

Evolution des propriétés mécaniques des raisins de Cabernet franc et de Chenin au cours de la maturation

Stéphanie DOUMOUYA¹, Marc LAHAYE², Ronan SYMONEAUX¹ et René SIRET¹

¹LUNAM Université, UMT VINITERA, UPSP GRAPPE, Ecole supérieure d'agriculture d'Angers, France

²Unité BIA, INRA Nantes, France

Renseignements: Stéphanie Doumouya, e-mail: s.doumouya@groupe-esa.com, www.groupe-esa.com

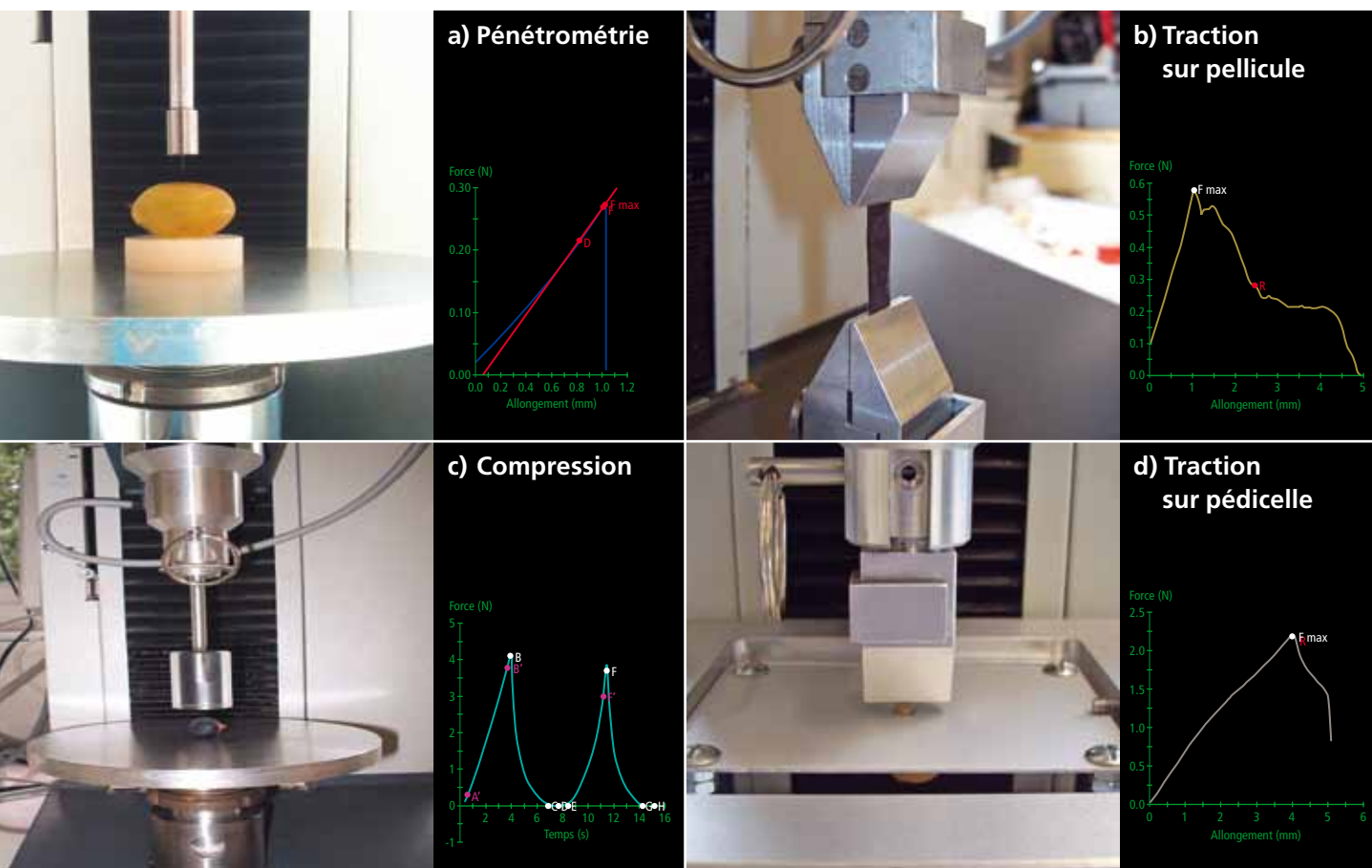


Figure 1 | Les différentes techniques de mesure instrumentales de la texture utilisées et le type de courbes associées.

Introduction

La qualité du vin est une préoccupation majeure de la filière viti-vinicole, abordée dès le vignoble par la détermination de la qualité du raisin. Deux facteurs principaux déterminent les choix de vinification: le niveau de maturité des baies de raisin et le type de terroir. Pour le contrôle de la maturité, deux types d'indicateurs sont classiquement utilisés: les indicateurs liés aux sucres, à l'acidité et au pH qui traduisent la matu-

rité technologique et les indicateurs sur la teneur en composés phénoliques permettant d'estimer la maturité phénolique. Cependant, les professionnels de la filière ont réalisé que ces indicateurs n'appréhendent que partiellement la qualité du raisin. L'hypothèse d'un lien entre la variation de l'extractibilité des composés phénoliques et les propriétés mécaniques de la baie, englobées sous le terme général de «texture», peut être avancée. En effet, divers travaux (Le Moigne *et al.* 2008; Maury *et al.* 2009; Zouid *et al.* 2010) ont démon-

