignoble, pour connaître le potentiel phénolique de la matière première. La valeur est un indice global des polyphénols ; néanmoins sa corrélation significative avec les anthocyanes et polyphénols totaux fait qu'elle est utilisable comme outil de travail par le viticulteur et l'œnologue.

Afin de simplifier la mesure au vignoble ont été réalisées quelques expériences, lors de la vendange 2006, en procédant à des déterminations directement au vignoble de baies issues de différentes régions viticoles italiennes et de baies de raisin rouge issues de Bourgogne. Pour cette détermination la pellicule double a été utilisée, immédiatement après en avoir éliminé le jus avec les doigts. Les relations avec les polyphénols totaux et les anthocyanes ont été significatives, ce qui confirme ainsi la validité de la mesure de la pellicule double. Ce résultat est lié à la géométrie particulière de la cellule de mesure qui permet de placer la pellicule dans une chambre d'épaisseur définie, éliminant ainsi l'effet pression et les mouvements de liquide qui interfèrent avec la stabilité de la mesure.

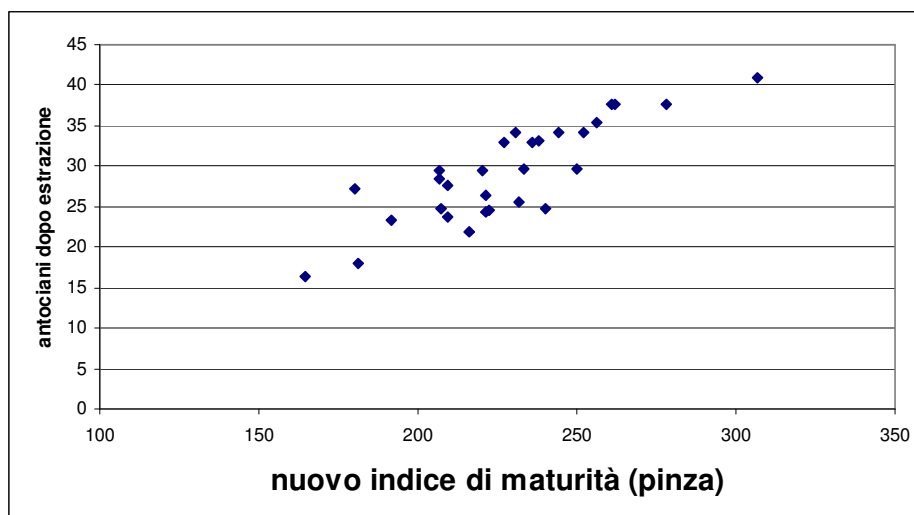


Fig. 3 : relation entre le nouvel indice de maturité phénolique (pinza) et les anthocyanes de la section de pellicule après extraction

La figure 3 concerne les analyses d'un échantillon de pellicule individuelle soumise à extraction selon la méthode de Glories. La figure 4 quant à elle concerne les analyses par extraction de baies de raisin entières foulées et extraites toujours selon la méthode de Glories. Dans les deux cas, la relation est significative et confirme la validité du système de mesure avec la pince directement au vignoble.

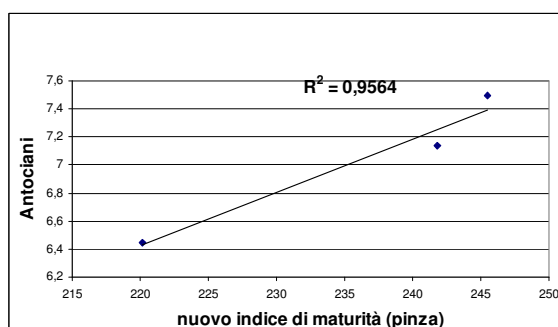
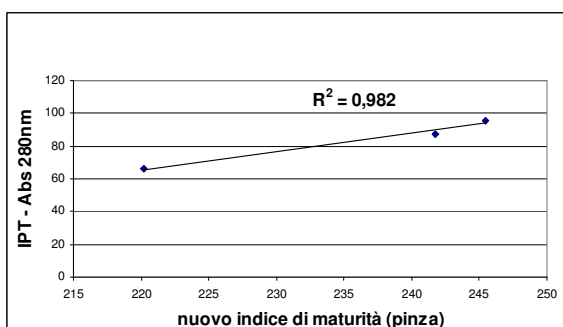


Fig. 4 : relation entre la valeur médiane de l'indice relevé avec la pince, et les polyphénols et anthocyanes suite à extraction de baies entières foulées

Lors du millésime 2006 ont été réalisés des contrôles de courbes de maturation dans certaines caves. La figure 5 présente les courbes de maturation contrôlées avec la pince et qui ont été utilisées pour choisir le moment optimal de vendange.

