

DETERMINATION DU DEGRE DE MATURITE DES BAIES DE RAISIN BLANC (*VITIS VINIFERA* L. CV CHENIN) PAR DES MESURES PHYSIQUES
DETERMINATION OF THE MATURITY STATUS OF WHITE GRAPE BERRIES (*VITIS VINIFERA* L. CV CHENIN) THROUGH PHYSICAL MEASUREMENTS

G. Barbeau, Y. Cadot, F. Neau.

INRA, Unité Expérimentale Vigne et Vin, 42, rue Georges Morel, BP 57, 49071 Beaucouzé cedex (France). Mailto : barbeau@angers.inra.fr

Key-words : *Vitis vinifera*, chenin, terroirs, firmness, heterogeneity, veraison, maturation

Abstract

Veraison represents an intermediate stage in development of grape berries, coinciding with the onset of the maturation process. The change in skin coloration is associated with a loss of firmness, a reduction of acidity and an increase in sugar and pigment contents, as well as berry size. For white berries, veraison is difficult to determine on a visual basis. Its evaluation through finger pressure is too subjective to be used as a routine technique. In a previous work, compression tests realized with Cabernet franc berries allowed to develop a non destructive method to analyse the firmness of the berries in relation with their chemical composition ; this method is now extended to the Chenin variety. Samples of berries were taken from two experimental plots for compression tests and chemical analyses, at ten picking dates, from two weeks before veraison until two weeks after. The plots were chosen according to their geo-pedological characterisation and its consequences on the behaviour of the vine. Results indicated that the compression ratio of 20% of the berry diameter and the pressure classes determined for Cabernet franc were also accurate for Chenin. The method allowed to determine with precision the physical mid-veraison stage (loss of firmness for 50% of the berries) and brought to the fore the level of heterogeneity of berries and the differences between plots in terms of earliness. High correlations between berry firmness and both sugar and malic acid contents were obtained as soon as the veraison process initiated. These results will enable to follow in situ the evolution of the grape berry maturation, on a dynamic non destructive way.

Résumé

La véraison, stade intermédiaire du développement de la baie de raisin, correspond au début de la maturation. Aux modifications de coloration de la pellicule sont associées une perte de fermeté, une diminution de l'acidité et une augmentation des teneurs en sucres et pigments ainsi que du volume de la baie. Le stade de véraison des cépages blancs reste difficile à apprécier visuellement. Son évaluation par palpation est subjective et donc sujette à caution. Une méthode non destructive d'analyse de la fermeté des baies (Cabernet franc) a été mise au point dans une précédente étude, utilisant des tests de compression. Cette méthode, qui permet de relier la fermeté à la composition biochimique a été étendue au Chenin. Des baies issues de deux parcelles bien caractérisées au plan des facteurs naturels du milieu (géo-pédologie) et du comportement de la vigne, ont fait l'objet de tests de compression et d'analyses biochimiques au cours de 10 prélèvements successifs couvrant la période 2 semaines avant véraison jusqu'à 2 semaines après véraison. Les résultats montrent que, comme dans le cas du Cabernet franc, le taux de compression à 20% de la hauteur de la baie ainsi que les classes de pression utilisées sont pertinentes. La méthode permet de déterminer avec précision une date de mi-véraison physique, de mettre en évidence le niveau d'hétérogénéité des baies au sein de chaque lot et des différences de précocité entre parcelles. Par ailleurs, une bonne corrélation entre la perte de fermeté des baies et leurs teneurs en sucres et acide malique peut être obtenue dès que le processus de véraison est amorcé. Ces résultats permettent d'envisager le suivi « in situ » de l'évolution de la maturation des baies, de manière dynamique et non destructive.

Mots-clés : *Vitis vinifera*, chenin, terroirs, fermeté, hétérogénéité, véraison, maturation

INTRODUCTION

La véraison, stade intermédiaire du développement de la baie de raisin, correspond au début de la maturation. Avant son instauration, les baies sont fermes, de couleur verte et leur volume représente approximativement la moitié de celui atteint à pleine maturité. Pendant la véraison, la coloration de la pellicule vire du vert au jaune vert chez les cépages blancs. A cette modification de la coloration sont associées une perte de fermeté, une diminution de l'acidité (acide malique notamment) et une augmentation des teneurs en sucres et pigments (caroténoïdes pour les cépages blancs) ainsi que du volume de la baie. Ces phénomènes se développent très rapidement et ne sont pas simultanés au sein d'un même cep ou d'une même grappe. De ce fait, la véraison ne peut être fixée de façon précise à une date bien définie. On admet généralement que le stade de mi-véraison est atteint lorsque la moitié des baies d'un cep a véré (Huglin, 1986).

