

Incidence de la date de récolte sur l'expression des terroirs et le profil aromatique des vins de Sauvignon en Touraine

Impact of harvest date on the terroir expression and the aroma profile of Touraine Sauvignon wines

Pascal POUPAULT (1) et Vincent COURTIN (2)

1) Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) – Pôle Val de Loire-Centre –
46, avenue Gustave Eiffel – 37100 TOURS – Tél : +33 (0) 2 47 88 24 20 – pascal.poupault@vignevin.com

2) Cellule Terroirs Viticoles (CTV)
42, rue Georges Morel – 49070 BEAUCOUZE – Tél : +33 (0) 2 41 22 56 82 – vincent.courtin@angers.inra.fr

Résumé

L'objectif d'une étude sur trois années vise, pour des terroirs différents et connus pour le profil des vins qui en sont issus, à exploiter au mieux le potentiel des raisins en optimisant la date de récolte ; pour chacun des trois terroirs, les minivinifications sont réalisées à partir de trois dates de récolte. Il s'avère, grâce à un suivi analytique important (sol, précurseurs et arômes) et une caractérisation organoleptique bien encadrée (analyse sensorielle pertinente et objective), que le choix de la date de récolte, en fonction du terroir, a une incidence sur le profil du vin et devient un outil pour l'élaborateur.

Cela se traduit sur le caractère variétal (cassis, fruits exotiques, agrumes) du vin.

Abstract

The aim of this three year study is to maximize the revelation of the grapes' potential by optimizing the harvest dates for different terroirs known for the wine profiles that they produce. For each of these terroirs, mini-vinifications were done from grapes of three harvest dates. A large-scale analytical follow-up (earth, aroma precursors and aromas) and a strictly framed organoleptic characterisation (pertinent and objective sensory analysis) are adopted. All shows that the choice in the harvest date, according to the terroir, has an impact on the wine profile and therefore can become a tool for wine-makers. This effect influences the wines' varietal character: blackcurrant, exotic and citrus fruits.

Key words: wine profile, harvest date, organoleptic characterization, aroma precursors

Introduction

Le potentiel aromatique d'un raisin de Sauvignon se mesure aujourd'hui à la présence plus ou moins importante de précurseurs que l'on sait quantifier mais en partie seulement. De nombreux travaux sont mis en œuvre pour augmenter ce potentiel dans le raisin et le moût, au niveau des pratiques culturales notamment, sans remettre en cause la qualité sanitaire du raisin ou l'originalité d'un terroir. Pour ce cépage, l'expression aromatique, due à la présence de composés soufrés odorants variétaux – les thiols – en concentration importante, semble corrélée à de nombreux paramètres, agronomiques notamment et en particulier, l'alimentation hydrique et azotée (Cheynier, 2007). Pendant la période de maturation (dès le début véraison), la baie se comporte comme un organe de transformation et de stockage ; cela se traduit, entre autres, par une augmentation des composés aromatiques. La température devient un facteur plus important que l'eau pour la qualité de la vendange (Romieu, 1993). L'azote assimilable par les racines dépend du stock de matière organique du sol et de la vitesse de minéralisation, liée à l'activité biologique du sol, de la température et de l'humidité (Guilbault, 2007). L'azote est le nutriment le plus important et souvent limitant, parce qu'il entre dans la composition de nombreux éléments (Valenti et al, 1997). On suppose que les teneurs en acides aminés augmentent avec le temps jusqu'à la véraison puis diminuent dans la sève. Par contre, elles augmentent dans la baie dès la véraison, pour représenter environ 30% de l'azote total à la récolte (Ribereau-Gayon et al, 1998). La teneur en acides aminés des moûts est influencée par des facteurs liés aux itinéraires techniques de la vigne mais également à des facteurs externes et plus particulièrement l'intensité lumineuse et la température (Larchevêque et al, 1998). La cystéine joue un rôle important dans la formation des précurseurs aromatiques. Elle a un groupe thiol unique qui est à l'origine de la cystine.

