



## Récolte sélective de précision: méthodologie de sélection de zones au niveau intra-parcellaire pour élaborer des vins rouges poivrés

O. Geffroy : IFV Pôle Sud-Ouest - Tél : 05 63 33 62 62

[olivier.geffroy@vignevin.com](mailto:olivier.geffroy@vignevin.com)

T. Scholasch : Fruition Sciences

C. Gaviglio : IFV Pôle Sud-Ouest

T. Dufourcq : IFV Pôle Sud-Ouest

E. Serrano : IFV Pôle Sud-Ouest

### Résumé

Des travaux récents ont mis en avant une importante variabilité de concentration en rotundone - le principal composé responsable de l'arôme poivré des vins rouges - au sein d'une même parcelle, en lien avec les caractéristiques du sol et le niveau de contrainte hydrique. Afin de développer une méthode pour cartographier de manière indirecte et simplifiée cette variabilité spatiale, une étude a été menée en 2014 sur une parcelle de Duras N de 0.41 ha du Sud-Ouest, sous influence climatique de type océanique. La méthode dite des « smart points » a été mise en œuvre afin d'optimiser l'échantillonnage. La variabilité parcellaire d'architecture de la vigne a été évaluée grâce à des mesures de circonférence moyenne de tronc (TC). Sur la base des trois classes de TC obtenues, six « smart points » de 50 pieds ont été définis et suivis indépendamment sur la période végétative et le repos hivernal pour l'élongation des rameaux, le potentiel hydrique foliaire de tige, la nutrition minérale (analyses pétiolaires et mesures de Dualex®), l'indice de végétation par imagerie aérienne (NDVI), la qualité des raisins, le poids des bois de taille (Physiocap® et pesage manuel) et les rendements à la récolte. Pour chaque smart point, la rotundone a été mesurée dans des vins élaborés en condition de microvinification (Erlenmeyer d'1 L). Les différences observées entre les smart points sont très faibles d'un point de vue agronomique et peu d'indicateurs de la physiologie de la plante ont permis de discriminer le comportement de la vigne. Malgré cette faible variabilité pour la plupart des paramètres mesurés sur la vigne et les raisins, la concentration en rotundone est en moyenne 50% plus élevée dans les vins issus de la zone à fort TC. A la dégustation, les vins élaborés à partir de raisins récoltés sur les zones à fort TC présentent des notes poivrées plus prononcées. Ces constatations suggèrent qu'il existe un lien entre la concentration en rotundone et l'architecture de la vigne (TC) et que la circonférence des troncs peut être utilisée afin d'approcher la distribution spatiale de la rotundone. Elles tendent également à renforcer l'hypothèse selon laquelle la rotundone est très sensible à de fines variations de contrainte hydrique.

**Mots-Clés:** rotundone, arôme poivré, variabilité spatiale, géostatistiques, télé et proxidétectations

### Introduction

La rotundone est le principal composé responsable des notes poivrées dans les vins rouges. Des travaux de recherche récents ont mis en évidence une grande variabilité de concentration en rotundone au sein d'une même parcelle, en lien avec les caractéristiques du sol (Scarlett et al. 2014) et le statut hydrique (Geffroy et al. 2014). Selon ce dernier auteur, il existe un bon niveau de corrélation ( $R^2=0.76$  en 2011 et  $R^2=0.74$  en 2012) entre la rotundone et le  $\delta^{13}C$  à la récolte, un indicateur du niveau de contrainte hydrique subi par

le végétal au cours de la maturation des raisins. Ces résultats suggèrent qu'il est envisageable de moduler les niveaux de rotundone et le caractère poivré des vins grâce à la mise en œuvre de récolte sélective. Afin de développer une méthodologie pour cartographier de manière indirecte la variabilité spatiale de concentration en rotundone, une étude a été menée en 2014 sur une parcelle de Duras N (AOP Gaillac), un cépage où la molécule a été identifiée récemment (Geffroy et al. 2014). Contrairement à l'approche développée en Australie (Scarlett et al. 2014) reposant sur les relations entre rotundone et caractéristiques du site (conductivité du sol, élévation, pente), cette expérimentation s'est focalisée sur le comportement du végétal et les caractéristiques des fruits.