Le stade de véraison des cépages blancs reste difficile à apprécier visuellement. Son évaluation par palpation est subjective et donc sujette à caution. Des tests de compression ont été appliqués à l'évaluation de la résistance à l'écrasement de diverses baies (Bares et al., 1994 ; Blahovec, 1994 ; Sato et al., 1997) ou en vue de la détection précoce de la véraison des raisins issus de cépages rouges (Abbal et al., 1992 ; Robin et al., 1996 ; Robin et al., 1997). Les paramètres généralement retenus sont la pente de la courbe force/déformation et la force maximale développée pour éclater la baie ou pour un taux de compression prédéfini (Harker et al., 1997). Ces tests ont permis la mise en évidence de différences de résistance à l'écrasement entre cépages et de corrélations entre la force maximale développée pour une compression de 30 % et le chroma a (Abbal et al., 1992).

Ces résultats ont été utilisés pour l'étude de baies de Cabernet franc en moyenne vallée de la Loire (Grotte et al., 2001). Cette étude a permis de valider l'adéquation de la pression - laquelle permet de s'affranchir de l'influence du calibre du fruit sur la valeur mesurée - comme critère de maturité des baies de raisin d'une part et de définir la méthodologie à appliquer pour ce type de mesure d'autre part. En particulier, il a été montré qu'un taux de compression non destructif à 20% de la hauteur de la baie était suffisant pour caractériser sa fermeté et qu'en dessous de ce taux de compression la position de la baie - équatoriale ou pédonculaire - était indifférente (Grotte et al., 2001). Les modifications chimiques survenant au moment de la véraison ont également pu être corrélées à des classes de pression (Grotte et al., 2001).

Les résultats probants obtenus pour le Cabernet franc (cépage rouge) demandaient à être validés sur un cépage blanc de la même région, en l'occurrence le Chenin. Ce travail n'a pu avoir lieu que 3 ans plus tard, par suite de contraintes liées au matériel utilisé pour les tests de compression.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériel végétal. Les essais ont été réalisés sur des baies de raisin du cépage blanc Chenin, clone 220, greffé sur porte-greffe SO4, provenant de 2 parcelles expérimentales de l'INRA (VAL et BLO), situées en Anjou dans l'A.O.C. Coteaux du Layon. Ces parcelles font partie d'un réseau « terroir » plus vaste qui fait l'objet d'un suivi régulier depuis 1990. Elles ont été choisies en fonction de la régularité du comportement de la vigne qui s'y est avéré diamétralement opposé depuis le début de l'étude, en termes de précocité des stades phénologiques, vigueur et expression végétative ainsi que composition des baies et développement de *Botrytis cinerea* (Barbeau et al., 2001). Chaque parcelle consiste en 240 ceps distribués sur 5 rangs consécutifs.

La vigne a été plantée en 1986. Elle est conduite en haie verticale. Les distances de plantation sont respectivement de 1.90 m x 1.10 m pour VAL soit 4 385 plants/ha et de 1.80 m x 1.25 m pour BLO soit 4 444 plants/ha. La vigne est taillée en Guyot double raccourci (8 yeux/cep) et désherbée chimiquement. La parcelle VAL correspond à un sol superficiel peu évolué (0,50 m) développé sur schistes gréseux du Briovérien ; elle est orientée NNO-SSE, avec une pente de 5% à 10%. Le sol de la

parcelle BLO est nettement plus profond (0,80 à 1,00 m) et correspond à un sol brun argileux d'altérite de schistes du Silurien. La parcelle est orientée NE-SO avec une pente d'environ 2%.

Appareil de mesure. L'appareil utilisé pour le Cabernet franc (un rhéomètre Penelaup - Sérissud) a été remplacé par un texturomètre TA.XT Plus (Stable Micro Systems). Cet appareil, automatique et programmable, permet de mesurer avec précision la déformation d'un produit sous l'effet d'une force, même faible. Suivant l'intensité de la contrainte choisie et l'embout utilisé, le test est destructif ou non. Le texturomètre est composé d'une colonne au bout de laquelle est placé un embout plan circulaire de trois centimètres de diamètre. La vitesse de déplacement du bras est fixée à 1mm/s. Sur le socle du texturomètre on place une planchette de bois sur laquelle sera posée la baie, de façon à avoir deux plans plats et parallèles (planchette, embout) lors de la compression. A chaque compression l'appareil relié à un ordinateur indique et enregistre : le diamètre de la baie, la force maximale, la déformation maximale correspondante à la courbe de déformation produite sur l'ordinateur pendant la compression.