Le Glutathion (GSH), par son potentiel redox et son résidu de cystéine, a un rôle protecteur au niveau de la plante et des moûts, entre autres par son rôle antioxydant protecteur des thiols aromatiques (Loret, 2007). La cystéine est capable de se lier à une molécule odorante pour former ce qu'on appelle un précurseur cystéinylé, caractéristique du cépage Sauvignon (Tominaga et al, 2000). Le potentiel aromatique d'un moût de Sauvignon blanc fait intervenir à la fois sa teneur en précurseurs d'arômes (P4MMP, P4MMPDH, P3MH), en composés

phénoliques et en composés réducteurs (Glutathion). L'expression aromatique sera d'autant plus intense que le moût est riche en précurseurs et en glutathion et pauvre en composés phénoliques (Choné, 2001). Le taux de transformation des précurseurs en arômes est très faible mais les quantités d'arômes obtenues dépassent très largement les seuils de perception (Dagan, 2006). Si la répartition des précurseurs d'arômes dans les baies reste constante, en terme d'évolution il apparaît quelques différences, en partie liées aux conditions climatiques et au type de sol. Ainsi, en fonction du millésime, la production de précurseurs débute plus ou moins tôt, mais au moment de la récolte les valeurs atteintes sont à peu près équivalentes, en fonction du sol et du climat (Peyrot des Gachons, 2000). Les teneurs finales varient d'un millésime à l'autre et ne semblent pas répondre à une dynamique d'accumulation ou de dégradation (Dagan, 2006). Chaque précurseur cystéinylé présente un comportement très différent au cours de la maturation du raisin, ce qui pourrait signifier que chacun d'eux est impliqué dans des voies métaboliques distinctes. Dans cette logique, les précurseurs glutathion ont été mis en évidence ; ils seraient stockés avant d'être dégradés via des interventions enzymatiques et auraient pour origine la détoxification des cellules des baies.

L'alimentation en eau joue un rôle essentiel sur le potentiel aromatique, au même titre qu'elle intervient sur la croissance, par son rôle de transporteur et de régulateur de l'activité photosynthétique et la quantité de matière sèche produite (Peyrot de Gachons, 2000). Un déficit modéré en eau semble être favorable à l'accumulation de précurseurs cystéinylés dans les baies ; si le déficit devient une carence, il y a alors une baisse de la teneur en précurseurs cystéinylés (Van Leeuwen, 2003). Le stress hydrique, conséquence d'un déséquilibre entre la réserve et les besoins, varie en fonction des conditions climatiques (température, pluviométrie) et du type de sol et sa composition. Le niveau d'alimentation en eau ne peut pas tout expliquer. L'azote entre dans la composition des acides aminés et nucléotides ; un excès d'azote implique un effet sur la croissance, le développement végétatif et le rendement. A l'inverse, un déficit azoté entraîne une faible vigueur de la vigne et il a une incidence sur la qualité du raisin ; une carence azotée semblerait diminuer le potentiel aromatique du raisin (Spring, 2008). C'est le sol, en grande partie, de par ses caractéristiques, qui limite l'absorption en azote de la vigne. Le climat, et plus particulièrement la présence d'eau, est un élément qui favorise l'absorption d'azote. Celle-ci est également dépendante de nombreux autres facteurs dont la teneur en éléments minéraux.

En Touraine, la maîtrise de la vigueur mais surtout de l'état sanitaire des parcelles de Sauvignon, a été rendue plus efficace par l'enherbement. Il est souvent associé à une moindre fertilisation du sol. Il en résulte des sols souvent carencés en azote, qu'un apport foliaire (pulvérisation d'urée) peut compenser (Dufourcq et al, 2009), dans certains cas.