## Matériel et méthodes

### Vignoble expérimental, contexte climatique et protocole d'optimisation de l'échantillonnage

L'expérimentation a été menée dans le Sud-Ouest de la France sur une parcelle de Duras N (AOP Gaillac) de 0.41 ha plantée en 1999. Ce vignoble conduit en Guyot, présente une géométrie de plantation de 2.20 m x 1 m et est soumis à une influence climatique de type océanique avec des normales de précipitations et de température annuelles de 638 mm et 12.9°C sur la période 1981-2010. La parcelle d'étude qui a fait l'objet d'un suivi régulier ces 5 dernières années, a été sélectionnée car des hauts niveaux de concentration en rotundone associés à une importante variabilité spatiale y ont été précédemment observés. Le millésime d'étude se caractérise par un hiver pluvieux et doux, et un été arrosé avec 160 mm de précipitations enregistrés entre mi-juillet et fin octobre. Les conditions climatiques au cours de la maturation étaient chaudes et sèches. La méthode dite des « smart points » ou des ambassadeurs a été utilisée et l'échantillonnage a été optimisé selon l'approche proposée par Meyers et al. (2011). La variabilité en matière d'architecture de la vigne a été évaluée au cours de la dormance hivernale par mesure de circonférence moyenne des troncs (TC). 25 placettes chacune composée de 4 pieds consécutifs par rang ont été choisies et le TC a été mesuré sur chacun des pieds à 3 hauteurs. Selon Tisseyre et al. (2005), ce paramètre intégratif reflète, parmi d'autres facteurs, la réponse de la plante à un déficit hydro-azoté depuis la plantation. Par conséquent, cette variable peut s'avérer particulièrement intéressante afin de déterminer des zones de fortes contraintes au sein d'une même parcelle. Les données collectées ont été normalisées et spatialisées grâce à la méthode du krigeage (Figure 1A). Sur la base des trois classes de TC obtenues, six smart points ont été positionnés avec A et B correspondant à la classe forte, C et D à la classe moyenne, et E et F à la faible classe. Chaque smart point se compose de 50 pieds disposés sur 5 rangs différents et les six smart points représentent 17.5% de la superficie parcellaire. Ceux-ci ont été suivis de manière indépendante au cours du cycle végétatif.

### Croissance végétative, nutrition minérale et statut hydrique

Plusieurs indicateurs ont été utilisés afin de suivre la croissance végétative et l'expression de la vigne. L'élongation des rameaux, un indicateur précoce du déficit hydrique (Pellegrino et al. 2005) a été suivi de manière hebdomadaire sur 3 smart points (A, D et F) entre 100 et 500 degrés jours sur 16 rameaux palissés par smart point. Des cartes d'indice de végétation (NDVI) ont été obtenues sur la parcelle à la mi-véraison, le 4 août 2014 par imagerie aérienne avec une résolution de 50 cm. Le nombre et la biomasse des rameaux ont été déterminés en janvier 2015 sur la parcelle entière à l'aide du Physiocap®, un nouveau capteur permettant de mesurer le nombre et le diamètre des rameaux. Sur chaque smart point, le poids des bois de taille (kg/pied) a également été mesuré manuellement et individuellement pour 30 des 50 pieds. La nutrition minérale a été évaluée par analyse pétiolaire (macroéléments et éléments traces) sur un échantillon moyen de 50 feuilles basales (1 par pied) à 6 périodes distinctes entre le stade boutons floraux séparés et la récolte, sur 3 smart points uniquement (A, D et F). Pour chacun des smart points, le statut azoté a également été caractérisé sur 50 pieds (1 feuille par pied) à l'aide de mesures de Dualex ® (Force A, Orsay), un capteur basé sur la fluorescence permettant de calculer un