Prélèvements et préparation des baies. Le premier prélèvement a été réalisé le 18 juillet 2003. A partir de cette date les prélèvements ont eu lieu tous les mardis et jeudis matin, afin d'effectuer les mesures dans la journée et ainsi éviter une évolution des baies. Pour ces mêmes raisons les baies sont prélevées avec pédicelle et conservées au froid dans une glacière. A chaque prélèvement, 200 baies sont nécessaires ; elles sont récoltées au sein de chaque parcelle expérimentale, à raison de 22 baies sur chacune des faces des cinq rangs. Les baies sont prélevées, de façon à avoir la meilleure représentativité possible: sur le haut, le milieu et le bas de la grappe - sur le haut et le bas du cep - sur les bras gauche et droit du cep. Les baies abîmées ou trop petites sont éliminées, de façon à n'en conserver que 200. Avant de procéder à la mesure, le pédoncule de chaque baie est ciselé au niveau du bourrelet. Puis, les baies sont numérotées de 1 à 100 et placées sur un plateau alvéolé afin de pouvoir les identifier correctement ultérieurement lors de leur classement par groupe de pression.

Tests de compression. Chaque lot de 200 baies a été divisé en deux et un taux de compression a été fixé à 10% de la hauteur de la baie pour l'un des lots et à 20% pour l'autre, en suivant le protocole décrit lors de la présentation du texturomètre. Le poids et la hauteur de la baie sont enregistrés. La déformation et la force développée sont relevées à chaque arrêt de la sonde, après chaque pas du moteur. Les spectres force/déformation de chaque fruit sont stockés sous forme d'un fichier séquentiel sur le disque dur d'un ordinateur compatible PC. Chaque compression permet d'obtenir une courbe de déformation de la baie qui informe sur l'élasticité et donc la fermeté de la baie. Une baie qui n'a pas été vérifiée n'a pas encore subi de modifications biochimiques qui modifient la fermeté des tissus et la rendent plus élastique. Lorsqu'elle subit une compression, sa pellicule peut éclater sous la force exercée. Chaque fois que la pellicule se rompt, la courbe présente une interférence qui fait que ne l'on peut pas obtenir des résultats exacts. Les résultats de ce type de courbe n'ont donc pas été pris en compte ; en revanche ils indiquent que la baie est non vérifiée. Pour être sûr d'obtenir une information correcte, il faut que la pente de courbe de compression soit la plus linéaire possible.

Expression des résultats. Les résultats obtenus précédemment sur Cabernet franc avaient permis de montrer qu'il était préférable d'exprimer les résultats sous forme de pression de façon à s'affranchir du diamètre de la baie. Les pressions exprimées en pascals (Pa) sont calculées (figure 1) pour chaque déplacement de 0.0125 mm à partir de la déformation (m), de la force (N) et de la hauteur de la baie (m). Une fois la mesure réalisée, les baies sont conservées au congélateur en attendant d'être classées par groupes de pression et analysées (la congélation n'a pas d'incidence sur les analyses chimiques).

RÉSULTATS

En 2003, la véraison étant attendue plus tôt que les années précédentes, il a été nécessaire d'effectuer des tests préliminaires très tôt sur baies dures, pour se familiariser avec le nouvel appareil. Au 18 juillet, les baies testées avec un taux de compression de 20% éclataient. Par contre, des compressions à 10% permettaient d'obtenir des courbes linéaires et de conserver les baies intactes. En l'absence de

références fiables, il a été décidé de poursuivre l'étude en réalisant en parallèle les compressions à 10 et 20%, de façon à être certain d'obtenir des résultats.

Choix des classes de pressions. De fortes pressions de l'ordre de 600 à 1000 Kpa ont été obtenues pour les premiers prélèvements. Il était donc important de représenter ce niveau qui n'était pas présent dans les études précédentes sur Cabernet franc. Une subdivision en deux des classes, à partir de 300 Kpa à été tentée, mais finalement non retenue du fait qu'il n'y avait plus suffisamment de baies pour représenter les classes, ce qui pose problème pour les analyses chimiques à réaliser par la suite. Les classes finalement retenues pour cette étude sur le Chenin figurent au tableau 1.