Des études en cours montrent l'importance de la nature du sol sur la composition des raisins en précurseurs d'arômes, sur plusieurs terroirs de Touraine. Pour ces parcelles, dans un objectif d'optimiser le potentiel aromatique au bout de l'itinéraire viticole et œnologique, des profils de vin bien caractéristiques ont pu être mis en évidence. Les conditions climatiques de ces dernières années semblent mener à des stress plus réguliers, perceptibles en termes de contrainte hydrique – mesure du $\delta^{13}C$ – et de vigueur. A cela s'ajoute des moûts carencés en azote. Si le profil du vin est bien caractéristique de la parcelle, des travaux sont menés depuis plusieurs années par l'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) pour mesurer le comportement de la plante au cours de la maturation dans ces conditions et déterminer l'incidence d'une date de récolte différée ou avancée sur le potentiel aromatique et son expression sur le vin produit.

Matériels et Méthodes

Mise en place de données de caractérisation et suivis

L'ensemble de données proviennent d'une étude sollicitée par les professionnels de la filière vitivinicole du Val de Loire. Elle est cofinancée par la Région Centre et l'Interprofession (Interloire) au cours des millésimes 2007 à 2009. Cette étude s'intègre dans un ensemble d'actions visant à promouvoir les vins de Touraine issus de Sauvignon sur le marché international. Elle est en amont d'un travail sur les itinéraires vinicoles et l'apport d'azote foliaire. La maturation du raisin est suivie sur quatre parcelles et, à la récolte, la vendange est caractérisée au niveau physico-chimique et par les précurseurs d'arômes qu'il est possible de doser aujourd'hui. Pour chacune des parcelles, trois dates de récolte sont effectuées. L'ensemble des données doit nous renseigner sur les conséquences d'une récolte avancée ou retardée – par rapport à la date choisie par le viticulteur – sur le profil du vin. En effet, pour chacune des dates de récoltes et des parcelles, 50Kg de raisins sont vinifiés suivant le même itinéraire et les vins élaborés sont soumis à un jury de professionnels (élaborateurs, techniciens) afin d'en décrire le profil de façon objective. L'analyse de sol réalisée pour chacune des parcelles doit nous aider à comprendre le comportement de la plante et donc les caractéristiques du raisin, d'une date de récolte à une autre, si possible. L'objectif est d'évaluer le bénéfice d'une vendange décalée sur la valorisation du cépage Sauvignon en Touraine, au travers du terroir reconnu comme unité et caractéristique à part entière.

Les éléments utilisés pour le suivi et la caractérisation de chaque récolte sont les suivants :

- Maturité technologique, bilan azoté

- Précurseurs aromatiques (Cys 3MH, G3MH, Cys 4MMP et G4MMP) sur raisins et les arômes correspondants sur vins.

Par ailleurs, la caractérisation organoleptique des vins est assurée par l'utilisation d'un vocabulaire commun à tous les dégustateurs, dans le but de décrire les vins de la façon la plus objective possible. Le descriptif pédologique est réalisé pour chacune des parcelles. Les données liées aux analyses sensorielles sont traitées avec le logiciel Tastel (analyse de variance, Analyse en Composantes Principales).

Résultats

Des unités terroir marquées

Nous savons que le sol joue un rôle important dans la qualité des produits qui en sont issus. Il est le siège de réactions de décomposition et des transformations des produits biologiques et chimiques. La partie physique est décrite par la granulométrie ; elle nous donne un renseignement sur la capacité du sol (échanges gazeux, tassement...). La partie chimique joue sur la structuration du sol et l'alimentation de la plante. Ces deux volets font partie de la caractérisation du terroir et les quatre parcelles présentent des profils pédologiques distincts.

Ainsi, la parcelle P (Fig. 1) sur un plateau, présente des sols lessivés, recouverts par des silex. Elle est marquée par un système racinaire peu développé à cause d'une planche argileuse imperméable à 70cm de profondeur. C'est un sol qui minéralise peu et un terroir au potentiel irrégulier et moyen. Sur la parcelle A, le sol est peu structuré en surface, au comportement hydrique très dépendant des conditions climatiques (très humide ou très sec) ; un potentiel moyen et exigeant.