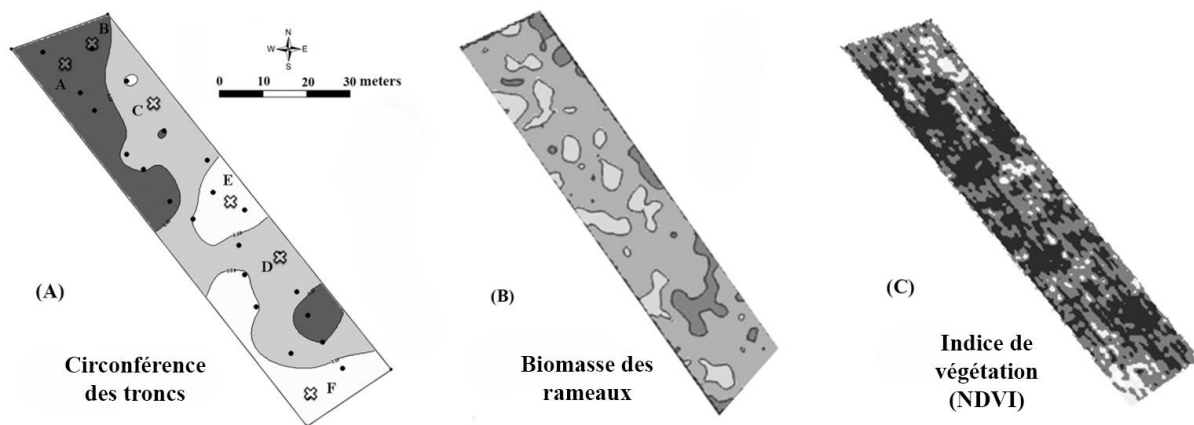
ratio chlorophylle flavonols dénommé NBI® (Nitrogen Balance Index). Pour chaque smart point, des mesures de potentiels hydriques foliaires de tige ( $\Psi_{\text{stem}}$ ) ont été réalisées sur 10 des 50 pieds selon le protocole défini par Choné et al. (2001) à 4 stades phénologiques (fermeture de la grappe, mi-véraison, mi-véraison+25 jours, récolte).

## Qualité des raisins, rotundone et analyse sensorielle

Pour chaque smart point, 6 échantillons de 200 baies de raisin ont été récoltés sur la période 10 jours avant la véraison et la récolte. Après pesage, foulage et centrifugation, le degré potentiel, l'acidité totale, le pH, l'acide malique, l'azote assimilable ( $\text{NH}_4^+$  et acides aminés) et les composés phénoliques (à la récolte uniquement) ont été mesurés. La rotundone a été déterminée de manière indirecte dans des vins élaborés en conditions de microvinification (Erlenmeyer d'1L) selon le protocole décrit par Geffroy et al. (2014). Pour chaque smart point, les 50 pieds ont été récoltés et les rendements (kg/pied) ont été suivis individuellement. Les raisins ont ensuite été vinifiés en conditions de minivinification à 25°C pendant 8 jours. Environ un mois après leur mise en bouteille qui est intervenue en avril 2015, les vins ont été évalués d'un point de vue sensoriel par le jury expert de l'IFV Sud-Ouest composé de 8 dégustateurs. Les notations qui ont été réalisées sur une échelle discontinue de 0 à 5, ont porté sur 8 descripteurs sensoriels.

## Traitements statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Xlstat (Addinsoft, Paris). Les données analytiques avec des mesures répétées (potentiels hydriques foliaires de tige, NBI, rendements à la récolte, poids de bois de taille) ont été traitées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) suivie d'un test de Fisher au seuil de 5%. Une Analyse en Composante Principale (ACP) a été mise en œuvre en utilisant les valeurs moyennes pour la plupart des indicateurs mesurés sur chacun des smart points, en considérant la rotundone comme une variable additionnelle.



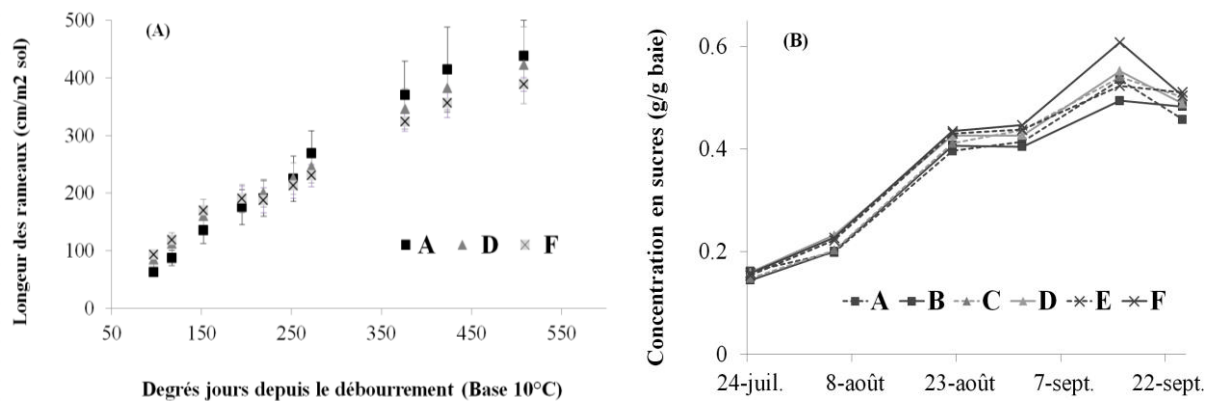
**Figure 1** : Variation (A) de circonférence de tronc, (B) biomasse de bois de taille, et (C) d'index NDVI au sein d'une parcelle de 0.41 ha du Sud-Ouest de la France.