Choix des classes permettant la détermination de la véraison. La couleur n'étant pas ici l'indicateur déterminant de la véraison, c'est graphiquement qu'est examiné le déroulement de la véraison pour les deux parcelles. Les baies sont reclassées selon l'ordre décroissant de leur pression pour chaque date de prélèvement, et ce, pour les taux de compression à 10 et 20%. Le travail consiste ensuite à établir une relation entre pression et déroulement de la véraison (Figures 2 et 3). Dans une seconde étape, les baies sont reclassées toutes dates confondues et les deux parcelles sont reportées sur le même graphique (Fig. 4). L'allure des courbes fait apparaître une brusque variation de pression dans une zone comprise entre 300 et 500 Kpa. Au-dessus de 500 Kpa les baies sont encore dures, en-dessous de 300 Kpa, elles sont molles. Les courbes présentent un point d'inflexion vers 400 Kpa, lequel correspondrait au changement de texture de 50% des baies. Donc pour un cépage comme le chenin nous pouvons émettre l'hypothèse que la classe]0-300] correspondrait à des baies vérées, celle de]300-500] à des baies en cours de véraison et]500-800[à des baies non vérées.

Détermination de la véraison de la parcelle VAL. La véraison peut être approchée de diverses manières : changement de texture de la baie, début de l'accumulation des sucres, début de dégradation de l'acide malique ou encore augmentation du poids des baies. Ces différentes techniques ont été comparées. Selon les tests de compression correspondant à la parcelle VAL, si l'on estime un début véraison entre 1 et 10% de baies vérées celui-ci se situerait entre le 29/07 et le 01/08. La mi-véraison aurait lieu le 05/08 et la fin véraison (plus de 90% de baies vérées) vers le 10/08, ce quel que soit le taux de compression choisi.

Une augmentation très rapide du taux de sucres dans la baie est observable entre le 29 juillet et 1^{er} août pour les analyses faites pour un taux de compression de 20%. Cette augmentation est progressive et surtout notable entre le 1^{er} et le 5 août au taux de compression de 10%. L'augmentation de la teneur en sucres s'accompagne d'une augmentation de la taille et du poids des baies. Au taux de compression de 20% ce moment serait situé entre le 29 juillet et le 1^{er} août, alors qu'au taux de 10% l'augmentation est régulière jusqu'au 08 août et significative entre le 08 août et le 12 août.

Les dosages de l'acide malique n'ont pu être effectués que lorsque la classe comprenait au moins au 6 baies intactes. Si beaucoup avaient éclaté, cela signifiait qu'elles étaient encore dures et que la véraison n'avait pas commencé. Quel que soit le taux de compression, le pic d'acide malique était atteint avant le 29/07 et sa dégradation est notable entre le 29/07 et le 01/08.

Les analyses physico-chimiques réalisées sur baies ayant subi le taux de compression à 20% corroborent la date de début véraison obtenue par rhéologie. Les résultats obtenus avec baies compressées à un taux de 10% sont nettement moins homogènes.

Détermination de la véraison de la parcelle BLO. Les résultats de l'analyse rhéologique des baies de la parcelle BLO indiquent un début véraison entre le 29/07 et le 01/08 pour un taux de compression de 10%, et entre le 01/08 et le 05/08 pour un taux de 20%. La mi-véraison aurait lieu le 08/08 et la fin véraison (plus de 90% de baies vérées) entre le 12/08 et le 14/08 à 10% et entre le 14/08 et le 19/08 à 20%. La concordance entre les deux taux de compression n'est pas vérifiée comme elle l'était sur la parcelle VAL en ce qui concerne le début et la fin véraison, mais la date de mi-véraison demeure identique.

L'analyse du suivi de la teneur en sucres des baies ayant subi une compression à 10% indique que le début véraison pourrait se situer entre le 29 juillet et le 1^{er} août ; le suivi des baies ayant subi une compression de 20% montre une évolution régulière, il est donc très difficile de fixer une date. D'après Huglin (1986), la véraison marque le début d'une augmentation quotidienne de la teneur en sucres de 2.1 à 2.8 g/L par jour. Après conversion des degrés brix en g/L, le début véraison se situerait entre le 5 et 8 août. Concernant le poids, le même problème se pose, l'augmentation du poids débiterait entre le 29 juillet et 1^{er} août pour les baies ayant subi une compression à 10% , alors que cette augmentation est très régulière pour le second lot à 20%, avec cependant un décrochement à la date du 5 août.