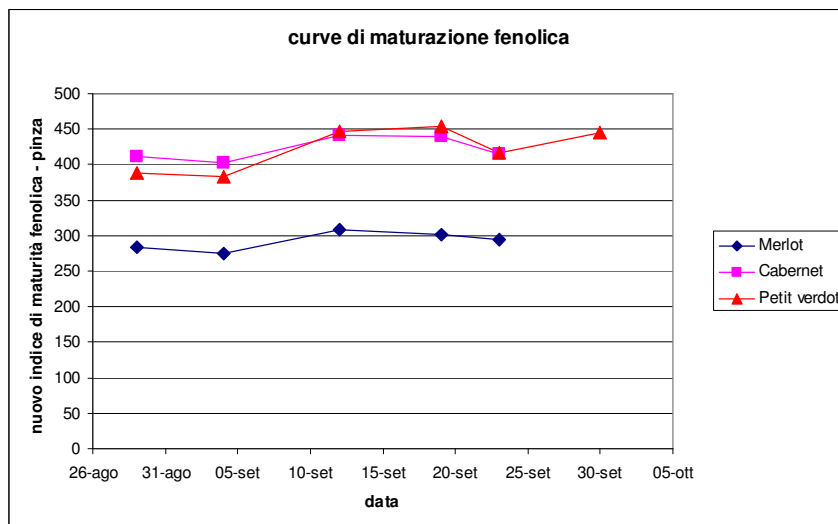


Fig. 5 : Exemple de courbe de maturation avec le nouvel instrument de pince – millésime 2006

La variabilité des mesures ne change pas lors de l'échantillonnage, ce qui confirme que si des baies représentatives sont échantillonnées, il est possible de réduire le nombre de baies de raisin échantillonnées pour obtenir une donnée moyenne représentant la maturité phénolique réelle de la baie. La variabilité des données dépend du cépage et de la faible homogénéité de maturation des baies entre les ceps et les différentes parties de la plante. En général, le temps d'analyse moyen d'un vignoble varie entre 15 et 30 minutes, selon l'importance de la surface à contrôler. Dans certains cas, de nombreuses déterminations peuvent être réalisées en une journée, sans qu'il soit nécessaire de procéder à des analyses de laboratoire. En procédant ainsi, à la fin de l'échantillonnage (le même que celui réalisé pour des analyses en laboratoire), les analyses sont également terminées.

Outre cela, les expériences menées lors du millésime 2006 ont permis de vérifier le même jour divers vignobles du même cépage, tel que montré dans le tableau 3 avec des échantillonnages réalisés en Bourgogne avec du Pinot noir et dans certaines régions italiennes.

échantillon/clone	Nouvel indice de maturité phénolique (pince)
BOURGOGNE	
Pinot noir Bourgogne A	305
Pinot noir Bourgogne B	316
Pinot noir Bourgogne C	297
Pinot noir Bourgogne D	309
Pinot noir Bourgogne E	286
Pinot noir Bourgogne F	303
RAUSCEDO / ITALIE	
CABERNET SAUV. VCR 8	375
CABERNET SAUV. VCR 11	386
CABERNET SAUV. VCR 19	358

CARMENERE VCR 22	418
CARMENERE VCR 700	417
CARMENERE VCR 702	416
MERLOT R3	374
MERLOT R12	354
MERLOT R18	343
NEBBIOLO VCR 284	194
NEBBIOLO VCR 372	215
NEBBIOLO VCR 373	216
PINOT NOIR VCR 18	271
PINOT NOIR VCR 20	250
PINOT NOIR SMA 185	287
SYRAH 174	380
SYRAH 470	452
SYRAH 747	423

Tab. 3 : mesures de la qualité phénolique avec la pince dans divers vignobles réalisées le même jour (millésime 2006)

D'autres expériences ont permis de contrôler l'effet de l'exposition des ceps, mettant en évidence une accumulation de polyphénols supérieure dans la partie exposée à l'est du rang que dans la partie exposée à l'ouest.

Cette possibilité permet ainsi de contrôler sur le terrain l'effet des pratiques agronomiques, telles que, par exemple, la couverture végétale, l'irrigation ou encore l'effeuillage sur l'accumulation des polyphénols.

À un niveau pratique, il est possible de contrôler un vignoble en peu de temps, en obtenant des informations médianes sur le total des baies analysées ; en outre, pour réaliser le suivi des courbes de maturation, l'échantillonnage de baies toujours situées dans la même partie de la grappe (par exemple sur les ailes et à la pointe) permet d'accélérer les temps d'analyse, en réduisant le nombre de baies de raisin échantillonné.