La parcelle O présente un sol épais et sableux sans contraintes racinaires. C'est un sol qui tamponne bien les conditions climatiques, grâce à l'argile en profondeur. On peut qualifier son potentiel de fort, facilement valorisable avec peu de contraintes. Pour la parcelle S, le sol présente une bonne structure, un enracinement profond et peu gêné. C'est un terroir à potentiel élevé et facilement valorisable (Fig. 2).

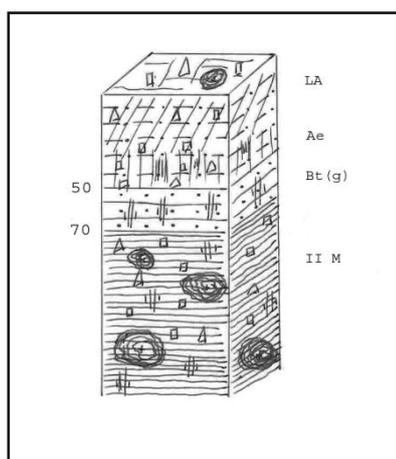


Figure 1 : Profils pédologiques de la Parcelle P (CTV-2009)

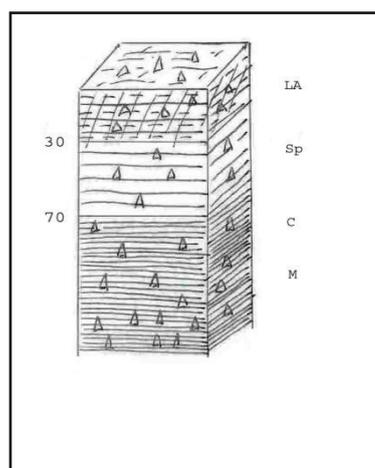


Figure 2 : Profil pédologique de la Parcelle S (CTV-2009)

Les conséquences de ces différentes composantes agro-pédologiques, géomorphologiques et climatiques, peuvent se traduire en termes de caractéristiques viticoles (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques viticoles des parcelles – IFV 2008

Parcelle	Caractéristiques viticoles
P	Sol peu minéralisant au système racine peu développé. Drainage passable. Terroir où les pratiques agro-viticoles et le choix du porte-greffe sont déterminants pour la qualité du raisin
A	Climat froid au réchauffement tardif. Vigueur importante en année humide et contrainte hydrique en année sèche. Terroir pas facile où la carence en calcium augmente la mortalité. Sol contrasté qui tamponne mal les facteurs climatiques
O	Sol très tamponnant, au système racinaire bien implanté, au réchauffement précoce. Terroir où la maturation peut être poussée sans trop d'obstacles
S	Terroir assez froid malgré la bonne exposition. Sol très tamponnant avec un enracinement profond, où la maturité peut être poussée.

Des pratiques culturales raisonnées

Compte-tenu des caractéristiques de ces sols, l'homme a, au fil du temps, mis en place des pratiques qu'il a considéré comme les mieux adaptées à la valorisation de ces potentiels. Sur la parcelle P, l'instauration d'un enherbement total (inter-rangs) crée une concurrence qui est exploitée et compensée par une maîtrise de la charge. Pour la parcelle A, le potentiel peu élevé du terroir impose des maturités peu poussées que le vinificateur valorise en misant sur la fraîcheur et les assemblages. Le terroir de la parcelle D, très tamponnant et à fort potentiel offre une souplesse dans le choix de la récolte ; l'enherbement implanté dans tous les rangs permet la maîtrise de la vigueur. Pour ce qui est de la parcelle S, le choix du non-enherbement dans ce sol à fort potentiel propose une vigueur forte. L'apport raisonné de fertilisant a été choisi. Sur ce terroir peu propice au stress, l'élaborateur mise sur une bonne expression du caractère variétal du Sauvignon sans avoir besoin de pousser la maturité.