## Résultats et discussions

### Comportement agronomique des smart points

Aucune différence en termes de dates de débourrement ni de phénologie n'a pu être observée entre les smart points. A partir de 350 degrés jours soit environ 5 jours avant la nouaison, la vitesse d'élongation des rameaux commence à ralentir sur le smart point F (Figure 2A). Cette décélération semble être plus due à un déficit hydrique précoce qu'à une carence en azote (Tableau I) car des valeurs supérieures de NBI sont observées pour les

smart points au faible TC (E et F). Les deux indicateurs azotés (NBI et azote pétiolaire mesuré par la méthode de référence) suggèrent une dilution de cet élément. Alors que les mesures de Physiocap® montrent une relative bonne homogénéité de la parcelle en ce qui concerne les bois de taille (Figure 1B), les mesures manuelles (Tableau I) tendent à confirmer cette hypothèse car des valeurs non significativement supérieures sont observées sur les smart points A et B. Comme cette parcelle possède une grande proportion de pieds manquants (15%), les mesures de Physiocap® réalisées à une fréquence de 1 Hz ont pu introduire un biais dans la détection de la variabilité spatiale en mettant plus en évidence les zones avec davantage de manquants que les réelles différences entre les pieds sains. Le mois précédant la véraison et au-delà, de fréquents et intenses épisodes pluvieux contribuant au développement de l'enherbement dans l'inter-rang sont survenus dans le secteur. Malgré la possible perturbation du signal du fait de la présence de pieds manquants et de l'herbe, l'allure de la carte NDVI (Figure 1C) se superpose plutôt bien à celle des TC. A la fermeture de la grappe et à la véraison, probablement du fait de la forte pluviométrie enregistrée, les mesures de Dualex® semblent perturbées. Du fait des mauvaises conditions météorologiques, les mesures de potentiel hydrique foliaire de tige à la véraison ont été retardées de 25 jours, et à la récolte l'état du feuillage était en trop mauvais état pour permettre la mesure. Le potentiel hydrique foliaire de tige particulièrement à la fermeture de la grappe, permet une parfaite discrimination des smart points selon les classes de TC définies. Cette observation corrobore les travaux de Tisseyre et al. (2005). Selon les seuils définis par van Leeuwen et al. (2009), le niveau de contrainte hydrique subi par la vigne sur la parcelle est nul à faible. De manière surprenante à la récolte et possiblement plus tôt dans la saison, le statut azoté de la classe moyenne de TC reflété par les valeurs de NBI dans les feuilles et d'azote assimilable dans les raisins est meilleur, ce qui peut être la conséquence cumulée d'une meilleure assimilation de l'azote du sol par rapport aux smart point E et F, et d'une moindre dilution en comparaison avec les smart points A et B. En ce qui concerne l'accumulation des sucres au cours de la maturation (Figure 2B) et la composition phénolique des raisins à la récolte, peu de différences sont observées entre les smart points. La légère diminution en sucre observée lors du dernier échantillonnage semble plus refléter un artefact de mesure qu'une véritable perte par respiration.



**Figure 2 :** Différences observées entre les smart points pour (A) l'élongation des rameaux sur la période 100-500 degrés jours et (B) l'accumulation en sucre entre 10 jours avant la mi-véraison et la récolte.