L'information obtenue est immédiatement applicable pour décider de la date de récolte et pour programmer les techniques de macération de baies sélectionnées de façon objective directement au vignoble.

Lors du millésime 2006, des microvinifications de différentes parcelles ont été réalisées et, en utilisant les mêmes techniques de vinification, une relation très significative entre le nouvel indice obtenu avec la pince et les polyphénols du vin a été vérifiée.

Conclusions

Les résultats de cette recherche ont permis de réaliser un outil capable d'évaluer le potentiel phénolique réel des raisins rouges directement au vignoble. Grâce à une mesure simple de la quantité de lumière passant à travers la pellicule, séparée de la pulpe, il est possible d'effectuer une analyse rapide sur le terrain, obtenant directement des informations spectroscopiques corrélées de façon significative avec les polyphénols de la pellicule. L'analyse est immédiate et consiste en l'introduction d'une pellicule dans un outil en forme de pince, capable de lire en quelques secondes une valeur de quantité de lumière. Les données sont mémorisées et après l'analyse d'un échantillon de baies représentatif, la donnée médiane est utilisée pour obtenir la valeur de la potentialité phénolique relative à la superficie échantillonnée ou au rang.

Les analyses relatives à chaque cépage sont répétables et permettent de suivre les courbes de maturation afin d'identifier le moment optimal de récolte, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des analyses en laboratoire. La quantification éventuelle des polyphénols est réalisée une seule fois, dans l'échantillon le plus proche de la vendange. Outre cela, il est possible de comparer divers vignobles, proche de la date de vendange, afin d'identifier les plus mûres et ainsi de programmer au mieux la date de vendange de chacune des parcelles. Les données permettent aussi d'évaluer en temps réel l'effet de pratiques culturales appliquées au vignoble sur les polyphénols.

Avec ce système il est aussi possible de réaliser un contrôle rapide et à grande échelle du potentiel phénolique de différentes matières premières ; cela permettra une meilleure approche du zonage viticole et de faciliter le travail de l'œnologue lors de la sélection des baies. Il devient ainsi possible d'organiser l'entrée des baies en cave et d'adapter les techniques de vinification en fonction de la qualité évaluée.

Il est prévu que le système analytique portable à pince soit doté dans le futur d'un réfractomètre et d'un détecteur GPS afin de tirer profit des technologies de la viticulture de précision et de réduire au minimum les besoins analytiques en période de vendange.

Remerciements : Sara Martellos, Francesco Anaclerio et prof. Michel Feuillat pour leur collaboration, les entreprises italiennes, bourguignonnes et les Vivai Cooperativi di Rauscedo, PN (I) pour leur disponibilité.

