

Spectroscopie visible proche infrarouge pour décrire les fruits et prédire leurs paramètres sensoriels

Irène MAPPE, René SIRET, Frédérique JOURJON, Mélanie BLIN, Céline TURBILLON, Emira MEHINAGIC
Ecole supérieure d'agriculture – Unité de recherche GRAPPE – BP 30748, 55 rue Rabelais, 49007 Angers Cedex 01,
France

Renseignements: Frédérique Jourjon, e-mail: f.jourjon@groupe-esa.com, tél. 0033 241 23 55 55



Cabine de dégustation, Unité de recherche GRAPPE.

Introduction

La méthode spectroscopique visible proche infrarouge (VPIR) pourrait être une alternative efficace aux méthodologies sensorielles (Cozzolino *et al.* 2007 et 2008) de caractérisation des fruits. Elle présente en effet plusieurs avantages: sa mise en œuvre est rapide, elle s'applique de façon non destructive sur les échantillons de fruits au laboratoire ou au verger et permet une analyse de la qualité globale des fruits. En effet, la spec-

troscopie VPIR est capable d'identifier et de classer des pommes, des raisins et des abricots, selon les différents facteurs de variabilité que l'on peut trouver dans ces lots (Mehinagic *et al.* 2003; Camps et Christen, 2009; Le Moigne *et al.* 2008; Bertrand et Laurens, 2001; Herrera *et al.* 2003).

Les travaux de Camps (2006) montrent que la spectroscopie VPIR est un outil performant pour identifier des lots de pommes de différentes qualités. Cette méthode permet également un bon classement des abri-

cots par rapport à leur date de récolte (Camps et Christen, 2009), ainsi qu'une bonne caractérisation des différents stades de maturité de raisins de la variété Cabernet Franc (Le Moigne *et al.* 2008).

Un des nombreux intérêts de la spectroscopie VPIR est de permettre une prédiction des paramètres sans entraîner la destruction des fruits: propriétés physico-chimiques ou sensorielles du fruit, notamment celles des abricots (Camps et Christen, 2009) et en particulier leur fermeté. Les travaux de Mehinagic *et al.* (2003) réalisés sur dix-neuf variétés de pommes ont également montré la possibilité de relier certains descripteurs sensoriels (rugosité, croquant, farinosité, sucre, acidité) à la spectroscopie VPIR; mais les corrélations entre les longueurs d'onde et les descripteurs sensoriels n'étaient pas suffisamment significatives pour l'établissement de bons modèles de prédiction. Cet outil a aussi permis une bonne prédiction de certains descripteurs sensoriels des baies de raisins, dont ceux permettant de décrire l'évolution de leur texture au cours de la maturation (élasticité, fermeté, facilité pour détacher le pédoncule; Le Moigne, 2008). Les travaux sur la corrélation de paramètres sensoriels de fruits avec les mesures spectroscopiques dans le visible proche infrarouge restent cependant peu nombreux.

L'objectif de ce travail consiste d'abord à tester sur deux fruits de natures différentes, notamment en termes de propriétés physico-chimiques que sont les pommes et les raisins, le pouvoir discriminant de la spectroscopie VPIR, et de montrer ensuite la possibilité de prédire à l'aide de cette technique certains descripteurs sensoriels caractérisant ces deux produits.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Deux types de fruits ont été étudiés, la pomme et le raisin. Les pommes ont été récoltées à la Station d'expérimentation fruitière de la Morinière (Indre-et-Loire) et sélectionnées selon leur calibre, leur couleur et l'absence de défaut, puis stockées en chambre froide à 3 °C pendant quatre semaines. Trois variétés de pommes sont utilisées, toutes issues de la même parcelle: Golden Delicious, Fuji et Braeburn. Ces variétés ont été récoltées pendant deux saisons, 2002 et 2003, à trois stades de maturité: prématurité (trois semaines avant la maturité optimale), maturité optimale (date où les fruits sont estimés mûrs¹) et postmaturité (trois semaines après la maturité optimale).

¹La maturité est mesurée par des tests de pénétrométrie, la couleur, et teneurs en sucre, acide, ou amidon.

Résumé Les professionnels de la filière arboricole et viticole ont toujours besoin d'outils pour caractériser la qualité optimale des fruits. L'analyse sensorielle est un outil fiable pour mesurer la qualité globale des fruits au travers de leur texture, leur saveur ou leur arôme. Cependant, elle nécessite de faire appel à un jury expert et entraîné, ce qui engendre un surcoût non négligeable et consomme beaucoup de temps. La spectroscopie visible proche infrarouge (VPIR) est une méthode prometteuse qui permet une prédiction des propriétés physico-chimiques ou sensorielles du fruit sans entraîner leur destruction. Sa mise en œuvre rapide, son application non destructive sur des échantillons de fruits au laboratoire ou au verger et une analyse de leur qualité globale sont des atouts qui contribuent d'autant à son intérêt. L'objectif de ce travail consiste à tester le pouvoir discriminant de la spectroscopie VPIR sur la qualité de deux fruits de natures différentes (pommes et raisins), récoltés à plusieurs stades de maturité, et à montrer la possibilité de prédire, à l'aide de cette technique, certains descripteurs sensoriels les caractérisant.