L'ensemble des pratiques agroviticoles n'est pas abordé. Néanmoins, il apparaît que chacune des parcelles, aux potentiels différents, semble être exploitée au mieux compte-tenu des caractéristiques du sol. Pour les parcelles A et P, les pratiques culturales sont déterminantes sur la qualité du raisin.

Caractérisation des raisins pour la date de récolte choisie par le vinificateur

Pour chacune des parcelles, les caractéristiques physico-chimiques sont déterminées, ainsi que les quantités de précurseurs. Les moûts sont marqués par une carence plus ou moins importante en azote. L'indice de maturité est variable et traduit des écarts d'acidité plus importants que les différences de teneur en sucres réducteurs. Avec les teneurs en azote, c'est l'élément le plus discriminant entre les différentes origines de raisins.

Incidence de la date de récolte sur les caractéristiques physico-chimiques et aromatiques des raisins

Par rapport à la date de récolte choisie par le viticulteur, des récoltes plus avancées ou retardées - de huit jours environ - ont une incidence sur la maturité des raisins (Tableau 2).

Tableau 2 : Incidence de la date de récolte sur la composition des raisins (IFV – 2008)

Parcelle	O			S			P		
	d1 22/09/08	d2 26/09/08	d3 01/10/08	d1 18/09/08	d2 24/09/08	d3 29/09/08	d1 18/09/08	d2 24/09/08	d3 29/09/08
Sucres réducteurs (g/l)	198,6	203,6	215,14	195,2	218,8	222,2	195,2	218,8	223,8
Alcool probable (% vol)	11,8	12,1	12,8	11,6	13	13,2	11,6	13	13,3
pH	3,1	3,12	3,12	2,99	3,09	3,13	3,07	3,01	3,01
Acidité Totale (g/l H ₂ SO ₄)	6,09	5,63	5,38	5,86	4,65	4,99	5	5,34	5,55
Indice de maturité	32,6	36,2	40	33,3	47,1	44,5	39	41	40,3
Azote assimilable (mg/L)	89,2	99,8	67,9	60,7	81,2	85,1	46,4	70	66,6
Azote ammoniacal (mg/L)	42	56	57	23	23	31	22	16	22
Azote Total (mg/L)	294	394	374	53	206	250	53	172	195

Les évolutions sont logiques compte-tenu des conditions climatiques plutôt favorables, pour ce qui est des teneurs en sucres. C'est moins vrai pour les teneurs en acidité totale, qui ne baissent plus pour deux des trois parcelles. On note également des évolutions différentes pour les teneurs en azote assimilable et l'azote total. Il est également possible de voir des différences des compositions des raisins dans la répartition des acides aminés, dont la teneur augmente avec le temps de l'ordre de 40% à 70% entre les trois dates de récolte. Les acides aminés du groupe A, dominé par l'arginine, sont ceux qui sont le plus rapidement assimilés par la levure.

Pour ce qui est des précurseurs aromatiques, le Cys3MH évolue différemment selon les parcelles ; il augmente entre les trois dates pour les parcelles B et L et diminue entre les dates 2 et 3 pour la parcelle M. En fonction de la précocité des parcelles, les évolutions ainsi que les teneurs semblent être conformes à la bibliographie. Pour les trois parcelles, les précurseurs Cys4MMP augmentent entre les dates 1 et 2 (1 à 12%) puis diminuent entre les dates 2 et 3 (11 à 27%). Au final, les teneurs à la date 3 sont inférieures à celles de la date 1.

Les précurseurs glutathionnés ont des valeurs beaucoup plus faibles – de 1 à 5µg/l pour le G3MH et de 0,3 à 1,45µg/l pour le G4MMP. Leur évolution n'est pas claire et diffère d'une parcelle à l'autre.