tré l'intérêt d'appréhender la qualité texturale du raisin par l'étude de la variation des propriétés mécaniques des baies de Cabernet franc au cours de leur maturation. Cependant, peu de données ou de travaux sont référencés dans la littérature sur l'analyse de ces propriétés et leur évolution pour des variétés de raisins blancs. Le présent travail se propose, à travers l'étude de l'évolution de la texture des raisins à différents stades de maturation, d'analyser et de comparer les propriétés mécaniques de deux variétés de raisins de cuve du Val de Loire (France), de couleur et d'origine différentes, le Cabernet franc et le Chenin. Pour cela, cinq méthodes instrumentales ont été utilisées: la double compression 20 %, la simple compression 70 %, la pénétration, la traction sur pellicule et la traction sur pédicelle.

Matériel et méthodes

Prélèvements et échantillonnages

Dans le cadre de cette étude, l'évolution des propriétés mécaniques des baies de Chenin et de Cabernet franc issues de six parcelles différentes du Val de Loire en France (tabl.1) a été étudiée pour le millésime 2010, sur trois dates en fin de maturation de fin septembre à mi-octobre. Pour chaque parcelle, les baies ont été récoltées hebdomadairement avec leur pédicelle selon le protocole IFV (Vinsonneau et Anneraud 2008). Cette méthode consiste à collecter des échantillons sur des ceps situés au milieu des rangs. Chaque fraction contient trois à cinq baies alternativement prélevées sur le haut ou le bas de la grappe jusqu'à ce que 450 baies soient collectées. Les raisins ainsi prélevés ont été stockés dans des boîtes individuelles et réfrigérés afin de limiter la trituration des baies lors du transport au laboratoire GRAPPE (ESA, Angers, France). Pour chaque date, un tirage aléatoire est réalisé afin de les répartir en cinq lots homogènes de trente baies. Chacun des lots est destiné aux mesures de propriétés mécaniques par une des cinq techniques. Une modalité correspond à un prélèvement d'une parcelle à un stade de maturité.

Tableau 1 | Codification et localisation des parcelles du dispositif expérimental

Variété	Numéro de parcelle	Localisation
Cabernet franc	F2	Bourgueil
	F3	Saint-Nicolas-de-Bourgueil
Chenin	F10	Chalonnnes-sur-Loire
	F11	Chalonnnes-sur-Loire
	F19	Vauchrézien
	F36	Vauchrézien

Résumé En étudiant l'évolution de la texture des raisins à différents stades de maturation, ce travail analyse et compare les propriétés mécaniques de deux variétés de raisin de cuve du Val de Loire (France), de couleur et d'origine différentes (Cabernet franc et Chenin). Pour cela, cinq méthodes instrumentales ont été utilisées: la double compression 20 %, la simple compression 70 %, la pénétration, la traction sur pellicule et la traction sur pédicelle. Globalement, les différentes techniques de mesure de la texture indiquent des différences entre les stades de maturité, les parcelles et les variétés. Il existe des différences entre ces techniques et chacune fournit des informations spécifiques. Les techniques de mesure sur baie entière (compression 20 % et compression 70 %) semblent plus efficaces sur des variétés de Chenin. A l'inverse, les mesures instrumentales de texture relatives à la pellicule (pénétration et traction sur pellicule) possèdent au moins un paramètre capable de différencier des dates de maturation chez le Cabernet franc. D'après l'ensemble des résultats, le paramètre F-max s'avère un bon critère de comparaison entre les deux cépages. Cette étude a ainsi permis de démontrer que les propriétés mécaniques des deux variétés blanche et rouge de raisin de cuve étudiées étaient significativement différentes. Les pellicules des baies de Cabernet franc sont en effet plus résistantes que celles du Chenin. Il devrait être intéressant, par la suite, de mieux comprendre l'origine de ces évolutions et de poursuivre en identifiant à l'échelle microscopique et biochimique (cellules et parois du raisin) les paramètres responsables de la variation des propriétés mécaniques pendant la maturation.

Analyses des propriétés mécaniques

Les tests ont été réalisés à l'aide d'un texturomètre universel: TAxT2i Texture Analyzer (Stable Micro Systems-SMS, Surrey, 119 UK).

Mesures mécaniques sur la pellicule de raisin

Pénétration (fig.1a): une aiguille P2/N perce la baie placée en position équatoriale à une profondeur de 3 mm et à une vitesse de 8 mm/s. Une courbe force/allongement est analysée et trois paramètres en découlent: la force (Fmax) en N pour pénétrer la pellicule, l'énergie à la rupture (W) en mJ, la pente associée à la force maximale (Grad) en N/mm, et l'allongement à la rupture (ALmax) en mm.

Traction sur pellicule (fig.1b): des échantillons de pellicules de surface identique subissent une traction jusqu'à leur déchirure. Les paramètres qui en découlent sont la force (Fmax) en N, l'allongement maximal (ALmax) en mm et l'énergie (W) en mJ.

Mesures mécaniques de la baie entière

Afin de s'affranchir de la forme de la baie, les valeurs obtenues sont normalisées en divisant par la hauteur de la baie.