D'une manière générale, les différences entre les smart points sont faibles ce qui est cohérent avec l'hypothèse selon laquelle un faible niveau de contrainte hydrique conduit à de faibles contrastes spatiaux entre les smart points (Taylor et al. 2010). Les indicateurs utilisés en routine et bien connus des viticulteurs comme le rendement à la récolte, la qualité du fruit, la nutrition minérale par mesure de pétioles, et le poids des bois de taille, ne se sont pas avérés suffisants pour discriminer les smart points d'un point de vue

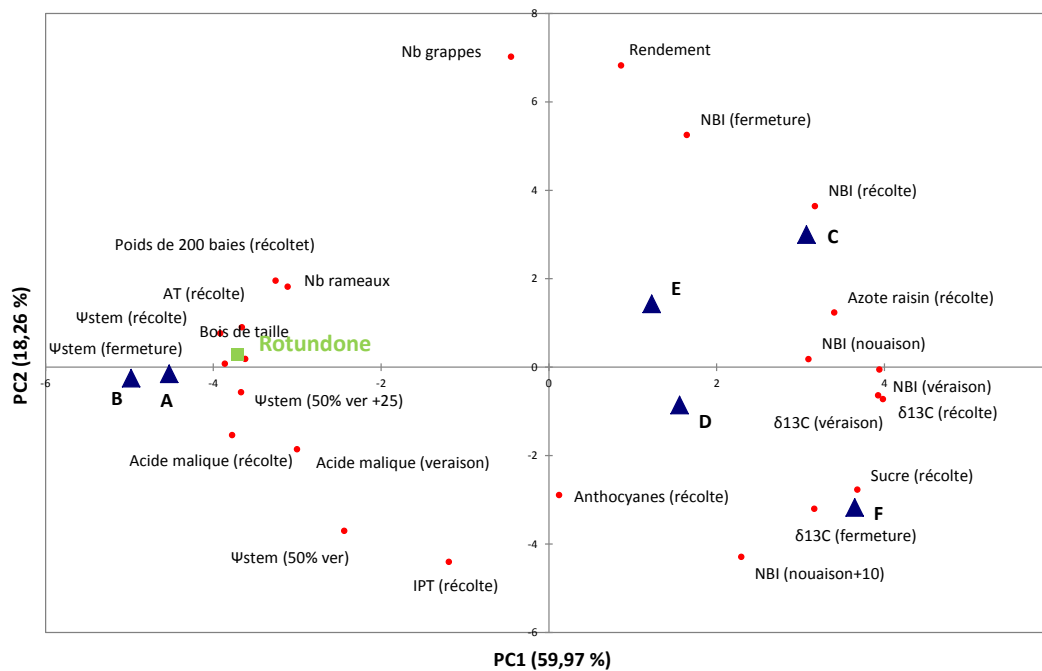
agronomique, alors que de bien meilleurs résultats ont pu être obtenus par la circonférence de tronc, le potentiel hydrique foliaire de tige et le NBI.

## Discussion sur la classe moyenne et la concentration en rotundone dans les vins

Il est toujours délicat de positionner une classe moyenne et de la rattacher soit à la classe faible ou à la classe forte. Ceci n'est pas sans importance, car la classe moyenne sur notre parcelle représente presque la moitié de la surface parcellaire (Figure 1A). La large gamme d'indicateurs utilisés au cours de cette étude et leur analyse par ACP (Figure 3) doit nous permettre de faire le bon choix. Il apparaît ainsi que les smart points C et D ont plus de similarités avec les smart points E et F et doivent être fusionnés avec la faible classe de TC dans une optique de vendange sélective. Ces observations sont cohérentes avec les concentrations en rotundone (Tableau I), avec des valeurs moyennes retrouvées dans les vins de 94.5 pour A et B, 60.5 pour C et D et 61 ng/L pour E et F. L'ACP montre également que la rotundone est corrélée ou anti-corrélée avec des variables liées directement ou indirectement à la contrainte hydrique comme  $\Psi$  stem à la fermeture de la grappe ( $R^2=0.75$ ), à la récolte ( $R^2=0.87$ ), le poids de 200 baies à la récolte ( $R^2=0.85$ ), l'acide malique à la véraison ( $R^2=0.76$ ) ou le  $\delta^{13}C$  à la véraison ( $R^2=0.93$ ) et à la récolte ( $R^2=0.82$ ) ce qui est cohérent avec nos travaux précédents (Geffroy et al. (2014)).

**Tableau I:** Différences entre les smart points pour plusieurs paramètres mesurés au cours du cycle de la vigne et lors du repos hivernal.