Date de récolte et analyse sensorielle des vins

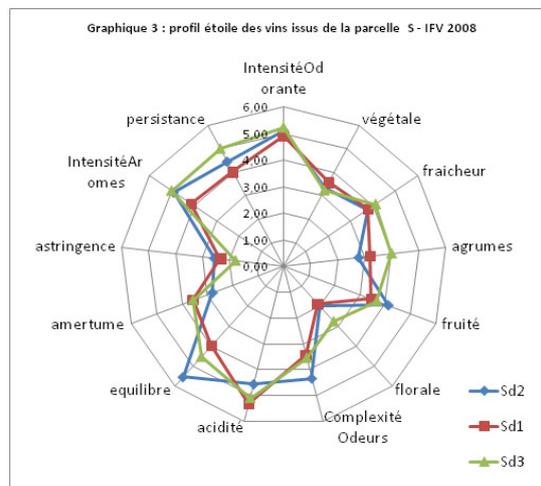
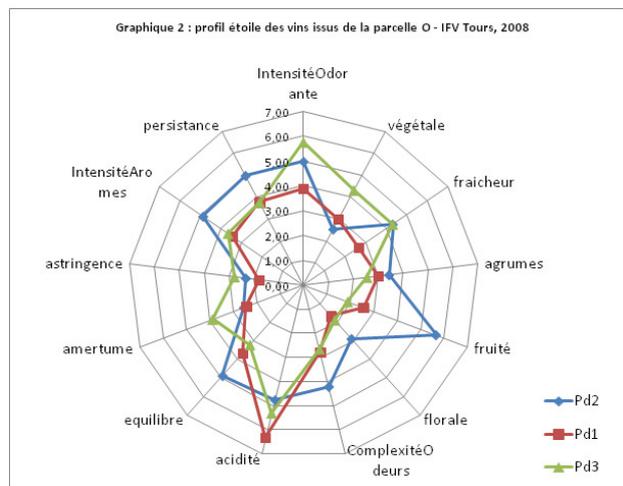
Sur les vins finis, après mise en bouteilles, les différences de maturité sont retrouvées entre les trois dates. En ce qui concerne les arômes, même s'il est difficile de corréliser avec les précurseurs – beaucoup de facteurs

interviennent en phases pré-fermentaire et fermentaire – il semblerait que leur évolution avec le temps soit différente d’une parcelle à l’autre et ne suive pas celle de leurs précurseurs. Le dosage en parallèle des arômes fermentaires sur ces mêmes vins (tableau 3) permet d’observer, d’une façon générale, une augmentation liée au décalage de la récolte.

Tableau 3 : résultats du dosage des arômes fermentaires sur les vins –IFV 2009

Modalité	Banane, bonbon				
	anglais	Pomme verte	Solvant	Floral	Rose
	Acétate d'isoamyle (µg/L)	Hexanoate d'éthyle (µg/L)	Octanoate d'éthyle (µg/L)	Décanoate d'éthyle (µg/L)	b-phenylethyl acétate (µg/L)
Od1	2,0	1,0	1,3	0,2	0,3
Od2	2,7	1,4	1,1	0,5	0,3
Od3	3,0	1,6	1,2	0,6	0,3
Pd1	2,0	1,6	1,2	0,6	0,2
Pd2	2,2	1,5	1,1	0,6	0,1
Pd3	2,3	1,9	1,3	0,7	0,4
Sd1	1,8	1,4	1,1	0,6	0,2
Sd2	2,6	1,4	1,0	0,3	0,1
Sd3	2,6	1,8	1,3	0,3	0,3