Double compression 20 % (fig.1c): la baie placée en position équatoriale subit deux compressions successives à une vitesse constante de 50 mm/min et un taux de compression à 20 % de sa hauteur. La courbe force/temps qui en découle donne les paramètres suivants: force maximale à la première compression (F1) et à la

deuxième compression (F2) mesurée en N; l'énergie liée au premier cycle et au deuxième cycle de compression, respectivement (W1) et (W2), mesurée en mJ; la pente au départ, à la première et à la deuxième compression, respectivement (Grad0), (Grad1) et (Grad2) mesurée en N/mm et deux paramètres secondaires qui sont la cohésion (rapport entre W1 et W2) et le caractère gommeux (produit de F1 et la cohésion).

Compression simple 70 % (fig.1c): la baie placée en position équatoriale subit une compression destructive à 70 % de sa hauteur à une vitesse constante de 80 mm/min. Les paramètres qui en découlent sont la force (Fmax) en N et l'énergie (W) en mJ.

Traction sur pédicelle (fig.1d): les paramètres qui en découlent sont la force (Fmax) en N, l'allongement maximal (ALmax) en mm et l'énergie (W) en mJ.

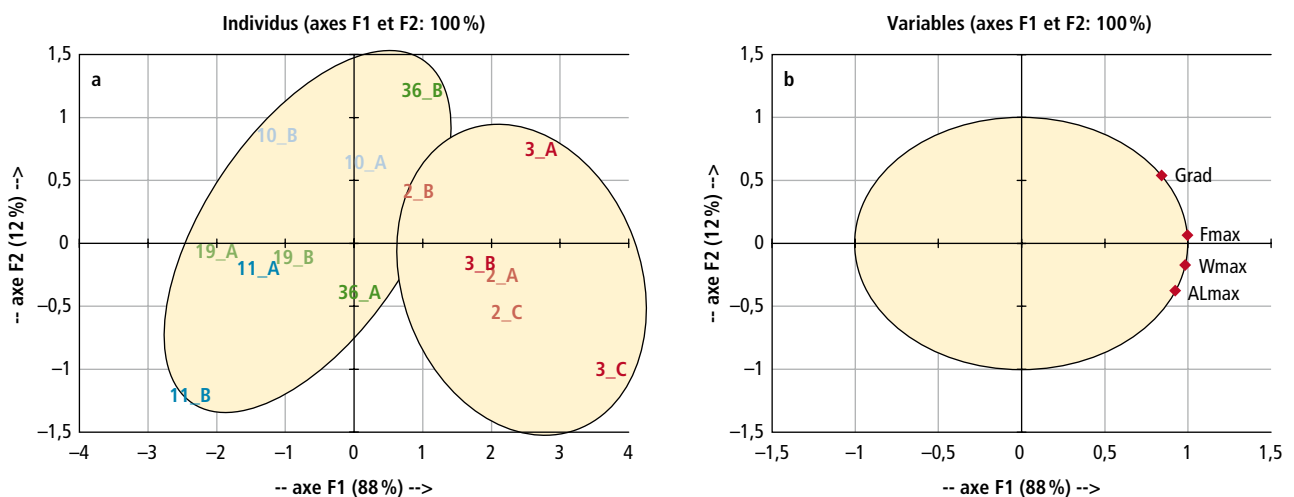


Figure 2 | Analyse en composantes principales des paramètres de pénétration. Les individus sont identifiés selon le codage suivant: «numéro de parcelle_date». a: individus, b: variables.

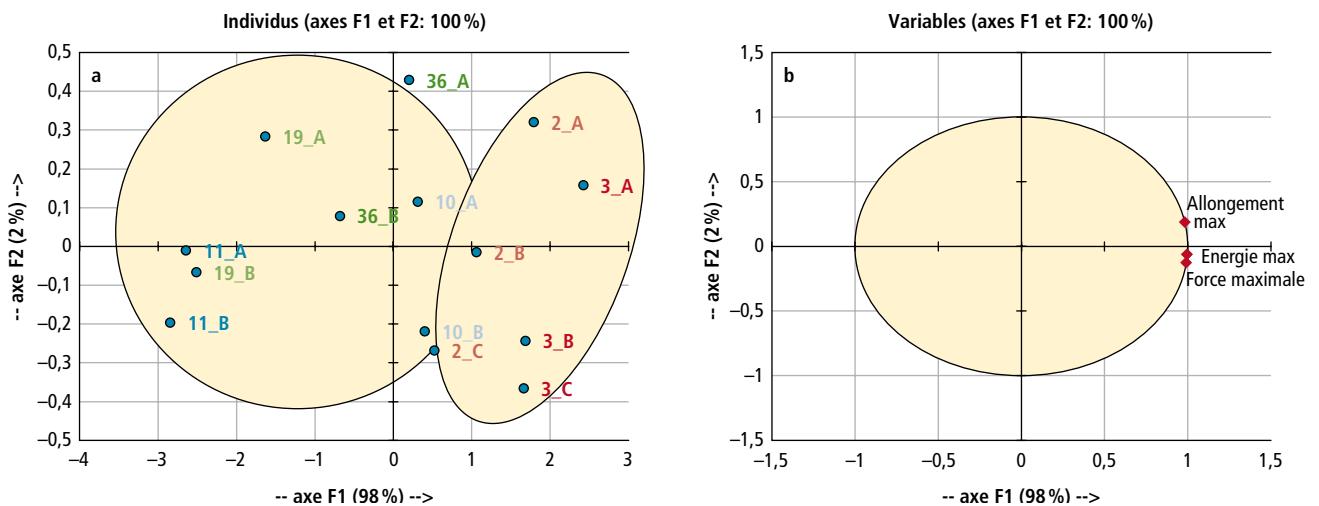


Figure 3 | Analyse en composantes principales des paramètres de traction sur pellicule. Les individus sont identifiés selon le codage suivant: «numéro de parcelle_date». a: individus, b: variables.