Les raisins analysés sont issus du cépage rouge Cabernet Franc, majoritaire dans le Val de Loire. Pour les millésimes 2005, 2006 et 2007, trois parcelles, codées de P1 à P3, ont été choisies au sein du réseau expérimental de l'Institut fédératif de la vigne et du Vin (IVF) Val de Loire. Le choix a été réalisé afin d'avoir trois parcelles issues d'AOC différentes (Chinon, Bourgueil et Saint-Nicolas de Bourgueil) avec trois sols représentatifs de la zone de production viticole de la Touraine. Les différentes mesures réalisées sur le raisin ont été effectuées sur des échantillons provenant de prélèvements hebdomadaires à différents stades de maturité jusqu'à la maturité optimale, définie par la date de vendanges: sept dates en 2005 et en 2006 codées de G à K et de E à I, et six dates pour le millésime 2007, codées de A à F.



Mesures spectroscopiques visible proche infrarouge

Le protocole et le mode de mesures spectroscopiques sont les mêmes pour les échantillons de pommes et de raisins. La mesure se fait à l'aide d'un spectromètre VPIR (NIR System 6500, Perstorp Analytical) utilisé en mode réflexion de par la nature du matériel végétal. Les longueurs d'onde de l'appareil utilisé s'étendent d'une gamme commençant dans le visible et se terminant dans le proche infrarouge (400 à 2498 nm). L'intensité de lumière réfléchie du fruit est mesurée sur 1050 longueurs d'onde (de 400 à 2498 nm espacés de 2 nm). Quarante pommes et cinquante baies de raisins par lot sont analysées à raison de deux mesures par échantillon, sur chacune des faces opposées des fruits.

Le signal spectral proche infrarouge doit subir un prétraitement pour minimiser les variations incontrôlées de l'intensité spectrale, afin que seules les différences spectrales dues à la variabilité du fruit soient exploitées. La méthode employée est une relation établie par Barnes *et al.* (1989), largement utilisée dans les travaux concernant la spectroscopie proche infrarouge et plus connue sous le nom de *Standard Normal Variate* (SNV). Cette relation se traduit par l'application de la formule suivante:

$$X_{ijSNV} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{sd}$$

$$\text{Où } sd \text{ est l'écart-type } sd = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{p-1}}$$

où p = nombre de pas de la longueur d'onde, $i = 1 \dots n$, n = nombre d'observations et \bar{X}_i = moyenne des observations à la longueur d'onde i .

Mesures sensorielles

Les mesures sensorielles de chaque lot de fruits sont réalisées par deux panels experts, l'un entraîné à l'analyse sensorielle des pommes et l'autre à celle des baies de raisins. Ils sont constitués par des salariés de l'École supérieure d'agriculture (ESA) d'Angers. Ils comptent quatorze juges pour le panel pommes et treize juges au minimum pour le panel raisin (treize en 2005, seize en 2006 et 2007). Ces juges sont entraînés à la caractérisation sensorielle de ces fruits par la méthode des profils sensoriels selon les recommandations des normes AFNOR, et la notation se fait sur des échelles linéaires non structurées s'échelonnant de «absence d'intensité» à «intensité extrême». Le nombre de fruits analysés par lot est de quatorze pour les pommes en 2002 et 2003 et de trente pour les baies de raisin en 2005, 2006 et 2007. Dix descripteurs sensoriels sont utilisés pour les pommes et dix-sept pour les raisins (tabl. 1).

La performance de chacun des panels est vérifiée chaque année.

Tableau 1 | Définition des descripteurs sensoriels des pommes et des baies de raisin