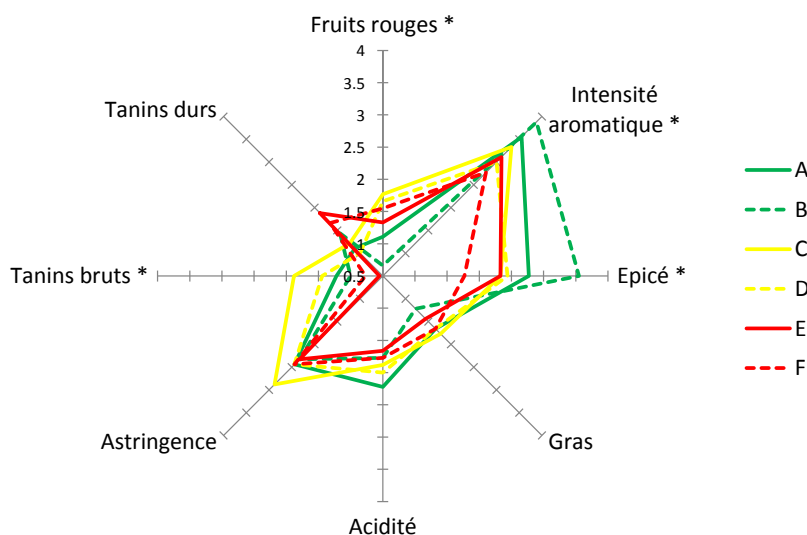
Paramètre	Stade phénologique de la mesure	P-values	A	B	C	D	E	F
<b>Circonférence de tronc (TC)</b> <b>Nitrogen Balance Index (NBI)</b>	Dormance hivernale	0.007	17.58 a	17.33 a	16.25 b	16.67 b	15 c	14.83 c
	Boutons floraux séparés	0.008	4.40 b	-	-	4.97 a	-	4.72 a
	Nouaison	< 0.0001	4.63 d	4.99 cd	5.24 bc	5.33 abc	5.68 a	5.43 ab
	Nouaison + 10 jours	0.005	4.88 b	4.87 b	5.11 ab	5.44 a	5.50 a	5.44 a
	Fermeture de la grappe	0.128	5.20 b	5.12 b	5.67 a	5.28 ab	5.19 b	5.15 b
	Véraison	0.068	5.12 b	5.11 b	5.63 a	5.49 ab	5.39 ab	5.63 a
	Récolte	< 0.001	5.71 c	5.86 c	6.64 a	5.51 ab	5.36 ab	6.10 bc
<b>Azote total (% de matière sèche)</b>	Boutons floraux séparés	-	0.8	-	-	0.9	-	0.9
	Nouaison	-	0.6	-	-	0.6	-	0.6
	Petit pois	-	0.5	-	-	0.5	-	0.6
	Fermeture de la grappe	-	0.5	-	-	0.5	-	0.5
	Véraison	-	0.4	-	-	0.5	-	0.5
	Récolte	-	0.5	-	-	0.6	-	0.6
<b>K+ (% de matière sèche)</b>	Boutons floraux séparés	-	1.4	-	-	1.4	-	1.9
	Nouaison	-	1.3	-	-	1.2	-	1.5
	Petit pois	-	1.2	-	-	0.9	-	1.4
	Fermeture de la grappe	-	0.9	-	-	0.7	-	0.9
	Véraison	-	1.1	-	-	0.6	-	1.5
	Récolte	-	1.7	-	-	0.9	-	1.4
<b>Potentiel hydrique foliaire de tige (MPa)</b>	Fermeture de la grappe	< 0.0001	-0.43 a	-0.42 a	-0.61 b	-0.57 b	-0.63 b	-0.66 b
	Véraison	< 0.0001	-0.39 a	-0.47 a	-0.59 c	-0.41 a	-0.51 a	-0.51 bc
	Véraison + 25 jours	< 0.0001	-0.43 a	-0.39 a	-0.55 b	-0.58 bc	-0.64 bc	-0.67 c
	Récolte	< 0.0001	-0.56 a	-0.54 a	-0.91 c	-0.72 b	-0.82 bc	-1.07 d
<b><math>\delta^{13}C</math></b>	Fermeture de la grappe	-	-27.31	-26.77	-26.52	-26.46	-26.74	-25.91
	Véraison	-	-27.45	-27.55	-26.63	-26.93	-26.92	-26.44
	Récolte	-	-28.44	-28.41	-27.51	-27.59	-27.72	-27.31
<b>Nombre de grappes par pied</b>	Récolte	0.126	16.3 a	16.3 a	18.3 a	15.6 a	16.4 a	14.0 a
<b>Rendement (kg / pied)</b>	Récolte	0.194	2.81 a	2.91 a	3.48 a	2.87 a	3.03 a	2.61 a
<b>Nombre de rameaux par pied</b>	Dormance hivernale	0.606	9.19 a	9.71 a	9.09 a	8.62 a	8.92 a	8.77 a
<b>Poids de bois de taille (kg/pied)</b>	Dormance hivernale	0.158	0.371 a	0.400 a	0.337 a	0.336 a	0.315 a	0.318 a