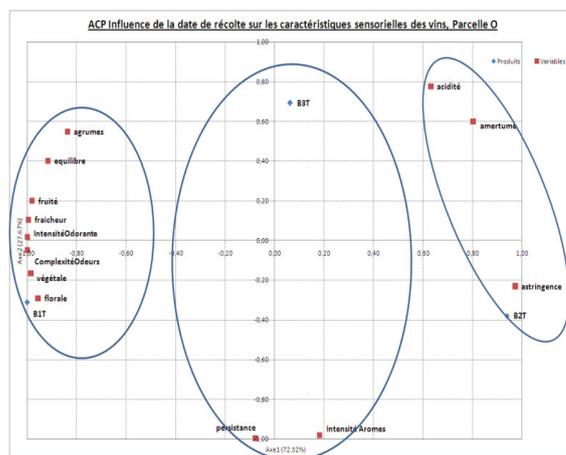
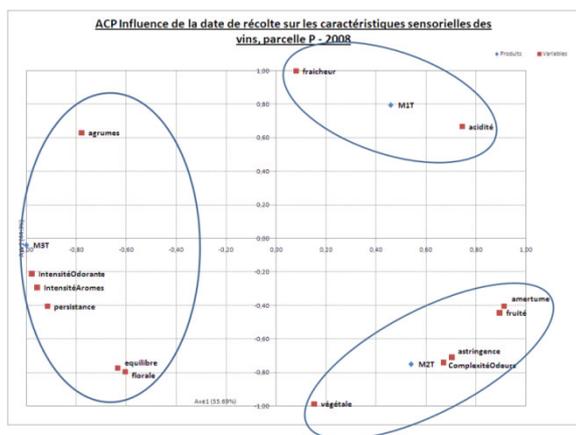
Les vins issus des différentes modalités de date de récolte sont dégustés par un jury de professionnels (viticulteurs de l’AOC Touraine, techniciens, œnologues et membres de l’Interprofession). Les profils étoiles obtenus après analyse statistique (TASTEL) mettent en évidence des différences de sensation du caractère végétal, de la fraîcheur au niveau olfactif et de l’équilibre en bouche (graphiques 2 et 3). Ces critères apparaissent clairement différents d’une parcelle à une autre ; cela confirme l’obtention de vins aux profils différents. Il apparaît que la sensation liée à ces critères olfactifs et gustatifs évolue également, pour chacune des parcelles, entre les trois dates de récolte.



A ce titre, l’ACP permet de différencier le profil de chacun des vins des trois parcelles plus facilement et met en évidence le fait que retarder ou avancer la date de récolte a une incidence sur le potentiel et le profil aromatique des vins obtenus (graphiques 4 et 5).

Il apparaît ainsi que pour la parcelle S, le vin issu de la date précoce (d1) présente plus de fraîcheur, de note végétale et d’amertume. Le vin issu de la deuxième date se caractérise par une meilleure intensité aromatique et persistante, alors que celui issu de la date la plus tardive perd en intensité olfactive et est noté plus complexe. Pour la parcelle O, le profil du vin issu de la date précoce présente plus d’intensité olfactive et de complexité. Le vin issu de la deuxième date apporte des notes d’astringence et d’acidité et celui issu de la date la plus tardive perd en complexité, fraîcheur et équilibre. Enfin, pour la parcelle P, le vin issu de la première date est beaucoup moins élégant que celui de la deuxième date. Ce dernier, s’il est plus végétal et amer, est noté plus fruité et complexe. Le vin issu de la troisième date est noté plus équilibré, intense et persistant.