POMMES	
Descripteur	Définition
<i>Texture</i>	
Rugosité	Degré de rugosité de la pomme pelée mesurée au toucher
Résistance	Résistance du fruit à la pression
Fondant	Force requise pour écraser un morceau de pomme non pelée avec la langue
Jutosité	Quantité de liquide résultant de la mastication du fruit
Farinosité	Caractère farineux du fruit
Masticabilité	Temps et nombre de mouvements nécessaires pour mâcher et broyer la pomme avant déglutition
Croquant	Force requise pour la première bouchée et bruit en résultant
<i>Saveur</i>	
Acidité	Caractère acide du fruit
Sucré	Caractère sucré du fruit
Astringence	Goût dans la bouche après avoir avalé la pomme
RAISIN	
Descripteur	Définition
<i>Saveur</i>	
Sucré de la baie	Caractère sucré de la baie en bouche
Acidité de la baie	Caractère acide de la baie en bouche
Acidité de la pellicule	Caractère acide de la pellicule
Amertume de la pellicule	Caractère amer de la pellicule
Amertume du pépin	Caractère amer du pépin
Astringence du pépin	Goût dans la bouche après avoir écrasé et avalé le pépin
<i>Odeur</i>	
Arôme confiture	Intensité aromatique de confiture
Arôme fruité	Intensité aromatique fruitée
Arôme vert de la baie	Intensité aromatique du caractère végétal de la baie (poivre vert, herbe coupée)
Arôme vert du pépin	Intensité aromatique du caractère végétal du pépin (poivre vert, herbe coupée)
Arôme grillé du pépin	Intensité de l'arôme grillé du pépin (torréfié, café)
Odeur de confiture	Intensité odorante de confiture
Odeur de fruité	Intensité odorante fruitée
Intensité de l'arôme du pépin	Intensité de l'arôme du pépin
<i>Texture</i>	
Croquant	Force requise pour la première bouchée et bruit en résultant
Force pour détacher le pédicelle	Force nécessaire pour la rupture du pédicelle
Jutosité	Quantité de liquide résultant de la mastication du fruit

Analyses statistiques des données

Une analyse discriminante linéaire (ADL) a été réalisée sur la moyenne des données spectroscopiques VPIR des deux faces pour les deux produits, afin d'observer si la spectroscopie VPIR permet d'une part de discriminer les variétés de pommes suivant leur stade de maturité, ou les baies de raisin suivant leur stade de maturation pour chaque parcelle, et d'autre part de prédire le classement de ces variétés selon le pourcentage de fruits bien classés. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R.

Afin de prédire les attributs sensoriels des pommes et des raisins par les mesures spectroscopiques VPIR, les méthodes de régression PLS (*Partial Least Square*) sont appliquées sur les données moyennes par variété et stade de maturité pour les pommes, et par date et parcelle pour les raisins. La qualité des modèles étudiés est validée en fonction des valeurs suivantes:

- Le coefficient de détermination R^2 (valeur comprise entre 0 et 1)

- L'indice $Q^2 = 1 - \frac{PRESS_h}{RESS_h}$, avec

$$PRESS_h = \sum_{i=1}^n (y_{(h-1),i} - \hat{y}_{(h-1),i})^2 \text{ et}$$

$$RESS_h = \sum_{i=1}^n (y_{(h-1),i} - \hat{y}_{(h-1),i})^2.$$

On note $\hat{y}_{h,i}$ et $\hat{y}_{h,i}$ les prédictions de \hat{y}_i à l'aide du modèle à h composantes, calculées en utilisant toutes les observations sauf l'observation i ,

- L'erreur quadratique des prévisions (*Root Mean Square Error of Prediction*),

$$RMSEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}},$$

où n est le nombre d'observations et h le nombre de composantes PLS.

Le modèle est de bonne qualité si R^2 grand, $Q^2 > 0,5$ et $RMSEP < sd$ (meilleur si R^2 et Q^2 se rapprochent de 1 et $RMSEP \ll sd$. sd = écart type).

Les analyses PLS sont faites avec le logiciel SIMCA-P.

Résultats et discussion

Aptitude de la spectroscopie VPIR à classer les lots de fruits

D'un point de vue général, la spectroscopie VPIR est un bon outil pour classer les lots de pommes selon leur stade de maturité: dans cette étude, pour chaque variété de pommes, 86% de fruits au moins sont bien classés suivant leur stade de maturité (tabl. 2). Les pourcentages de classement montrent que les variétés Golden Delicious sont les mieux classées globalement, et que le classement est meilleur en 2002, notamment au premier stade de maturité (100%). On observe par exemple, sur la représentation des spectres moyens des pommes de la variété Fuji, une distinction du premier stade de maturité par rapport aux deux autres en 2002 (fig. 1). Les principales zones spectrales impliquées dans cette discrimination sont des pics autour de 1000 nm et 1950 nm (liés à la présence des sucres) et autour de 1220 nm et 1520 nm (liés à la teneur en eau; fig. 1).

