

genetic expression of the Syrah and Petit Verdot varieties and its interaction with the climatic conditions in both seasons in the Northeast of Brazil. Future researches are necessary using gas chromatography associated to mass spectrometry (GC-MS) to identify compounds that were not identified contributing to the tropical wine quality.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Miolo Wine Group to provide the grapes for this study, Brazilian Agricultural Research Corporation – EMBRAPA, the National Council for Development of Science and Technology – CNPq and the Foundation for Help Development of Science and Technology of the Pernambuco State – FACEPE, to their financial support.

REFERENCES

1. G.E. PEREIRA, J.M. SOARES, Y.C.L. ALENCAR, A.L.C. COSTA, C.C. GUERRA, M.M.P. LIRA, J.O. SANTOS, 2007a. In: 8e Symposium International d'Oenologie, Bordeaux-France.
2. G.E. PEREIRA, J.M. SOARES, C.C. GUERRA, Y. C.L. ALENCAR, M.M.P. LIRA, M.V.D.O. LIMA, J.O. SANTOS, 2007b. In: 59th German Viticulture Congress Wine in motion, Germany.
3. G.E. PEREIRA, J.M. SOARES, C.C. GUERRA, Y.C.L. ALENCAR, M.M.P. LIRA, M.V.D.O. LIMA, J.O. SANTOS, 2007c. In: 59th German Viticulture Congress Wine in motion, Stuttgart-Germany.
4. G.E. PEREIRA, J.O. SANTOS, C.C. GUERRA, L.A. ALVES, 2008. In: VIIe Congrès International des Terroirs Viticoles, Nyon-Suisse.
5. G.E. PEREIRA, A.J.B. ARAÚJO, J. SANTOS, R. VANDERLINDE, L.L.A. LIMA, 2011. *Acta Horticulturae*, n. 910, 135-140.
6. C. VAN LEEUWEN, P. FRIANT, X. CHONÉ, O. TRÉGOAT, S. KOUNDOURAS, D. DUBOURDIEU, 2004. *Am. J. Enol. Vitic.*, 55, 207-217.
7. N. MATEUS, J.M. MACHADO, V. DE FREITAS, 2002. *J. Sci. Food Agric.*, 82, 1689-1695.
8. N. MATEUS, S. MARQUES, A.C. GONCALVES, J.M. MACHADO, V. DE FREITAS, 2001. *Am. J. Enol. Vitic.*, 52, 115-121.
9. A.J. de B. ARAÚJO, R. VANDERLINDE, L.L. de A. LIMA, G.E. PEREIRA, 2011. In: International Symposium GIESCO, 17, Asti-Alba, Italy. *Le Progrès Agricole et Viticole*, 49-51.
10. C. PEYROT DES GACHONS, C. VAN LEEUWEN, T. TOMINAGA, J.-P. SOYER, J.-P. GAUDILLERE, D. DUBOURDIEU, 2005. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 85, 73-85.
11. M. ORTEGA-HERAS, C. GONZÁLEZ-HUERTA, P. HERRERA, M.L. GONZÁLEZ-SANJOSÉ, 2004. *Analytica Chimica Acta*, v.513, 341-350.
12. S. VIDAL, P. COURCOUX, L. FRANCIS, M. KWIATKOWSKI, R. GAWEL, P. WILLIAMS, E. WATERS, V. CHEYNIER, 2004. *Food Quality and Preference*, v. 15, 209-217.
13. M. BONINO, R. SCHELLINO, C. RIZZI, R. AIGOTTI, C. DELFINI, C. BAIOCCHI, 2003. *Food Chemistry*. v. 80, n. 1, 125-133.
14. E. PEYNAUD, 1997. *Connaissance et travail du vin*. Editora Dunod, Paris, 341p.
15. R.B. BOULTON, V.L. SINGLETON, V.F. BISSON, R.E. KUNKEE, 1996. *Principles and practices of winemaking*. Chapman and Hall: New York, 604 p.
16. L. USSEGLIO-TOMASSET, 1995. *Chimie oenologique*, 2nd edition, Technique & Documentation, 387 p.
17. S.M. ROCHA, F. RODRIGUES, P. COUTINHO, I. DELGADILLO, M.A. COIMBRA, 2004. *Analytica Chimica Acta*, v.513, 257-262.
18. G.M. KEMPLER, 1983. *Advances in Applied Microbiology*, v. 29, 29-51.
19. P.X. ETIÉVANT, 1991. *Wine*. In: H. MAARSE, (editor). *Volatile Compounds in Food and Beverages*. New York: Marcel Dekker Inc., 764 p.
20. G. MONTEDORO, M. BERTUCCIOLI, 1986. *The Flavour of Wines, Vermouth and Fortified Wines*. In: I.D. MORTON, A.J. MACLEOD, *Developments in Food Science – Food Flavours*. Part B. Cap. V: 171-238. Amsterdam: Elsevier.