La dégradation de l'acide malique n'est significative qu'entre le 01/08 et le 05/08 au taux de compression de 10%. Les dosages de cet acide n'ont pas été effectués au taux de compression de 20% avant le 05/08 car il fallait au moins 6 baies intactes et beaucoup de baies avaient éclaté, ce qui pourrait signifier qu'elles étaient encore dures et que la véraison n'avait pas commencé.

L'ensemble de ces résultats tend à indiquer que le début véraison pour cette parcelle a eu lieu entre le 1^{er} et le 5 août, et probablement plus près du 5 que du 1^{er}. D'autre part, bien que les résultats soient moins précis que sur la parcelle VAL, le taux de compression à 20% semble donner les résultats les plus concordants entre analyses rhéologiques et analyses physico-chimiques.

Relation fermeté de la baie et analyses chimiques. L'abondance des analyses effectuées à différentes dates a autorisé la recherche de relations entre la fermeté des baies et leur composition chimique. Les résultats font apparaître de fortes corrélations entre d'une part la teneur en sucre et la fermeté de la baie (Fig. 5a et 5b) et d'autre part entre teneur en acide malique et fermeté de la baie (Fig. 6a et 6b). La relation sucre/pression serait de type exponentiel ; elle s'avère très pertinente dès que la véraison est amorcée (pression inférieure à 700 Kpa). En tout début véraison, la teneur en sucre (°Brix) déterminée par réfractométrie est beaucoup trop imprécise pour pouvoir être prise en considération. La relation acide malique/pression, elle, serait de type linéaire ; comme pour les sucres, elle s'avère intéressante une fois la véraison bien amorcée. Le dosage de l'acide malique étant parfois difficile à réaliser avant la mi-véraison, c'est surtout à partir de ce stade que la relation pourrait être utilisée à des fins pratiques.

DISCUSSION

Sur la parcelle VAL, le déroulement de la véraison (début, mi-véraison et fin véraison) est comparable quel que soit le taux de compression des baies utilisé. Les analyses chimiques corroborent les résultats obtenus rhéologiquement sur la date de début véraison. On peut cependant noter une plus grande justesse des analyses chimiques effectués à un taux de compression de 20%. Sur la parcelle BLO, les résultats obtenus aux taux de compressions de 10 et 20% font apparaître des différences en début et fin véraison, la mi-véraison étant identique. Les analyses chimiques sur les baies de cette parcelle sont assez difficiles à interpréter, mais tendent à indiquer que le début véraison se situe vers le 5 août, ce qui plaide également pour une meilleure fiabilité des analyses rhéologiques réalisées à un taux de compression de 20% .

Les parcelles ont été choisies à cause d'une différence marquée quant à leur comportement agronomique induit par l'effet terroir, particulièrement en termes de précocité du cycle de la vigne, vigueur et composition des baies. Ce comportement différent, d'après les études effectuées à ce jour, serait dû à des différences de profondeur de sol et d'alimentation hydrique (sol plus profond et réserve en eau plus importante sur BLO que sur VAL) induisant une plus grande vigueur et un retard végétatif sur la parcelle BLO. Les analyses rhéologiques mettent bien en évidence un décalage de précocité, lequel est corroboré par les analyses physico-chimiques sur les baies. Les changements visuels au niveau des baies (taille et translucidité), bien que sujets à caution comme cela a été dit en introduction, ont vraiment été observés à partir du 12 août sur BLO. Sur VAL le phénomène était perceptible dès le 1^{er} août et s'est déroulé assez rapidement. La perte de fermeté intervient généralement de 5 à 8 jours

avant la véraison visuelle, ce qui tendrait à confirmer que la véraison de VAL a bien débuté fin juillet et celle de BLO vers le 5 août.

Contrairement aux analyses chimiques qui portent sur l'ensemble des baies, la rhéologie étudie la texture de chaque baie. Cette mesure physique permet ainsi d'apprécier l'hétérogénéité d'un prélèvement pour une date donnée. Ce nouveau paramètre est intéressant et pourrait être mis à l'avenir en relation avec la qualité de vendanges.