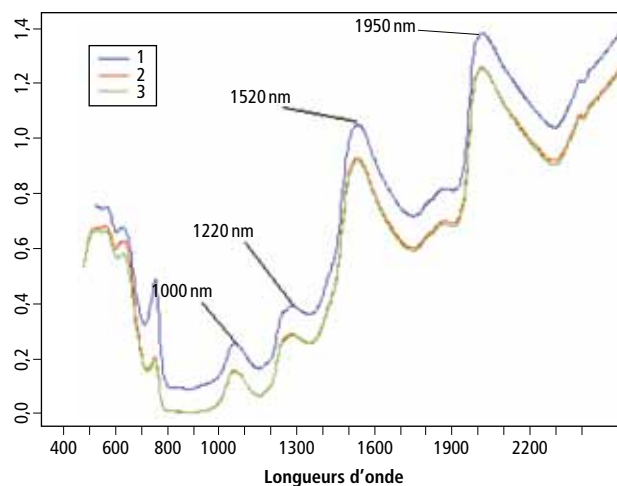


Figure 1 | Spectres moyens des pommes Fuji aux trois stades de maturité: 1 (prématurité), 2 (maturité), 3 (postmaturité), en 2002.

Tableau 2 | Pourcentage de pommes bien classées avec l'analyse discriminante linéaire. $n = 360$ observations par an

Variété	Golden			Braeburn			Fuji		
	Prémat.	Mat.	Postmat.	Prémat.	Mat.	Postmat.	Prémat.	Mat.	Postmat.
Millésime 2002	100%	95%	94%	100%	97%	94%	100%	95%	98%
Millésime 2003	94%	89%	99%	95%	86%	97%	90%	89%	94%

La spectroscopie VPIR est également un bon outil pour classer les baies de raisins suivant leur stade de maturité. Cependant, les résultats sont plus ou moins satisfaisants selon l'année et la parcelle. En 2005, 2006 et 2007, sur les trois parcelles P1, P2 et P3, au moins 92, 70 et 68% de baies sont bien classées suivant leur stade de maturité (tabl.3). Les classements sont excellents (jusqu'à 100% de baies bien classées) notamment en 2005 à la date F, et en 2007 sur les parcelles P2 (dates D et E) et P3 (dates B et D). L'analyse discriminante linéaire traduit bien l'évolution de la maturité des baies de la date A à la date E suivant le premier axe (exemple millésime 2007; fig.2). La spectroscopie VPIR permet donc également de suivre l'évolution de la maturation des raisins.

Tableau 3 | Pourcentage de baies de raisin bien classées avec l'analyse discriminante linéaire. n = 900 observations par an

Millésime 2005						
Date/Parcelle	F	G	H	I	J	K
P1	100%	73%	77%	79%	83%	81%
P2	99%	80%	72%	68%	72%	80%
P3	100%	81%	70%	75%	69%	71%
Millésime 2006						
Date/Parcelle	D	E	F	G	H	I
P1	73%	70%	80%	82%	87%	79%
P2	79%	72%	75%	79%	70%	77%
P3	85%	81%	91%	98%	85%	91%
Millésime 2007						
Date/Parcelle	A	B	C	D	E	F
P1	97%	92%	96%	93%	98%	99%
P2	97%	94%	99%	100%	100%	99%
P3	99%	100%	97%	100%	96%	98%

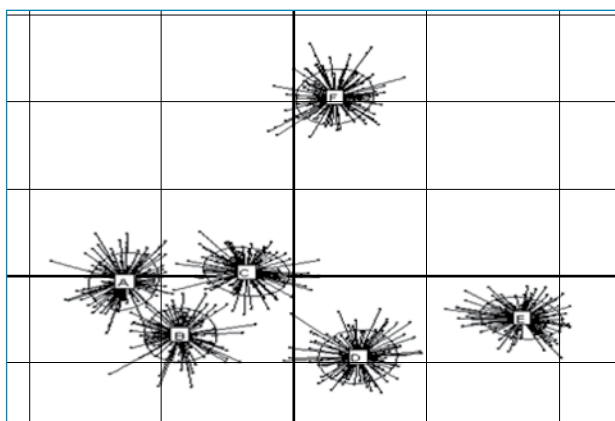


Figure 2 | Discrimination par dates des baies de raisin (millésime 2007).

Predictions des attributs sensoriels des pommes et raisins par spectroscopie VPIR

La démarche consiste à rechercher les corrélations entre les descripteurs sensoriels définis par chacun des panels experts et les longueurs d'onde issues des spectres VPIR, afin d'établir des modèles de prédiction du sensoriel par les résultats de la méthode spectroscopique. La méthode utilisée pour ces analyses est la régression PLS (*Partial Least Squares*). Le nombre d'observations dans le cas des pommes est égal à 18 (3 variétés x 3 stades de maturité x 2 années). Dans le cas des raisins, le nombre d'observations s'élève à 65, correspondant aux moyennes sur les trois années 2005 (dates G à L), 2006 (dates E à J) et 2007 (dates B à F) pour chaque date et chaque parcelle.