Using multifactorial analysis to evaluate the contribution of terroir components to the oenological potential of grapes at harvest

Maud-Isabeau FURET^{1,*}, Maxime CHRISTEN¹, Anne-Charlotte MONTEAU², Christine MONAMY², Benjamin BOIS³, Pascal GUILBAULT¹

¹ *Chambre d'Agriculture de la Gironde, Vinopôle Bordeaux-Aquitaine, 39 rue Michel Montaigne, 33294 Blanquefort, France*

² *BIVB, Pôle Technique et Qualité, 6 rue du 16ème Chasseurs, 21200 BEAUNE, France*

³ *Centre de Recherches de Climatologie, UMR 6282 Biogéosciences CNRS Université de Bourgogne, 6, boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France*

*Corresp. author: Tél.: +33(0)556 350 000; Fax: +33(0)556 355 859; email m.christen@gironde.chambagri.fr

ABSTRACT

The oenological potential of grapes at harvest depends on a combination of the major components of Terroir: the climate, the soil, the plant material, the training system and the crop management. They control the type of product that can be developed, providing adapted winemaking techniques.

Due to the high variability of each of the Terroir components, predicting the grape oenological potentialities (and consequently the final product potential) is challenging.

To address this problem, we propose here a statistical method based upon multifactorial analysis. The method was established using of data set collected from 2005 to 2011, on a network of 13 plots of cv Merlot in the Bordeaux winegrowing region. This approach showed that Terroir reacted differently to year-to-year climate variability. Some plots provided a high oenological potential for most of the vintages whereas other were very sensitive to climate variations. When applied to Burgundy, on cv Pinot and Chardonnay (11 and 8 plots, respectively) from 2000 to 2010, similar conclusion were reached.

This multifactorial analysis approach proposed here is an efficient tool to characterize the oenological potential of Terroirs. Such potential could be estimated prior to harvest, knowing the major feature of the vintage by means of climate indices.

Keywords: grape oenological potential, terroir components, climate, vintage effect, plot effect, agronomic filter.

Mots-clés : potentialités œnologiques de la récolte, composantes du terroir, climat, effets millésime, effet parcelle, filtre agronomique.

1 INTRODUCTION.**Terroir viticole et potentialités œnologiques de la récolte : une histoire de variabilité**

La récolte peut être caractérisée par le rendement et, qualitativement, par de nombreux paramètres analytiques liés à la maturité technologique, phénolique (raisins rouges) et aromatique des raisins. L'ensemble de ces paramètres détermine les potentialités œnologiques de la récolte et, au final, le type de vin qui pourra être élaboré par la mise en œuvre d'itinéraires de vinification appropriés.