Analyses statistiques

Pour mettre en évidence les effets liés à la maturation et à la parcelle en fonction des paramètres de propriétés mécaniques des raisins, des analyses de variance à deux facteurs sont effectuées sur l'ensemble des données selon le modèle suivant: paramètre = date + parcelle + date*parcelle.

Le tableau 2 présente les valeurs des probabilités associées pour les paramètres issus des cinq types de mesures physiques. Une analyse en composante principale a également été réalisée pour chacune des mesures instrumentales de texture.

Résultats et discussion

Comparaison des textures par pénétrométrie

D'après le tableau 2, les résultats de l'ANOVA montrent que la technique de pénétrométrie est capable de discriminer significativement les deux variétés Cabernet franc et Chenin entre elles. Les effets de la date et de la

parcelle sont significatifs au seuil de 5 % pour tous les paramètres de pénétrométrie pour la variété Cabernet franc. En revanche pour la variété Chenin, l'effet de la date n'est pas significatif: quelle que soit la maturité il n'y a pas de différence de texture. La figure 2a montre l'analyse en composantes principales pour la pénétrométrie. La composante principale 1 (PC1) explique 88 % de la variabilité dans les échantillons et la composante principale 2 (PC2), 12 %. Sur la première composante, on observe une répartition des échantillons selon leur variété: Cabernet franc à droite du plan factoriel et Chenin à gauche. L'analyse des poids factoriels (fig. 2b) indique que les variables expliquant la plus grande part de la variance de la composante PC1 sont «F-max», «W» et «ALmax». Les résultats de l'ACP et de l'ANOVA confirment que la technique de pénétrométrie permet de différencier significativement des baies de variétés différentes. Cette technique permet aussi de discriminer des degrés de maturité différents au sein d'une même variété, notamment par le paramètre F-max. >

Tableau 2 | Analyse de variance (ANOVA) pour les paramètres texturaux en fonction de la maturité et de l'origine des cépages Cabernet Franc et Chenin

	Paramètres	Cabernet franc			Chenin			Effet variété
		Date p	Parcelle p	Date*parcelle p	Date p	Parcelle p	Date*parcelle p	Variété p
Pénétrométrie	Fmax	< 0,001	< 0,001	ns	ns	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	ALmax	< 0,001	< 0,05	< 0,05	ns	< 0,01	< 0,01	< 0,001
	W	< 0,001	< 0,001	ns	ns	< 0,001	< 0,01	< 0,001
	Grad	< 0,05	< 0,05	ns	ns	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Traction pellicule	Fmax	ns	< 0,05	ns	ns	< 0,001	ns	< 0,001
	ALmax	< 0,001	ns	ns	ns	< 0,001	ns	< 0,001
	W	ns	< 0,01	ns	ns	< 0,001	ns	< 0,001
Double compression 20 %	F1	< 0,001	ns	ns	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,01
	F2	< 0,001	ns	ns	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,01
	Grad0	< 0,01	ns	ns	< 0,001	< 0,05	< 0,001	ns
	Grad1	ns	ns	ns	< 0,001	< 0,01	< 0,05	< 0,05
	Grad2	ns	< 0,05	ns	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,001
	W1	< 0,05	ns	ns	ns	< 0,001	< 0,001	ns
	W2	< 0,001	< 0,05	ns	ns	< 0,001	< 0,01	< 0,05
	Cohésion	< 0,05	< 0,05	ns	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Gommeux	< 0,001	< 0,01	ns	< 0,001	< 0,001	ns	< 0,001	
Compression 70 %	Fmax	ns	ns	< 0,01	< 0,001	< 0,01	< 0,001	< 0,01
	W	ns	< 0,001	ns	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,05
Traction pédicelle	Fmax	ns	ns	< 0,05	ns	< 0,001	ns	ns
	ALmax	< 0,05	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	W	< 0,05	ns	ns	ns	< 0,001	ns	ns

■ Significativité avec probabilité $p < 0,001$ ■ Significativité avec probabilité $p < 0,01$ ■ Significativité avec probabilité $p < 0,05$
 ns = non significatif