Le choix de la date de récolte a une incidence sur le profil du vin, pour toutes les parcelles. S’il est judicieux de décaler la récolte dans le cas de la parcelle P, pour éliminer de l’acidité et gagner en persistante et intensité aromatique, ça n’est pas forcément le cas des autres parcelles. En effet, le gain de maturité technologique n’apparaît pas toujours bénéfique en termes d’expression du potentiel du raisin



Conclusion

Les structures de sol sont nombreuses en Touraine. Elles permettent d’expliquer en partie la diversité des profils aromatiques de vins de Sauvignon qui en sont issus. Les résultats de ces années de suivis montrent, outre l’aspect terroir, l’importance des pratiques agro-viticoles pour en exploiter au maximum le potentiel. Le viticulteur doit raisonner ses pratiques. Aujourd’hui, il a trouvé, dans la maîtrise de la vigueur et des apports fertilisants, des outils pour maîtriser l’état sanitaire et une certaine qualité de raisins. Pour demain, les marchés exigeront un produit sans défauts mais aussi un vin de Sauvignon au caractère variétal des plus marqués, en lien avec le potentiel de la parcelle. On a pu voir que ce caractère variétal pouvait prendre des formes différentes ; les dosages des précurseurs aromatiques, les bilans azotés, en constituent la charpente. Une meilleure connaissance du sol et de ses limites est indispensable pour valoriser le potentiel de chacune des parcelles. Il est un élément indispensable à la pérennité de la plante et la qualité de ses raisins. Dans cet objectif, le choix de la date de récolte apparaît comme un facteur tout aussi valorisant. Aidés des analyses chimiques et des examens organoleptiques objectifs, il nous apparaît que le choix de la date de récolte doit être raisonné. Une date plus tardive n’est pas toujours garante d’une meilleure qualité sensorielle, alors que la maturité technologique pourrait nous faire penser le contraire. Enfin, la fertilisation azotée et le potentiel hydrique restent sûrement les facteurs prédominants pour la culture de la vigne et la production de raisins de qualité. Compte-tenu des évolutions actuelles – carences de plus en plus marquées – ce sont des domaines où il importe d’apporter des éléments à la profession pour qu’elle puisse répondre aux cahiers des charges de demain.

Bibliographie

- CHONE X., 2001. Etude de l’influence des déficits hydriques modérés et l’alimentation en azote sur le potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* L.cv.Sauvignon blanc – Thèse de Doctorat – Faculté d’œnologie de Bordeaux.
- DAGAN L., 2006. Potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* L.cv.Petit Manseng et Gros Manseng. Contribution à l’arôme des vins de pays Côtes de Gascogne. Thèse de Doctorat – Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
- DUFOURCQ et al., 2009. Foliar spraying of nitrogen and sulfur at veraison : a viticultural technique to improve aromatic composition of white and rosés wines.
- GUILBAULT P., 2007. Gestion de l’azote en viticulture – Brèves viti-œno de la Chambre d’Agriculture de la Gironde.
- LARCHEVEQUE C et al., 1998. Influence de la fumure azotée sur une vigne de *Vitis vinifera* L.var.Merlot avec enherbement permanent. J. Int. Sci. Vigne Vin, 32, 1, 27-43.
- LORET F., 2007. Etat des connaissances sur la nutrition azotée de la vigne. Synthèse bibliographique. IFV - Midi-Pyrénées.
- PEYROT DES GACHONS C., 2000. Recherches sur le potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* L.cv.Sauvignon blanc. Thèse de Doctorat – Université de Bordeaux II.
- ROMIEU C., 1993. La véraison change la vie des baies. La Vigne, 36, 27-28.
- RIBERERAU-GAYON P et al., 1998. Traité d’œnologie : chimie du vin – stabilisation et traitements. Tome 2. Dunod – Paris.
- SPRING J.P., 2008. Alimentation azotée de la vigne et qualité des vins. Station de Recherche Agroscope Changins – Wädenswil.
- TOMINAGA T et al., 2000. Recherches sur l’arôme variétal des vins de *Vitis vinifera* L.cv.Sauvignon blanc et sa genèse à partir de précurseurs inodores du raisin. Revue des Œnologues, 97, 22-28.
- VALENTI L et al., 1997. La dinamica dell’azoto nella vite. Vignevin, 6, 48-49.
- VAN LEEUWEN J., 2003. Le régime hydrique de la vigne. Conférence au Château de la Dauphine.