CONCLUSIONS

Les mesures rhéologiques effectuées sur deux parcelles de Chenin se sont avérées satisfaisantes pour caractériser le déroulement de la véraison. Le taux de compression jusqu'à 20% du diamètre de la baie, déjà retenu pour le Cabernet franc, a été validé sur Chenin. Ce taux de compression constitue une mesure non destructive qui permet ensuite d'effectuer des analyses physico-chimiques sur les mêmes lots de baies. Il s'est révélé plus fiable qu'un taux à 10% et a permis de mieux corroborer les résultats des analyses rhéologiques avec les analyses physico-chimiques des baies. Trois classes de pression ont ainsi été définies : [0-300] : baies vérées ; [300-500] : baies en cours de véraison ; [500-800[: baies non vérées. Ces classes sont peut être propres au cépage Chenin, le seul moyen de confirmer ses résultats serait de renouveler cette étude une autre année sur le Chenin, mais également sur d'autres cépages blancs. La méthode permet néanmoins de déterminer avec précision une date de mi-véraison physique, de mettre en évidence le niveau d'hétérogénéité des baies au sein de chaque lot et des différences de précocité entre parcelles. Par ailleurs, une bonne corrélation entre la perte de fermeté des baies et leurs teneurs en sucres et acide malique peut être obtenue dès que le processus de véraison est amorcé. Ces résultats permettent d'envisager le suivi « in situ » de l'évolution de la maturation des baies, de manière dynamique et non destructive.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbal P., Boulet J.C. et Moutounet M., 1992. Utilisation de paramètres physiques pour la caractérisation de la véraison de la baie de raisin. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **26**, 231-237.
- Bares J., Lejckova K., Patocka K. et Blahovec J., 1994. Role of the skin in compression of berry-like fruits between two plates. *Int. Agrophysics*, **8**, 381-387.
- Blahovec J., 1994. Elastic and strength properties of round agricultural products. *Int. Agrophysics*, **8**, 543-546.
- Grotte M., Cadot Y., Poussier A., Loonis D., Pietri E., Duprat F., Barbeau G. 2001. Détermination du degré de maturité des baies de raisin par des mesures physiques : aspects méthodologiques. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 2001, 35, n°2, p. 87-98.
- Harker F.R., Redgwell R.J. et Hallett I.C., 1997. Texture of fresh fruit. *Hort. Rev.*, **20**, 121-224.
- Huglin, P., 1986. *Biologie et écologie de la vigne*. Ed. Payot, Lausanne.
- Robin J.P., Abbal P., Flanzky, 1996. La fermeté des baies de raisin : définition d'un indice de fermeté, corrélation avec les modifications de couleur et application à la détection précoce de la véraison. In : 5e. Symp. Int. Oenol., Bordeaux 1995/06/15-17. Tec & Doc ed., Paris, 109-114.
- Robin J.P., Abbal P., Salmon J.M., 1997. Fermeté et maturation du raisin. Définition et évolution de différents paramètres rhéologiques au cours de la maturation. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 31(3), 127-138.

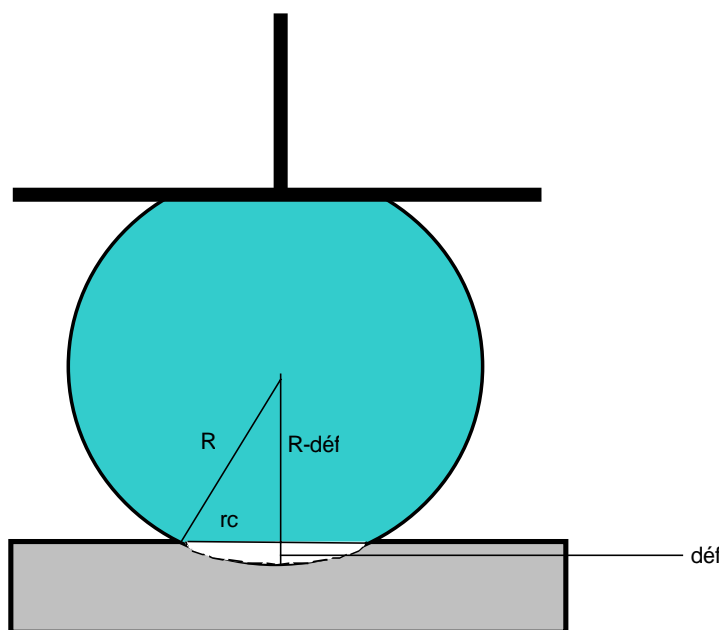
Sato A., Yamane H., Hirakawa N., Otobek K., Yamada M., 1997. Varietal differences in the texture of grape berries measured by penetration tests. *Vitis*, 36(1), 7-10.