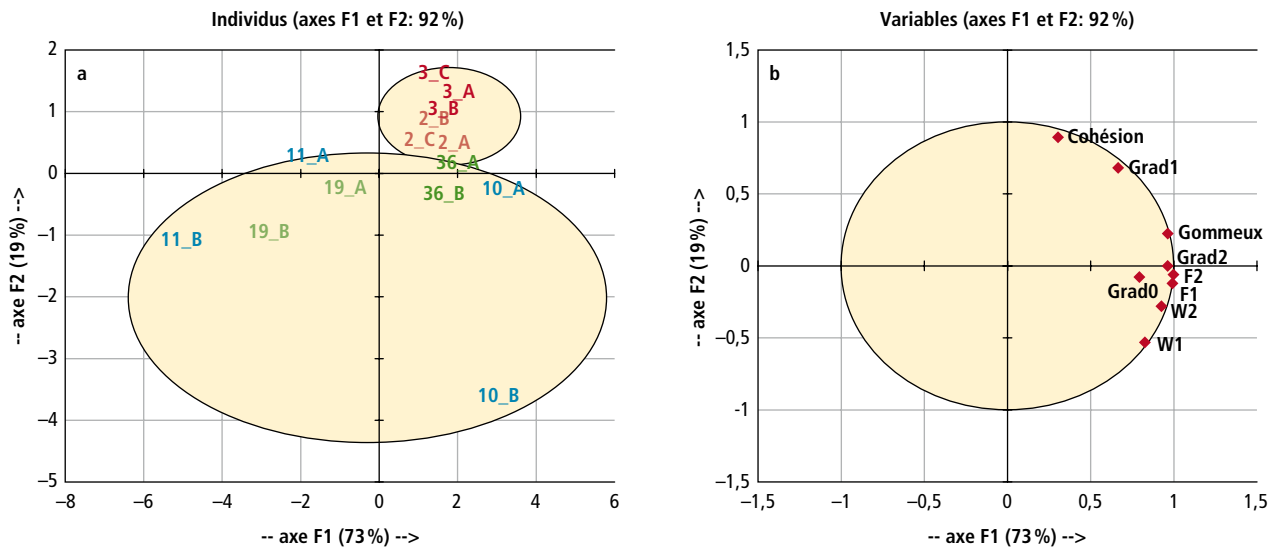


Figure 4 | Analyse en composantes principales des paramètres de double compression 20%. Les individus sont identifiés selon le codage suivant: «numéro de parcelle_date». a: individus, b: variables.

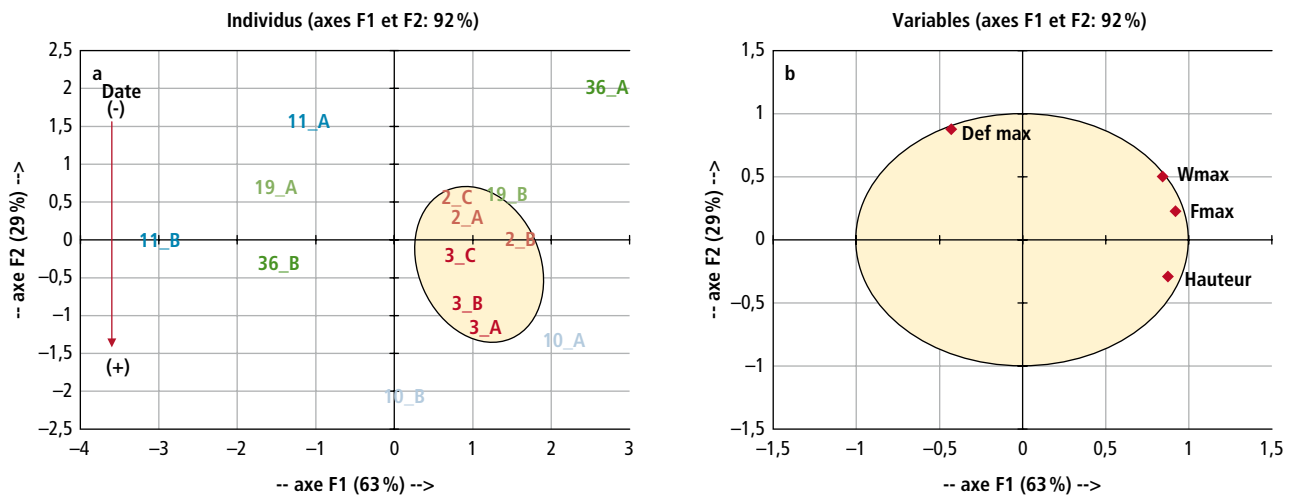


Figure 5 | Analyse en composantes principales des paramètres de compression 70%. Les individus sont identifiés selon le codage suivant: «numéro de parcelle_date». a: individus, b: variables.