Les potentialités œnologiques de la récolte résultent des interactions entre 5 composantes, liées au milieu naturel, au végétal et aux pratiques humaines : le climat, le sol, le matériel végétal, le système de conduite et les pratiques viticoles (figure 1). A partir de cette représentation du terroir viticole, on peut considérer que l'élaboration des potentialités œnologiques de la récolte résulte du passage d'une trajectoire climatique, le millésime, au travers d'un filtre agronomique, la parcelle.

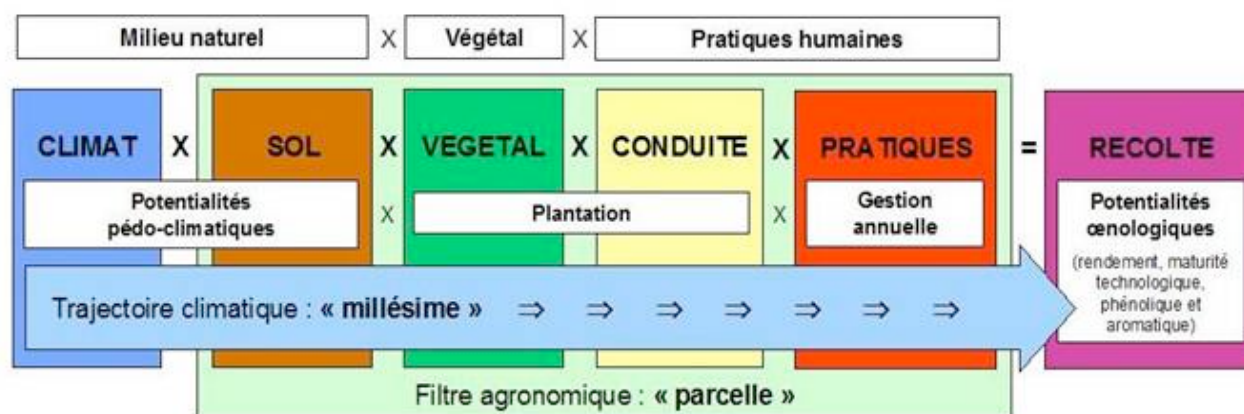


Figure 1. Composantes du terroir viticole et élaboration des potentialités œnologiques de la récolte : trajectoire climatique et filtre agronomique.

Les composantes liées au milieu naturel (pédoclimat) sont celles qui présentent la variabilité la plus marquée (1). Le climat se caractérise par une forte variabilité spatiale (macro, méso et micro-climat), mais également temporelle, intra-annuelle (saisons) et inter-annuelle (millésime).

L'objectif de cette étude est d'élaborer une méthodologie permettant d'évaluer l'influence des différentes composantes du terroir viticole sur les potentialités œnologiques de la récolte.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**2.1 Réseau de parcelles**

Cette étude repose sur le suivi d'un réseau de 13 parcelles de Merlot, illustrant la variabilité des terroirs viticoles en Gironde, en terme d'AOC, de sol, de système de conduite et de pratiques viticoles.

2.2 Base de données

Sept années de suivi (2005-2011) ont permis de constituer une base de données, comportant 91 séries d'analyses à la récolte (paramètres technologiques et phénoliques), associées à autant d'individus "parcelle x millésime".

2.3 Traitements statistiques

Le traitement des données a été réalisé avec les logiciels Excel[®] et Statbox Pro[®] et les outils d'analyses statistiques suivants : Analyses en Composantes Principales (ACP), Analyse de Variance (ANOVA) et Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

3 RÉSULTATS

3.1 Influence des différentes composantes du terroir viticole

L'utilisation de l'ACP permet de représenter visuellement la variabilité des potentialités œnologiques, en mettant en évidence les paramètres analytiques qui l'expliquent le plus : anthocyanes totales (pH 1) et extractibles (pH 3,2), indice des polyphénols totaux à pH 3,2 (IPT) et potentiel en anthocyanes extractibles (PAE). Cette variabilité s'explique également, mais de manière moins

significative, par les autres paramètres : sucres, acidité totale, acide malique, poids de 100 baies et maturité des pépins (Mp %).