Pour les **pommes** (tabl.4), les meilleurs modèles de prédiction sont observés pour les attributs de la saveur que sont le sucré et l'acidité de la chair des fruits, avec des valeurs R^2 et Q^2 égales à 0,97 et 0,81 pour le sucré, et 0,98 et 0,9 pour l'acidité, avec de faibles erreurs de

Tableau 4 | Prédictions des descripteurs sensoriels des pommes par le VPIR

	R^2	Q^2	RMSEP	Sd
Rugosité	0,95	0,82	0,17	0,69
Résistance	0,93	0,80	0,28	0,81
Masticabilité	0,90	0,69	0,3	0,72
Jutosité	0,90	0,65	0,42	1,31
Sucré	0,97	0,81	0,21	0,82
Acidité	0,98	0,90	0,25	1,41
Croquant	0,95	0,84	0,25	1,00
Fondant	0,83	0,70	0,44	0,93
Astringence	0,87	0,75	0,26	0,63
Farinosité	0,92	0,82	0,31	0,96

prédictions ($RMSEP = 0,21 \ll 0,82 = sd$ pour le sucré, et $RMSEP = 0,25 \ll 1,41 = sd$ pour l'acidité). Les descripteurs de texture sont également bien prédits; avec des valeurs R^2 et Q^2 de 0,95 et 0,82 pour la rugosité, 0,93 et 0,8 pour la résistance, 0,95 et 0,84 pour le croquant, 0,92 et 0,82 pour la farinosité, ils présentent de faibles erreurs de prédiction (inférieures aux écarts-types). Ces résultats confirment ceux de Mehinagic *et al.* (2003).

Les corrélations entre les données spectrales et les descripteurs farinosité et résistance au toucher (fig. 3) montrent une opposition entre ces deux descripteurs, une corrélation forte autour de 620 nm (0,8 en valeur absolue), et une diminution brutale de celle-ci autour de 720 nm.

Dans le cas des raisins (tabl. 5), les prédictions sont globalement satisfaisantes, en particulier pour certains descripteurs de saveur (acidité de la pellicule et sucre de la baie). Les valeurs R^2 et Q^2 sont de 0,85 et 0,77 pour l'acidité de la pellicule, et de 0,8 et 0,69 pour le sucre de

la baie, avec des erreurs de prédiction de $0,42 < sd = 0,91$ et $0,47 < sd = 0,95$. D'autres attributs sensoriels sont aussi bien prédits, comme l'amertume du pépin, l'arôme grillé du pépin, l'arôme de confiture et l'odeur de confiture. Leurs erreurs de prédictions sont plus petites que leurs écarts-types (tabl. 5) et leurs valeurs respectives R^2 et Q^2 sont: 0,85 et 0,79 pour l'amertume du pépin, 0,85 et 0,77 pour l'arôme grillé du pépin, 0,83 et 0,75 pour l'arôme de confiture, 0,8 et 0,7 pour l'odeur de confiture. L'arôme vert de la baie est moins bien prédit que les autres descripteurs sensoriels ($R^2 = 0,71$ et $Q^2 = 0,64$). Son erreur de prédiction est grande ($0,57 = sd$). Enfin, parmi les descripteurs texturaux, la jutosité de la baie semble bien prédite, avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,78$ et une RMSEP plus proche de sd (tabl. 5).

Ces résultats sont conformes à ceux de Le Moigne (2008), qui a travaillé sur les millésimes 2005 et 2006, et montré des fortes corrélations entre ces mêmes descripteurs et le VPIR.

Tableau 5 | Prédications des descripteurs sensoriels du raisin par le VPIR

	R^2	Q^2	RMSEP	sd
Sucre de la baie	0,80	0,69	0,47	0,95
Acidité de la baie	0,76	0,67	0,53	1,25
Acidité de la pellicule	0,85	0,77	0,42	0,91
Arôme de confiture	0,83	0,75	0,44	0,88
Arôme fruité	0,78	0,65	0,5	0,74
Arôme vert de la baie	0,71	0,64	0,57	0,57
Arôme vert du pépin	0,77	0,69	0,50	0,7
Arôme grillé du pépin	0,85	0,77	0,41	0,64
Odeur de confiture	0,80	0,70	0,47	0,48
Odeur de fruité	0,73	0,57	0,55	0,62
Intensité aromatique du pépin	0,73	0,64	0,55	0,49
Amertume de la pellicule	0,78	0,67	0,50	0,61
Amertume du pépin	0,85	0,79	0,40	1,27
Astringence du pépin	0,75	0,66	0,53	0,92
Croquant	0,76	0,69	0,51	0,6
Force pour détacher le pédicelle	0,76	0,65	0,51	1,41
Jutosité	0,78	0,63	0,49	0,59

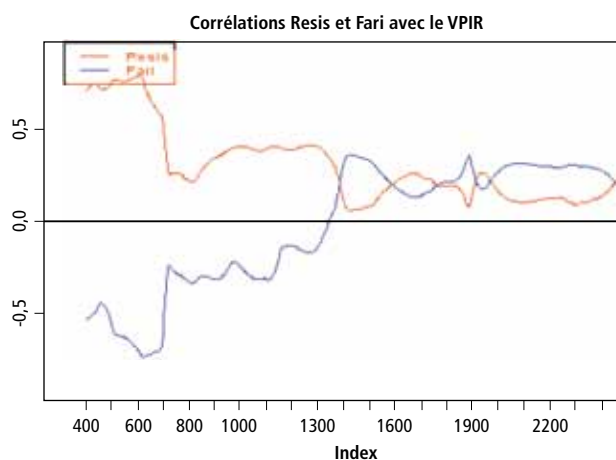


Figure 3 | Corrélations de la farinosité et de la résistance au toucher avec le VPIR (pommes).