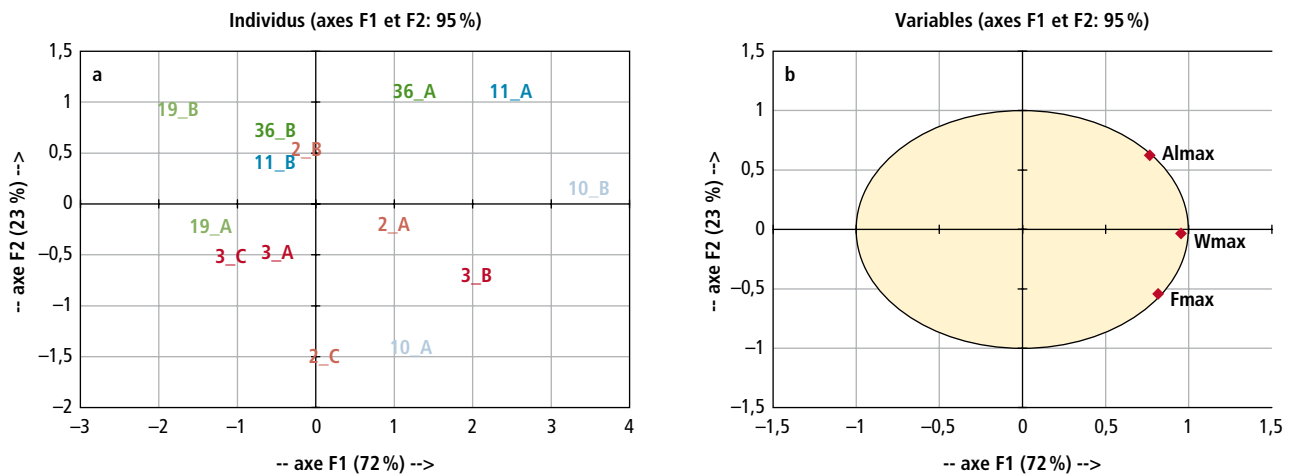


Figure 6 | Analyse en composantes principales des paramètres de traction sur pédicelle. Les individus sont identifiés selon le codage suivant: «numéro de parcelle_date». a: individus, b: variables.

Des études ont montré que la force à la rupture de la pellicule est le paramètre mécanique le plus fiable pour estimer l'extractibilité des anthocyanes (Rolle *et al.* 2008; 2009; Zouid *et al.* 2010).

Comparaison des textures par traction sur pellicule

Le tableau 2 montre que tous les paramètres de traction sur pellicule permettent de discriminer significativement les variétés de Chenin et Cabernet franc. La date n'a pas d'effet significatif pour la variété Chenin alors que, pour le Cabernet franc, l'Allongement max montre des différences significatives en fonction de la date au seuil de 5 %. L'analyse en composantes principales (fig. 3) montre une répartition des échantillons en fonction de la parcelle et de la variété sur l'axe 1 de la composante expliquant 98 % de la variance observée.

Comparaison des textures par double compression 20 %

La double compression 20 % est celle qui fournit le plus de paramètres parmi les cinq techniques testées. L'analyse de variance de ces paramètres (tabl. 2) montre que cette technique est globalement plus efficace avec le cépage Chenin que pour le Cabernet franc. Pour le Chenin, la quasi-totalité des paramètres permet de différencier significativement la date et la parcelle d'origine. L'interaction date x parcelle est aussi significative au seuil de 5 % pour tous les paramètres, laissant supposer que chaque parcelle possède sa propre cinétique de maturation, s'exprimant par les propriétés mécaniques liées au ramollissement des baies, et que l'effet de la date et celui de la parcelle ne peuvent pas être considérés indépendamment. Les résultats de l'ACP (fig. 4a et b) confirment ceux de l'ANOVA, avec une répartition en fonction de la parcelle sur l'axe de la composante 1. L'axe 2 quand à lui sépare les échantillons en fonction de la variété et de la date pour le Chenin. Le Moigne *et al.* (2008), Zouid *et al.* (2010) ont également montré que la technique de double compression est efficace pour discriminer des millésimes, des parcelles et des dates de maturation. Abbal *et al.* (1992) ont caractérisé la date de véraison par des méthodes de compression 30 % et aussi différencié cinq cépages rouges en utilisant la compression 20 %. La baisse de la valeur F-max reflète le ramollissement de la baie de raisin au cours de la maturation, conséquence de changements physiologiques et structuraux importants. La littérature rapporte que la baisse de fermeté des fruits coïncide avec la dissolution de la lamelle moyenne, entraînant une réduction de la cohésion des cellules, la dépolymérisation et la solubilisation des hémicelluloses et des polysaccharides pectiques des parois cellulaires, et parfois un épaissement de la paroi (Brummel et Harpster 2001). De plus Thomas *et al.*

(2008) et Wada *et al.* (2009) ont observé des corrélations entre la pression de turgescence et la fermeté des fruits, suggérant que le ramollissement de la baie de raisin serait dû à la perte de la pression de turgescence à la maturation, laquelle pourrait être attribuée à l'apparition de solutés dans l'apoplaste des baies.

Comparaison des textures par compression destructive 70 %

L'ANOVA (tabl. 2) révèle que la technique de compression 70 % est très efficace pour différencier significativement la date et la parcelle chez le Chenin, pour lequel l'interaction date x parcelle également est significative au seuil de 5 % pour tous les paramètres de compression 70 % étudiés. L'ACP (fig. 5a) confirme que la méthode permet de distinguer des parcelles différentes. On observe un effet maturité sur l'axe de la composante 2. L'analyse des poids factoriels (fig. 5b) indique que la variable expliquant la plus grande part de la variance de la composante PC1 est «F-max».

Comparaison des textures par traction sur pédicelle

La technique de traction sur pédicelle vise à recréer en laboratoire une technique empirique utilisée par les viticulteurs pour évaluer la maturité à la parcelle, reposant notamment sur la facilité à décrocher le pédicelle de la baie de raisin. Le Moigne *et al.* (2008) ont montré en outre que ce critère était pertinent dans l'évaluation de la qualité des baies par analyse sensorielle. Les résultats de l'ANOVA (tabl. 2) montrent que la technique de traction sur pédicelle ne permet pas de différencier les deux variétés de raisin blanc et rouge. L'effet de la date est significatif pour les paramètres «ALmax» et «Energie max» chez le Cabernet. En revanche, les paramètres «F-max» et «Energie max» permettent de différencier significativement des parcelles d'origine différente pour le Chenin. Les résultats de l'ACP (fig. 6) montrent que le facteur influençant le plus la variabilité observée entre les échantillons est «Energie max».