Afin d'évaluer l'influence des différentes composantes du terroir viticole sur la variabilité des potentialités technologique et phénolique (PTP) de la récolte, les individus ont été distingués, à l'aide d'un code couleur, en fonction de divers paramètres liés au climat, au sol, ou au système de conduite et pratiques viticoles.

Pour le climat, les individus ont été classés selon leur millésime (figure 2). En 2005 et 2010, les individus se caractérisent par une plus grande richesse phénolique, un PEA % moyen et une maturité technologique poussée. A l'opposé, 2007 et 2008 présentent les PTP les plus faibles. En 2006, 2009 et 2011, les PTP apparaissent moyennes, avec un PEA % sensiblement plus élevé en 2006.

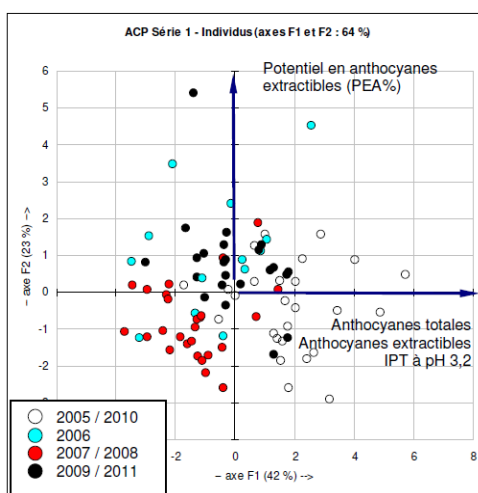


Figure 2. Influence du millésime

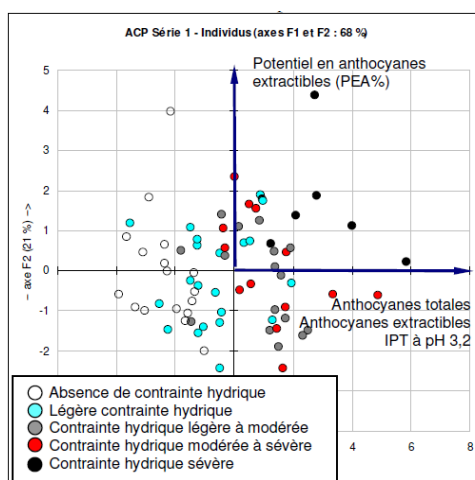


Figure 3. Influence du régime hydrique conféré à la vigne.

Pour le sol, le potentiel hydrique tige (moyenne à véraison) a été retenu (figure 3). Cet indicateur physiologique de la contrainte hydrique subie par la vigne peut en effet également être considéré comme un

indicateur des réserves hydriques du sol, et est un élément intégrateur de l'effet terroir (2).

Les individus caractérisés par un régime hydrique peu ou non limitant présentent globalement des PTP plutôt

limitées. A l'inverse, plus la contrainte hydrique subie est marquée, plus les PTP augmentent.

Afin d'évaluer l'influence des composantes conduite et pratiques, les parcelles ont été regroupées en 3 classes de Potentiel de Valorisation Economique (PVE), liées au contexte technico-économique de production et aux systèmes de conduite et pratiques viticoles associés (tableau 2).

La méthode de coloration des individus n'a pas permis de mettre clairement en évidence l'influence du PVE, donc des composantes conduite et pratiques, sur les potentialités œnologiques de la récolte. Seules les parcelles à faible PVE semblent présenter des PTP globalement plus limitées.

L'utilisation de l'ANOVA a permis de valider l'influence significative de l'effet "millésime" sur la plupart des paramètres analytiques liés aux PTP de la récolte : anthocyanes à pH 1 et pH 3,2, IPT, maturité des pépins (Mp%), poids de 100 baies et sucres, acidité totale et acide malique. Les résultats mettent également en évidence l'influence d'un effet "parcelle" sur ces mêmes paramètres (sauf sucres et Mp%), mais de manière moins significative.