Références bibliographiques

- Baugmartner D., Bill R. and Roth I. 2001. Analysis of grape musts by FTIR spectroscopy. *Obst-und Weinbau*. 137:2, 46.
- Belton P. S., Kemsley E. K., McCann M. C., Ttofis S., Wilson R.H. and Delgadillo I. 1995. The identification of vegetable matter using Fourier transform infrared spectroscopy. *J. Food Chem.* 54:437.
- Caeleno srl, 2005. Process for evaluating the degree of phenolic ripeness of a fruit and relevant device. Patent VI2005A000098, international patent PCT/IB2006/000780.
- Cayla L.; Cottureau P.; Renard R. 2002. Estimation de la maturité phénolique des raisins rouges par la méthode I.T.V. standard. *Revue Française d'Œnologie*, 193, 10-16.
- Celotti E.; Carcereri De prati G. 2005. The phenolic quality of red grapes at delivery: Objective evaluation with colour measurements. *South African Society for Enology and Viticulture*, 26, 75-82.
- Celotti E., Ferrarini R., Della Vedova T., Martinand S. (2007)., The use of reflectance for monitoring phenolic maturity curves in red grapes. *Italian Journal of Food Sciences*, in press.
- Celotti E. and Carcereri G. 1999. Procedimento per la valutazione della qualità delle uve rosse alla consegna in cantina e valutazione del succo in diversi momenti fino al caricamento dei serbatoi, Italian Patent UD 99 A 000086,28/04/99, Università dagli studi di Udine, International Patent PCT/IB00/00514,WO/00/66986, 25/04/2000, EP 1175603 USA Patent.
- Celotti E. and Carcereri G. 2000. La qualità fenolica delle uve rosse: valutazione oggettiva mediante misura del colore. *Ind. Bev.* 29,168:378.
- Celotti E. and Carcereri G. 2000. Studio della maturità fenolica delle uve rosse per valorizzare l'area viticola dei Colli Berici. *L'Enotecnico*. 36:79.
- Celotti E., Carcereri G. and Cantoni S. 2001. Rapid evaluation of the phenolic potential of red grapes at winery delivery: application to mechanical harvesting. *The Australian Grapegrower & Winemaker*. 449a:151.
- Damberg R.G., Cozzolino D., Cynkar W.U., Janik L. and Gishen M. 2006. The determination of red grape quality parameters using the LOCAL algorithm. *J. of Near Infrared Spectroscopy* 14:71.
- Damberg R.G., Cozzolino D., Esler M.B., Cynkar W.U., Kambouris A., Francis I.L., Hoi P.B. and Gishen M. 2003. The use of infrared spectroscopy for grape quality measurement. *Australian & New Zeland Grapegrowers & Winemaker*, 473a, 76: 69.
- Desseigne J.M. 2005. Determinazione della qualità della vendemmia e spettroscopia ad infrarossi. *Infowine*, 6/2.
- Desseigne J.M., Payan J.C., Crochon M., Roger J.M., Ballester J.F., Boulet J.C., Mazollier J. and Toussaint C. 2003. Spectroscopie proche infra rouge et appréciation de la qualité de la vendange. *Cahier Technique 14ème colloque viticole et œnologique EUROVITI, ITV France*,26-27 Nov, pp. 168-172.
- Di Stefano R.; Borsa D.; Bosso A.; Garcia Moruno E. 2000. Documento tecnico sul significato e sui metodi di determinazione dello stato di maturità dei polifenoli. *L'œnologo dicembre*, 73-76.
- Di Stefano R., Cravero M.C., and Gentilini N. 1991. Metodi per lo studio dei polifenoli dell'uva. *Riv. Vitic. Enol.* 44:37.
- Dubernet M.; Dubernet M.; Dubernet V.; Coulomb S.; Lerch M.; Traineau I. 2004. Analyse objective de la qualité des vendanges par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) et réseau de neurones. *Revue Française d'Œnologie*, 208, 18-21.
- Dubernet M., Dubernet M., Dubernet V., Coulomb S., Lerch M., and Traneau I. 2001. Analyse objective de la qualité des vendages par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) et réseaux de neurones. *Bull. O.I.V.* 74:15.
- Fiorini P.; Carcereri De Prati G.; Celotti E.; Dell'Oste S. 2005. Valutare i polifenoli nelle uve rosse con una nuova metodica. *L'informatore agrario*, 50, 64-68.

- Glories Y. and Augustin M. 1993. Maturité phenolique du raisin, conséquences technologiques: application aux millésimes 1991 et 1992. *In: Actes du colloque: Journée technique du C.I.V.B. Bordeaux, 21 Janvier 1993.* pp56-61.
- Grandjean E., Monamy C., Masse L., and Girard F. 2004. Messa a punto di un metodo rapido per stimare la maturità fenolica del Pinot Noir in Borgogna, *Vinidea.net.* 5:1.
- Jaworski A.; Lee C. Y. 1987. Fractionation and HPLC determination of grape phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35, 257-259.
- Mattivi F., Prast A., Nicolini G., and Valentini L. 2003. Il potenziale polifenolico delle uve rosse e la sua applicazione in enologia, *L'Enologo.* 39,10:105.
- Merken H. M.; Beecher G. R. 2000. Measurement of food Flavonoids by High-Performance Liquid Chromatography: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 577-599.
- Patz C.D., David A., Thente K., Kürbel P., and Dietrich H. 1999. Wine analysis with FTIR spectroscopy, *Die Wein Wissenschaft.* 54:80.
- Peyron D. 1998. Le potentiel polyphénolique du Pinot Noir. *Revue Française d'Œnologie mai/juin*, 170, 42-45.
- Rousseau J.; Delteil D. 2000. Présentation d'une méthode d'analyse sensorielle des raisins. Principe, méthode et grille d'interprétation. *Revue Française d'Œnologie*, 183, 10-13.
- Rousseau J., Samirant M., and Granes D.. 2002. Evaluation du fonctionnement d'un interféromètre à transformée de Fourier (IRTF) pendant les vendages, *Rev. Fr. Œnologie.* 195:12.
- Venencie C.; Uveira M-N.; Guiet S. 1997. Maturité polyphénolique du raisin mise en place d'une méthode d'analyse de routine. *Revue Française d'Œnologie* Novembre/décembre, 167, 36-41.