Stroshine R., Pitt R., Hamann D., 1992. Physical properties of agricultural materials and food products. ABE 305. STROSHINE R. Ed., Purdue University, West Lafayette.

Tableau 1. Intervalles des valeurs de pression pour chacune des classes sélectionnées
 Table 1. Intervals of pressure values for each class

Légende	Pression (Kpa)
75	]0-75]
100	]75-100]
125	]100-125]
150	]125-150]
200	]150-200]
250	]200-250]
300	]250-300]
400	]300-400]
500	]400-500]
600	]500-600]
700	]600-700]
800	]700-800]
Plus	Plus de 800

Figure 1. Représentation schématique de la compression d'une baie de raisin entre deux plans parallèles.
 Figure 1. Schematic representation of a grape berry between two parallel plans.



Def : déformation enregistrée ou écrasement (m)
 R : hauteur de la baie/2 (m)
 F : force (N)
 P : pression (pa)

Rayon de contact (rc)
 $Rc^2 = R \cdot déf - (déf^2 / 4)$
 Surface de contact
 $S = \pi (R \cdot déf - déf^2 / 4)$
 Pression pour une zone écrasée
 $P = 4 \cdot F / \pi \cdot déf \cdot (2 \cdot \text{hauteur du fruit} - déf)$

Figures 2 et 3. Classification des baies à différentes dates pour un taux de compression de 20 % de la hauteur de la baie.
 Fig. 2 and 3. Classification of the berries at different dates, for a compression rate of 20% of the berry diameter

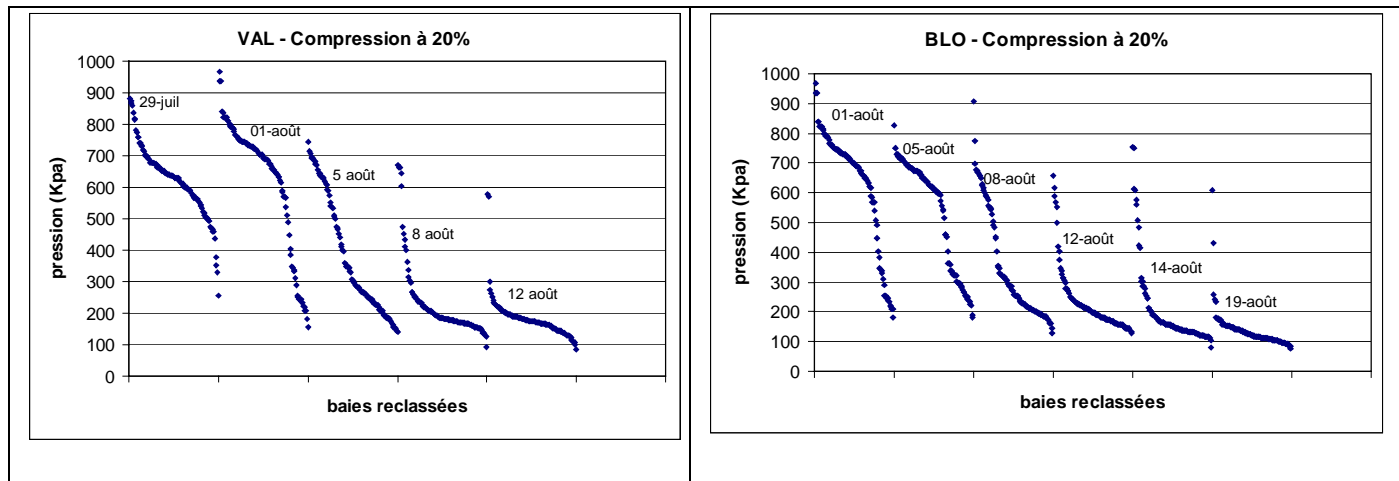


Figure 4. Reclassement de l'ensemble des baies issues de chacune des parcelles en fonction de la valeur décroissante de leur pression pour une compression de 20 %

Figure 4. Re-classification of all the berries, according to their decreasing pressure value (20% compression rate)