La comparaison des techniques instrumentales de mesure de la texture montre que l'on peut discriminer des stades de maturité, des parcelles et des variétés entre elles. Les techniques de mesure sur baie entière telles que les compressions 20 % et 70 % semblent plus efficaces sur des variétés de Chenin. A l'inverse, les mesures de texture liées à la pellicule telles que la pénétrométrie et la traction sur pellicule possèdent au moins un paramètre capable de différencier des dates de maturation chez la variété Cabernet franc. D'après l'ensemble des résultats, le paramètre «F-max» s'avère un bon critère de comparaison entre les deux cépages. ➤

Tableau 3 | Comparaison du paramètre Fmax entre les variétés de Cabernet Franc et Chenin

		Pénétrométrie	Traction pellicule	Double compression 20 %	Compression 70 %	Traction pédicelle
Valeur moyenne	Cabernet Franc	0,0338 ± 0,005	1,95 ± 0,05	2,59 ± 0,05	7,84 ± 0,18	1,49 ± 0,04
Fmax (N)	Chenin	0,228 ± 0,005	1,18 ± 0,04	2,38 ± 0,04	5,96 ± 0,15	1,46 ± 0,04
	Significativité	***	***	*	***	ns

Significativité $p < 0,05$ (*); $p < 0,001$ (**); ns: non significatif.

Le tableau 3 donne les valeurs moyennes «F-max» obtenues en réunissant l'ensemble des parcelles et les dates de prélèvement d'une même variété. La comparaison des résultats montre des différences significatives en termes de propriétés mécaniques entre les deux variétés testées. Pour la traction sur pellicule, les valeurs de «F-max» atteignent 1,95 et 1,18 N respectivement pour le Cabernet franc et le Chenin avec une significativité de $p < 0,001$. Pour la pénétrométrie, ces valeurs de «F-max» de 0,338 et 0,228 N distinguent significativement ($p < 0,001$) le Cabernet franc du Chenin. Les valeurs «F-max» extraites des mesures de pénétrométrie et de traction de la pellicule indiquent que les pellicules des raisins de Cabernet franc sont plus résistantes que celles du Chenin.

Conclusions

- D'après la littérature et les résultats obtenus lors de cette étude, les méthodes d'analyse des propriétés mécaniques sont pertinentes pour étudier l'origine, la variété et le degré de maturité.

- Parmi les mesures physiques utilisées, les techniques de double compression 20 % et de pénétrométrie semblent les plus efficaces pour différencier la date de prélèvement et la parcelle d'origine.
- Les méthodes de traction sur pédicelle et de compression 20 % nécessiteraient d'être mieux optimisées.
- L'étude a pu démontrer que les propriétés mécaniques des variétés blanche et rouge étaient significativement différentes. Les pellicules de Cabernet franc sont plus résistantes que les pellicules de Chenin.
- Les différences de résultats entre les variétés testées rouge et blanche peuvent refléter la sensibilité plus importante des raisins de cépages blancs aux attaques fongiques.
- Il serait intéressant par la suite de mieux comprendre l'origine de ces évolutions et d'identifier à l'échelle microscopique (cellules et parois du raisin) les phénomènes responsables de la variation des propriétés mécaniques du raisin durant sa maturation. ■

Bibliographie

- Abbal P., Boulet J. C. & Moutounet M., 1992. Utilisation de paramètres pour caractériser la véraison des baies de raisin. *Journal international des Sciences de la Vigne et du Vin* **26**, 231–237.
- Brummel D. & Harpster M., 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant molecular Biology* **47**, 311–340.
- Le Moigne M., Symoneaux R. & Jourjon F., 2008. Sensory and instrumental characterisation of Cabernet franc grapes according to ripening stages and growing location. *Food Quality and Preference* **19**, 220–331.
- Le Moigne M., 2008. Recherche de mesures innovantes pour suivre la qualité du raisin de Cabernet franc pendant sa maturation. Thèse de doctorat, Université d'Angers, France. 254 p.
- Maury C., Madieta E., Le Moigne M., Mehinagic E., Siret R. & Jourjon F., 2009. Development of a mechanical texture test to evaluate the ripening process of Cabernet franc. *Journal of Texture Studies* **40**, 511–535.
- Rolle L., Torchio F., Zeppa G. & Gerbi V., 2008. Anthocyanin extractability assessment of grape skins by texture analysis. *Journal international des Sciences de la Vigne et du Vin* **42**, 157–162.
- Rolle L., Torchio F., Zeppa G. & Gerbi V., 2009. Relationship between skin break force and anthocyanin extractability at different ripening stages. *American Journal of Enology and Viticulture* **60**, 93–97.
- Rolle L., Siret R., Rio Segade S., Maury C., Gerbi V. & Jourjon F., 2012. Instrumental Texture Analysis Parameters as Markers of Table-Grape and Winegrape Quality: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture* **60**, 11–28.
- Thomas T., Shackel K. & Matthews M., 2008. Mesocarp cell turgor in *Vitis vinifera* L. berries throughout development and its relation to firmness, growth, and the onset of ripening. *Planta* **228**, 1067–1076.
- Vinsonneau E. & Anneraud C., 2008. Estimation de la maturité: des outils simples de mise en œuvre. *Matevi* **36**, 1–11.
- Wada H. et al., 2009. Fruit ripening in *Vitis vinifera*: apoplastic solute accumulation accounts for pre-veraison turgor loss in berries. *Planta* **227**, 1351–1361.
- Zouid I., Siret R., Mehinagic E., Maury C., Chevalier M. & Jourjon F., 2010. Evolution of grape berries during ripening: investigations into the links between their mechanical properties and extractability of their skin anthocyanins. *Journal international des Sciences de la Vigne et du vin* **44**, 87–99.