3.2 Effet "parcelle" et sensibilité à l'effet "millésime"

L'effet "parcelle" résulte de la combinaison des composantes sol, végétal, conduite et pratiques. Afin d'évaluer l'influence de ce "filtre agronomique" sur la variabilité des potentialités œnologiques de la récolte, les 91 séries d'analyses à la récolte ont été classées, à l'aide d'une CAH, en 4 groupes de PTP significativement différentes : faibles (1+), moyennes (2+), élevées (3+), très élevées (4+). Pour chacune des parcelles, la variabilité inter-annuelle de ses

potentialités à la récolte exprime sa sensibilité à l'effet "millésime" (tableau 3).

Les systèmes de conduite et pratiques viticoles semblent avoir une influence non négligeable sur les potentialités œnologiques de la récolte. Les parcelles à faible potentiel de valorisation économique (PVE) produisent plus fréquemment une récolte à faibles PTP (groupes 1+ et 2+). Plus le PVE augmente, plus les parcelles présentent régulièrement des PTP élevées (groupes 2+ et 3+).

Cette méthode d'évaluation de la sensibilité des parcelles à l'effet "millésime" permet également de mettre en évidence l'influence prépondérante de la composante sol, à travers 3 types de comportements indépendants des systèmes de conduites et pratiques viticoles associés.

Certaines parcelles (C et K par exemple) se caractérisent le plus souvent par des PTP faibles (1+), sauf millésimes exceptionnellement chauds et secs (2005 et 2010). Elles sont installées sur des sols épais de bas de versants, à hydromorphie temporaire marquée, qui confèrent à la vigne une alimentation hydrique peu à non limitante.

A l'inverse, d'autres parcelles (A et M par exemple) présentent des PTP moyennes à élevées (2+ ou 3+) quel que soit le millésime. Elles correspondent à des sols très peu épais, situés en bord de plateau calcaire (A) ou de croupe graveleuse (M). Ce type de configuration pédologique se traduit par une alimentation hydrique beaucoup plus limitante.

Enfin, certaines parcelles (B et J par exemple) se caractérisent par des PTP très variables selon les millésimes. Elles sont installées sur des sols plutôt épais, très argileux dès la surface, qui confèrent à la vigne une alimentation hydrique très variable, selon la trajectoire climatique du millésime.

Tableau 2. Potentiels de Valorisation Economique (PVE), systèmes de conduite et pratiques viticoles (IR : inter-rangs ; SR : sous les rangs).

PVE	Densité (pieds/ha)	Entretien des sols	Opérations en vert	Vendanges
Faible	< 4000	IR : Enherbement naturel ou semé SR : Désherbage chimique	Epamprage chimique ou mécanique, effeuillage mécanique	Mécaniques
Moyen	4 à 5000	IR : Enherbement naturel ou semé / entretien mécanique (1 rang / 2) SR : Désherbage chimique ou mécanique	Epamprage mécanique ou manuel, effeuillage mécanique	Mécaniques (et/ou manuelles)
Elevé	> 5000	IR : Entretien mécanique intégral (ou 1 rang / 2) SR : Entretien mécanique	Ebourgeonnage, épamprage manuel, effeuillage mécanique ou manuel, éclaircissage	Manuelles

Tableau 3. Variabilité des potentialités technologique et phénolique de la récolte et sensibilité des parcelles à l'effet "millésime"