Conclusions

- Ce travail avait pour objectif de tester l'intérêt de la mesure par spectroscopie visible proche infrarouge (VPIR) sur deux types de fruits (pomme et raisin).
- Deux approches ont été mises en œuvre, une première consistant à déterminer le pouvoir discriminant de la spectroscopie VPIR sur les lots de fruits, et une autre basée sur les prédictions des paramètres sensoriels des fruits par le VPIR.
- La spectroscopie visible proche infrarouge se révèle être un bon outil de mesure rapide, non destructif, qui permet de mesurer la qualité globale des pommes et des raisins.
- Dans la première approche, cette méthode a permis de classer les lots de variétés de pommes et les baies de raisins suivant leurs stades de maturité respectifs.
- Dans un deuxième temps, la spectroscopie VPIR a montré son efficacité pour prédire les attributs liés aux saveurs sucrée et acide des fruits. Dans le cas de la pomme, cet outil s'est également révélé efficace pour prédire le caractère croquant et la farinosité des pommes ainsi que leur résistance au toucher; dans le cas du raisin, cet outil semble intéressant pour prédire certains attributs aromatiques et également la jutosité de la baie ou l'amertume des pépins.
- La comparaison du pouvoir discriminant et prédictif de cette méthode sur les deux types de fruits n'est pas possible, étant donné que les tailles d'échantillons et le nombre de lots n'étaient pas identiques.
- Cette étude confirme les travaux obtenus sur d'autres fruits par Camps *et al.* (2009) et démontre clairement l'intérêt de la mesure spectroscopique visible proche infrarouge en tant que mesure non destructive, applicable directement sur le terrain et permettant de suivre l'évolution de la maturité des fruits, selon les variétés dans le cas des pommes ou leur origine «terroir» dans le cas des raisins.
- Les résultats de cette étude apportent des éléments nouveaux en termes de prédiction de la qualité sensorielle par la mesure spectroscopique visible proche infrarouge et permettent d'envisager cette mesure comme un outil complémentaire d'aide à la décision pour le choix de la date de récolte en lien avec la qualité sensorielle des fruits. ■

Bibliographie

- Barnes R. J., Dhanoa M. S. & Lister S. J., 1989. Standard normal variate transformation and detrending of near infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy* **45**, 772–777.
- Bertrand D. & Laurens F., 2001. Applications de la spectroscopie proche infrarouge et de la pénétrométrie pour caractériser la variabilité génétique chez le pommier. Rapport de synthèse d'étude, INRA/ENITIAA.
- Camps C., 2006. Etude de la texture des pommes: caractérisation des propriétés rhéologiques et structurales de la texture et mesure non destructive par la spectroscopie visible et proche infrarouge. Thèse de doctorat de l'Université d'Angers.
- Camps C. & Christen D., 2009. Suivi des abricots avant récolte par la spectroscopie proche infrarouge portable. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **41** (3), 193–198.
- Cozzolino D., Damberg R. G., Janick L., Cynkar W. U. & Gishen M., 2006. Analysis of grapes and wine by near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **14**, 279–289.
- Cozzolino D., Smyth H. E., Lattey K. A., Cynkar W., Janick L., Damberg R. G., Francis I. L. & Gishen M., 2005. Relationship between sensory analysis and near-infrared spectroscopy in Australian Riesling and Chardonnay wines. *Analytica Chimica Acta* **539**, 341–348.
- Herrera J., Guesalaga A. & Agosin E., 2003. Shortwave-near infrared spectroscopy for non destructive determination of maturity of wine grape. *Measurement Sciences and technology* **14**, 689–697.
- Le Moigne M., Maury C., Bertrand D. & Jourjon F., 2008. Sensory and instrumental characterisation of Cabernet Franc grapes according to ripening stages and growing location. *Food Quality and Preference* **19** (2), 220–231.
- Le Moigne M., 2008. Recherche de mesures innovantes pour suivre la qualité du raisin de Cabernet Franc pendant sa maturation. Thèse de doctorat de l'Université d'Angers.
- Mehinagic E., Royer G., Bertrand G., Symoneaux R., Laurens F. & Jourjon F., 2003. Relationship between sensory analysis, penetrometry and visible spectroscopy of apples belonging to different cultivars. *Food Quality and Preference* **14**, 473–484.