Summary

Study and comparison of changes in mechanical properties of grapes from the Cabernet franc and Chenin (*Vitis vinifera* L.) during maturation

A comparative analysis of the mechanical properties was conducted on two wine grapes varieties from the Loire Valley (France) differing in color and origin (Chenin and Cabernet franc). The evolution of the texture of the grapes was observed at different stages of maturation with five instrumental methods: double compression 20 %, simple compression 70 %, penetrometry, skin traction and pedicel traction. Overall, the comparison showed that different stages of maturity could be distinguished as well as the varieties and vineyards. Techniques applied to whole-berry features such as compression 20 % and compression 70 % were more effective on the Chenin varieties. On the other hand, skin texture measurement techniques such as penetrometry and skin traction offered at least one parameter that could differentiate dates of maturation in cv. Cabernet franc. Considering all the data, the F-max parameter appeared to be a useful criterion for comparing the two varieties. This study demonstrated that mechanical properties of red and white grapes are significantly different: berry skins of Cabernet franc were more resistant than those of Chenin. To better understand these mechanical differences, an investigation at microscopic and biochemical scale will be undertaken in the near future.

Key words: Grape, mechanical properties, Cabernet franc, Chenin.

Zusammenfassung

Vergleich von Veränderungen der mechanischen Eigenschaften der Trauben der Cabernet franc und Chenin (*Vitis vinifera* L.) während der Reifung

Diese Studie präsentiert eine vergleichende Analyse der mechanischen Eigenschaften von zwei aus dem Tal von Loire (Frankreich) stammenden Weintraubensorten verschiedener Herkunft und Farbe (Chenin und Cabernet franc). Diese Analyse wurde unter Berücksichtigung der Textur der Beeren in verschiedenen Reifungsstadien mit fünf instrumentellen Untersuchungsmethoden durchgeführt: 20 % zweifache Kompression, 70 % einfache Kompression, Penetrometrie, Zugfestigkeit des Stiels und der Schale. Im Allgemeinen zeigen die verschiedenen Techniken, dass unterschiedliche Reifungsstadien für verschiedene Weinbergen und Sorten erkannt werden können. Messtechniken, die die gesamte Beere betrachten, wie 20 % und 70 % Kompression, sind anscheinend genauer für die Rebsorte Chenin. Andererseits können für die Sorte Cabernet franc die Techniken zur Messung der Konsistenz der Schale (Penetrometrie oder Zugfestigkeit) die Reifenzeiten unterscheiden. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass der Parameter F-max gut angemessen für einen Vergleich beider Rebsorten. Diese Studie hat gezeigt, dass die mechanischen Eigenschaften der roten und weissen Trauben sehr unterschiedlich sind: die Schalen der Cabernet-Trauben sind widerstandsfähiger als Chenin. Um die Ursachen dieser Unterschiede zu verstehen, wird in der nahen Zukunft eine neue Untersuchung auf mikroskopischer und biochemischer Stufe weiter durchgeführt.

Riassunto

Evoluzione delle variazioni di proprietà meccaniche di uva dal Cabernet franc e Chenin (*Vitis vinifera* L.) durante la maturazione

In questo studio si presenta un'analisi comparativa delle proprietà meccaniche di due cultivar della Valle della Loira (Francia), differenti per colore e origine (Chenin e Cabernet). Questa analisi è stata fatta considerando l'evoluzione della consistenza degli acini a differenti stadi di maturazione. Sono stati utilizzati cinque metodi di indagine strumentale: compressione doppia al 20 %, compressione semplice al 70 %, penetrometria, trazione della buccia e trazione del pedicello. In generale il paragone mostra che si possono distinguere diversi stadi di maturazione così come le diverse cultivar e i differenti vigneti. Tecniche di misurazione che considerano caratteristiche globali dell'acino come la compressione al 20 % o al 70 % funzionano meglio sulla varietà Chenin. D'altro canto le tecniche di misurazione della consistenza della buccia (penetrometria o trazione della buccia) permettono di distinguere diversi stadi di maturazione nel caso del Cabernet franc. Considerando tutti i dati, il parametro F-max risulta di essere molto utile per paragonare le due cultivar. Questo studio dimostra che le proprietà meccaniche delle uve rosse e bianche sono molto diverse: le bucce delle uve Cabernet sono più resistenti di quelle del Chenin. Per capire le ragioni di tali differenze, continueremo le nostre indagini su una scala microscopica e biochimica nel prossimo futuro.