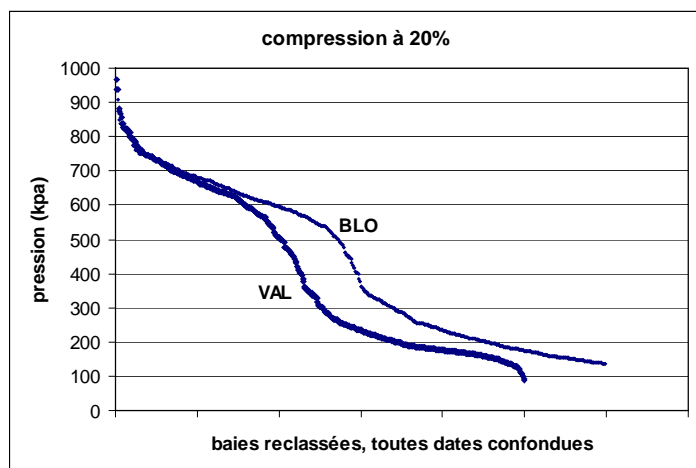


Figure 5a. Relation pression/sucre (BLO - 20%)
 Figure 5a. relation pressure/sugars (BLO - 20%)

Figure 5b. Relation pression/sucre (VAL -20%)
 Figure 5b. Relation pressure/sugars (VAL -20%)

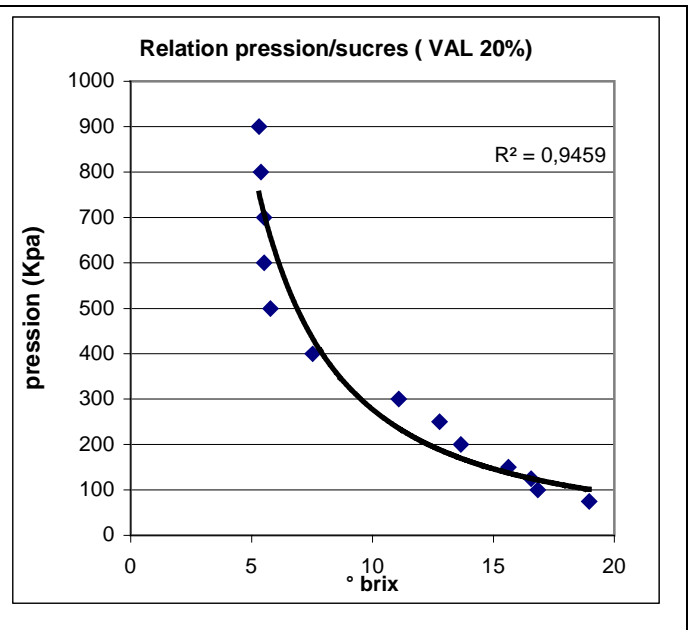
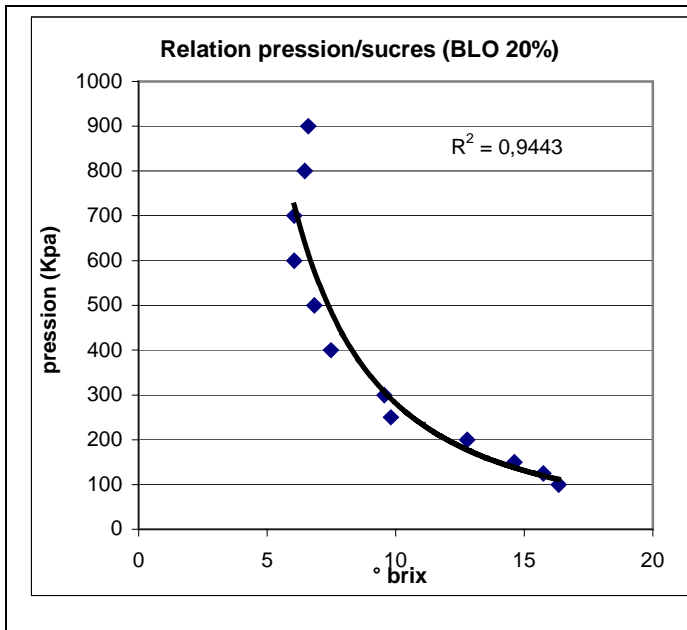


Figure 6a. Relation pression/acide malique (BLO - 20%)
 Figure 6a. Relation pressure/malic acid (BLO - 20%)

Figure 6b. Relation pression/acide malique (VAL - 20%)
 Figure 6b. Relation pressure/malic acid (VAL - 20%)