Parcelle	A.O.C. revendiquée	Densité (pieds/ha)	Ecartement inter-rangs	Variabilité des potentialités technologique et phénolique de la récolte			
				1+	2+	3+	4+
Parcelles à Potentiel de Valorisation Economique faible							
A	Bordeaux	2 778	3,00 m.		05-06-07-11	08-09	10
B	Bordeaux	2 831	3,50 m.	06-09-11	07-08-10		05
C	Bordeaux	3 472	2,40 m.	06-07-08-09	10	05	
Parcelles à Potentiel de Valorisation Economique moyen							
D	Côtes de Bordeaux -Blaye	4 167	2,00 m.	05-07-09-11	06-08	10	
E	Côtes de Bordeaux -Blaye	4 167	2,00 m.	07-11	05-06-08-09		10
F	Fronsac	4 630	1,80 m.	09-11	06-07-08	05-10	
G	Côtes de Bordeaux - Cadillac	4 831	2,30 m.	11	06-07-08-09	05	10
H	Côtes de Bordeaux - Cadillac	5 000	2,00 m.	06-09	05-07-08-11	10	
Parcelles à Potentiel de Valorisation Economique élevé							
I	Graves	5 000	2,00 m.	07-11	06-08	05-10	
J	Médoc	5 000	2,00 m.	06	07-11	08	05-10
K	Saint-Emilion	5 556	1,80 m.	06-07-08-11	05	10	
L	Saint-Emilion	6 494	1,40 m.		06-07-08-11	05-09	10
M	Médoc	8 333	1,00 m.		06-07	05-08-09-11	10

4 CONCLUSIONS

La méthodologie mise en œuvre dans le cadre de cette étude a permis d'appréhender l'influence des différentes composantes du terroir viticole sur les potentialités œnologiques de la récolte. La trajectoire climatique du millésime détermine l'orientation générale des potentialités technologique et phénolique. Les systèmes de conduite et les pratiques viticoles favorables à la maturation des raisins permettent le plus souvent d'améliorer ces potentialités. Mais l'influence du sol, et plus particulièrement de son fonctionnement hydrique, reste prépondérante. Le sol contribue fortement à l'effet "parcelle" et induit une sensibilité à l'effet "millésime" plus ou moins marquée, en terme de variabilité des potentialités technologiques et phénoliques de la récolte.

Cette méthodologie constitue un outil pertinent de caractérisation des terroirs viticoles, permettant en outre de valoriser des bases de données d'analyses à la récolte existantes. En 2011, son application en Bourgogne, sur Pinot et Chardonnay, a permis de mettre en évidence des résultats similaires.

RÉFÉRENCES

1. C. VAN LEEUWEN, P. FRIANT, X. CHONÉ, O. TRÉGOAT, S. KOUNDOURAS, D. DUBOURDIEU, 2004. *Am; J. Enol Vit.* 55, 207-217.
2. C. VAN LEEUWEN, O. TRÉGOAT, X. CHONÉ, B. BOIS, D. PERNET, J.P. GAUDILLÈRE, 2009. *J. Int. Sc. Vigne Vin* 43, 121-134.

Zonage des paysages de viticulture de montagne pour une valorisation de produits à forte identité *Zoning mountain landscapes for a valorisation of high identity products*

Étienne DELAY^{1,*}, Fabio ZOTTELE²

¹ GEOLAB UMR 6042 CNRS, Université de Limoges, FLSH, 39 rue Camille Guérin 87036 Limoges - FRANCE

² Centre for Technology Transfer, Fondazione Edmund MACH Via E. Mach, 1 38010 S. Michele all'Adige (TN) - ITALY

* Corresp. author : E.DELAY, 0033 614 325 300, Email : etienne.delay@etu.unilim.fr

ABSTRACT

Mountain agriculture is made difficult by the geomorphological complexity of the territory. This is especially true for viticulture: over the centuries the work of men in such a difficult environment has produced unique, and valuable landscapes. Whereas some of these mountain viticultural sites have earned a place in the World Heritage List of UNESCO, not all of them are being actively preserved. In order to protect "heroic viticulture" it is crucial to build a complete and systematic inventory of these sites.

In partnership with the "Centro di Ricerca, Studi e Valorizzazione della Viticoltura Montana" (CERVIM), we developed