**Figure 3 :** Analyse en composantes principales (PC1 vs PC2) des données collectées sur les 6 smart points.

### Analyse sensorielle

La dégustation des vins élaborés à partir de raisins récoltés sur les 6 smart points confirment les résultats analytiques (Figure 4). Les vins des smart points A et B apparaissent plus aromatiques et plus poivrés. Aucune différence sur le gras, l'acidité et l'astringence n'est par contre mise en évidence.



**Figure 4 :** Résultats de dégustation des vins élaborés à partir des raisins récoltés sur les 6 smart points

## Conclusion

Le travail réalisé a permis d'établir une méthodologie permettant d'approcher la distribution spatiale de teneur en rotundone au sein d'une même parcelle, grâce à la viticulture de précision. Nos résultats suggèrent qu'une relation existe entre l'architecture de la plante (TC) et la rotundone, et que cet indicateur intéressant d'un point de vue économique (les 25 mesures réalisées sur la parcelle ont nécessité moins d'une heure) peut être utilisé pour approcher la variabilité spatiale de la molécule. Ces travaux confirment également que la concentration en rotundone est très sensible à de faibles variations de contrainte hydrique. La même méthodologie a également été appliquée en 2015 sur une parcelle de Syrah (AOP Gaillac) et les deux zones identifiées ont été récoltées de manière séparée, grâce à un prototype équipé d'une tête de récolte sélective mis à disposition par la société Pellenc. Un clip de la machine à vendanger a été réalisé à cette occasion. La vidéo est disponible sur la chaîne Youtube du pôle Sud-Ouest de l'IFV :

<https://www.youtube.com/watch?v=VZPr40hZZcw>.

## Remerciements

Ces travaux ont été menés avec la participation financière de FranceAgriMer et de la région Midi-Pyrénées. Nous remercions Manon Morlet et Olivier Garcia du CIVC pour les mesures de Physiocap®, Malek Hamouda et Sébastien Payen (Fruition Sciences) ainsi que Jérémie Diesel pour leur assistance technique.

## Références bibliographiques

Bramley, R.G.V., Trought, M.C.T., Praat, J.P., 2011. Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterising variation in vineyard performance and options for the implementation of Precision Viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17, 72-78.

Choné, X., Van Leeuwen, C., Dubourbieu, D., Gaudillère, J.P., 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany* 87, 477-483.

Geffroy, O., Dufourcq, T., Carcenac, D., Siebert, T., Herderich, M., Serrano, E., 2014. Effect of ripeness and viticultural techniques on the rotundone concentration in red wine made from *Vitis vinifera* L. cv. Duras. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20, 401-408.

Meyers, J. M., Sacks, G. L., Van Es, H. M., Vanden Heuvel, J. E., 2011. Improving vineyard sampling efficiency via dynamic spatially explicit optimisation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17, 306-315.

Pellegrino, A., Lebon, E., Simonneau, T., Wery, J. 2005. Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11, 306-315.

Scarlett, N. J., Bramley, R. G. V., Siebert, T. E., 2014. Within vineyard variation in the 'pepper' compound rotundone is spatially structured and related to variation in the land underlying the vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20, 214-222.

Taylor, J. A., Acevedo-Opazo, C., Ojeda, H., Tisseyre, B., 2010. Identification and significance of sources of spatial variation in grapevine water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 218-226.

Tisseyre, B., Ojeda, H., Carillo, N., Deis, L., Heywang, M. 2005. Precision viticulture and water status, mapping the predawn water potential to define within-vineyard zones. In Proceedings of 14th GiESCO Congress (pp. 23-27). Geisenheim Germany.

Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillère, J.P., 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 43, 121–134.

**Copyright MatéVi. Toute reproduction totale ou partielle des contenus est strictement interdite. Pour pouvoir les diffuser, contactez-nous.**