Summary**Characterisation and prediction of fruit sensory quality by Visible Near Infrared Spectroscopy**

The fruit producers and industrials are keen to better control the initial quality of their products and are interested to the new techniques that can permit them to characterise their fruits. The sensory analysis is the only way to measure globally different fruit quality parameters (texture, flavour, aroma) in relation to the consumer perception. However, this method is very complex and time consuming. For this reason, many attempts have been made to replace sensory analysis with relevant instrumental measurements. Above the promising methods, Visible Near Infrared Spectroscopy was selected as this method already permitted to predict some of the physico-chemical and sensory properties of fruits. Moreover this technique is fast, non-destructive and can be done in laboratory or in field as the portable equipment are already commercialised. The aim of this study is to test the capability of the Visible Near Infrared Spectroscopy to discriminate different apple or grape batches in relation to their maturity stage and to try to predict with this method their sensory quality.

Key words: apple, grape, quality, sensory analysis, Visible Near Infrared Spectroscopy.

Zusammenfassung**Fähigkeit der sichtbaren Nah-Infrarot-Spektroskopie um die Früchte zu beschreiben und ihre sensorischen Parameter vorauszusagen**

Über ein Werkzeug zu verfügen, das die optimale Qualität der Früchte verdeutlichen kann, ist eine Überlegung, die sich für die Fachleute des Baum- und Weinsektors immer wieder stellt. Unter den verfügbaren Methoden kann die sensorische Analyse ein zuverlässiges Werkzeug sein, die es erlaubt, die globale Qualität der Früchte. Trotz der Zuverlässigkeit dieser Methode ist eins ihrer hauptsächlichen Nachteile, dass man eine Jury von Experten und trainierten Personen heranziehen muss, was eine beachtenswerte Verteuerung und einen grossen Zeitaufwand verlangt. Unter den verschiedenen Methoden, die auf diese Einschränkungen antworten können, könnte die sichtbare Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) die Nachteile der Sensorischen, die eine Jury von Experten benötigt, beseitigen. Einer der zahlreichen interessanten Punkte der NIRS ist es eine Vorhersage der Parameter zu erlauben, die sich aus anderen zerstörerischen Maßnahmen ergeben, wie die physiko-chemischen oder sensorischen Eigenschaften der Frucht. Ihre schnelle Umsetzung, ihr Einsatz in einer nicht schädigenden Art und Weise bei Mustern von Früchten im Labor sowie auf Parzellen und eine Analyse ihrer globalen Qualität sind Vorzüge, die zu ihrem Interesse beitragen. Das Ziel dieser Arbeit besteht also folglich darin, das Diskriminanzvermögen der NIRS – bei der Qualität der verschiedenen Früchte (Äpfel und Trauben) und in unterschiedlichen Reifestadien geerntet, zu testen, um dann die Möglichkeit zu zeigen, anhand dieser Technik gewisse sensorische Deskriptoren, die die beiden Produkte charakterisieren, vorauszusagen.

Riassunto**Spettroscopia nel visibile nel vicino infrarosso per descrivere i frutti e prevedere i loro parametri sensoriali**

I professionisti della filiera frutticola e viticola hanno sempre bisogno di strumenti per caratterizzare la qualità ottimale dei frutti. L'analisi sensoriale è uno strumento affidabile per misurare la qualità globale dei frutti attraverso la loro tessitura, il loro sapore o il loro aroma. Nonostante necessita affidarsi a una giuria esperta e collaudata, generando così un sovracosto non indifferente con un dispendio di tempo. La spettroscopia nel visibile nel vicino infrarosso (VPIR) è un metodo non distruttivo promettente che permette di predire le proprietà fisico-chimiche o sensoriali del frutto. La sua rapida messa in funzione, l'uso non distruttivo su campioni di frutti in laboratorio o in frutteto e un'analisi della loro qualità globale sono degli atout che contribuiscono ulteriormente al suo interesse. L'obiettivo di questo lavoro consiste nel testare il potere discriminante della spettroscopia VPIR sulla qualità di due frutti di differente natura (mele e uve), raccolte a più stadi di maturità e di dimostrare la possibilità di predire, supportati da questa tecnica, certi descrittivi sensoriali che le caratterizzano.



Domaine viticole de la Fondation Hôpital Pourtalès

La **Fondation de l'Hôpital Pourtalès** à Neuchâtel est propriétaire d'un domaine viticole réputé de 11,5 ha situé sur la commune de Cressier, principalement planté en chasselas et pinot noir. Sa récolte est traditionnellement vendue à fin février lors d'une vente aux enchères. En raison du départ à la retraite de notre régisseur, nous cherchons

Un vigneron Gestionnaire du domaine viticole et de la cave (H/F)

Votre profil

- Formation complète en viticulture et œnologie (diplôme ES ou formation équivalente au minimum)
- Expérience de quelques années dans la culture de la vigne et les travaux de la cave
- Expérience dans la commercialisation des vins
- Maîtrise des programmes informatiques usuels et des programmes spécifiques de la branche
- Aptitude à gérer d'une manière indépendante le domaine viticole, en recherchant en permanence l'amélioration de la qualité et de la typicité des vins produits
- De langue française ou allemande, avec une bonne maîtrise de l'autre langue

Nous offrons

- Un salaire en relation avec le poste
- Un intéressement aux résultats du domaine
- Un appartement sur le site du domaine

Le cahier des charges peut être consulté sur notre site www.domaineportalès.ch.

Entrée en fonction: **1^{er} septembre 2011**

Nous attendons votre dossier de candidature (lettre de motivation, CV, copie des diplômes et certificats) jusqu'au 10 septembre 2010 à l'adresse suivante:

Domaine de l'Hôpital Pourtalès
c/o Athemis
Case postale 2176
2001 Neuchâtel

Bouchons en liège
Capsules à vis · Bouchons couronne
Capsules de surbouchage · Bondes silicone
Barriques · Supports porte-barriques · Tire-bouchons

LIÈGE RIBAS S.A.

8-10, rue Pré-Bouvier · Z.I. Satigny · 1217 Meyrin
Tél. 022 980 91 25 · Fax 022 980 91 27

e-mail: ribas@bouchons.ch

www.bouchons.ch

LALLEMAND
Levures,
bactéries,
nutriments et enzymes:
pour obtenir des vins typiques et
prononcés!

Infos: www.baldinger.biz ou
notre **catalogue rouge**

Baldinger
dep. 1951 www.baldinger.biz

**Pépinières
viticoles**

Héli Dutruy
Ch. du Lac 2
1297 Founex
Tél. 022 776 16 39
Fax 022 776 64 24

Depuis
3 générations, nous
participons à l'évolution
du vignoble suisse par:

la production de plants de
vignes de haute qualité

la sélection des meilleurs
clones et souches de cépages nobles


la production de nos
propres porte-greffes

un service digne
de ce nom.

- Pièces de rechange cuves toutes marques
- Cuves rectangulaires et rondes
Cuves à fouloirs
Autoclaves à mousseux
- Tuyauterie, pompes
- Fouloirs, égrappoirs
- Pressoir à membrane
- Agrégats pour thermo-contrôles et installations complètes
- Thermomètres, thermostats, compteurs de débit

CUVES DE CAVES
MATÉRIEL ET MACHINES

Gérard Nellen - 1897 Les Evouettes
Tél. 024 481 32 74 - Fax 024 481 39 24



PLANTS DE VIGNES
Pour une viticulture moderne
couronnée de succès

PÉPINIÈRES VITICOLES ANDREAS MEIER & Co.
5303 Würenlingen | T 056 297 10 00
office@rebschule-meier.ch | www.vignes.ch



PIQUETS DE VIGNE
PIQUETS INTERMÉDIAIRES

- ZIGI R25
- ZIGI XL
- ZIGI 48/35
- ZIGI PRO
- OMEGA

**Galvanisés à chaud
100 microns**

PIQUETS DE TÊTE

- ZIGI R80
- ZIGI R60
- FER T

**Ecarteurs de fils
pour tous les piquets**

TOUT POUR LE PALISSAGE
Echalas-tuteurs, amarres, fils Crapo et Crapal,
tendeurs, attaches et protections diverses
pour les plantes

F. Zimmermann SA
1268 BEGNINS
Tél. 022 366 13 17 – Fax 022 366 32 53

DEPUIS 120 ANS À VOTRE SERVICE



**POMPES, GESTION DES TEMPÉRATURES,
RACCORDS ET ACCESSOIRES INOX**



Dupenloup SA
9, chemin des Carpières
1219 Le Lignon - GE
Tél. 022 796 77 66
Mail: contact@dupenloup.ch

MAISON FONDÉE EN 1888
DUPENLOUP SA
MATÉRIEL POUR L'INDUSTRIE
FABRIQUE DE POMPES

**Afin de mieux vous servir:
Partenariat commercial et technique
entre Dupenloup SA et Oeno-Pôle Sàrl**



**RÉCEPTION, PRESSURAGE, FLOTTATION,
VINIFICATION, CONDITIONNEMENT**



Oeno-Pôle Sàrl
CP 57, 1183 Bursins
Tél. 078 716 40 00
Mail: info@oeno-pole.ch

**OENO
PÔLE**
Au service de la qualité

Et bien plus sur: **WWW.OENO-POLE.CH**