

Caractérisation de quelques milieux viticoles du territoire D.O.C.G. du Sagrantino de Montefalco au moyen des composés polyphénoliques

Characteristics of some Montefalco Sagrantino vineyards through polyphenolic components

VALENTI L.^{1*}, MATTIVI F.², GOZZINI A.¹, CARLETTI F.¹, CONOSCENTE M.¹

¹ Università degli studi di Milano, Facoltà di Agraria, Dipartimento di Produzione Vegetale, via
Celoria 2, 20133 Milano

² Istituto Agrario di San Michele all'Adige (IASMA), Centro Sperimentale, Dipartimento Qualità
Agro-Alimentare, Via E. Mach, 1 – 38010 San Michele all'Adige.

*Corresponding author: leonardo.valenti@unimi.it

Abstract

Characteristics related to the climate and the soil of Montefalco in the centre of Italy have been defined in order to evaluate their influence on the red cv. Sagrantino, focusing on the phenolic evolution. Considering six vintages (2001-2006) six areas were compared: Torre, Poggio Allegro, Poggio Allodole, Valle Gualdo, Montepennino, Pietrauta. During ripening stage different sampling were carried out in the six different areas to check technological maturation (sugar, acidity and pH) and the phenolic content (Mattivi, 2002). Each area was characterized by the pedological and climatic point of view (pedological analysis, Winkler index, PPAR and rains). Among the vintages considered, 2003 presents a higher sugar content and a definitely lower content in anthocyanins, while polyphenols are higher. In the cold and rainy 2002, acidity and pH turned out higher and lower respectively. Torre is the area with the highest amount of total polyphenols, with a good contribution from the pips. To Poggio Allegro and Poggio Allodole correspond skins richer in anthocyanins. The weight average of berries is in the varietal standards for every site. Instead from Valle Gualdo turn out grapes with higher sugar contents. However there isn't a decisive influence of the soil over the polyphenolic composition. The results show that in Montefalco area the climate influence and exposure to sunlight are determinant even though differently according to the area. While soil seems to influence less the concentrations of polyphenols and anthocyanins.

Mots-clef: terroir, concentration en polyphénols, influences climatiques, caractérisation pédologique

Introduction

La particularité d'un terroir viticole de qualité est de permettre une bonne maturation, c'est-à-dire une évolution harmonieuse des différents composants de la baie, de façon à ce qu'ils atteignent simultanément un niveau optimum au moment de la vendange. De nombreux travaux au cours des dernières années (Laville *et al.*, 1992 ; Jackson et Lombard, 1993 ; Failla et Fiorini, 1998) montrent l'importance que revêt l'étude de l'influence du climat et du sol pour la qualité des raisins à vinifier; d'autres (Roubelakis-Angelakis et Kliewer, 1986 ; Bergqvist et Dokoozlian, 2001 ; Spayd, 2002) insistent sur l'importance de la caractérisation polyphénolique et sur l'effet que les sucres, l'ABA et les trois principaux facteurs climatiques, bilan radiatif, température, pluviométrie, ont sur la régulation et l'activation de la phénylalanine-ammonio-liase (PAL). Certains auteurs (Crippen et Morrison, 1986 ; Smart *et al.* 1988 ; Jackson et Lombard, 1993) montrent l'effet positif des radiations lumineuses sur le contenu en anthocyanes et en polyphénols, effet dû à la croissance de l'activité métabolique et photosynthétique. D'autres (Bergqvist *et al.*, 2001 ; Haselgrove *et al.*, 2000) soulignent qu'une exposition excessive à la lumière provoque une baisse des anthocyanes du fait des fortes températures atteintes par certaines baies trop exposées. Valenti *et al.* (1996) montrent l'importance de l'interaction entre facteurs météorologiques et facteurs agronomiques. Il est évident, à la lumière d'études variées (Crippen et Morrison, 1986 ; Pirie, 1977) qu'il existe un « range » de températures optimales pour l'accumulation des polyphénols et des anthocyanes. D'autres auteurs (Jackson et Lombard, 1993 ;

Kliewer 1973 ; Kliewer et Torres, 1972) soulignent l'importance de l'effet des températures nocturnes, de moyennes journalières pas trop élevées et des écarts thermiques durant la maturation. Enfin, (Jackson et Lombard, 1993 ; Crippen et Morrison, 1986) il apparaît que de fortes précipitations peuvent être associées à une diminution du contenu polyphénolique, que des épisodes pluvieux concentrés au cours de la période successive à la nouaison causent une réduction du contenu en anthocyanes, et que les zones les plus aptes à la viticulture sont celles où les précipitations annuelles sont comprises entre 700 et 800 mm. Pour Rankine *et al.* (1971) la profondeur, la capacité au champ, et le drainage sont, parmi les caractéristiques pédologiques, celles qui influenceraient le plus la composition du raisin alors que la composition du sol jouerait un rôle secondaire. Van Leeuwen *et al.* (2004) affirment au contraire que le climat, in primis, et le sol ont un impact sur le contenu en anthocyanes plus important que celui du la variété. En particulier, des sols graveleux et des sols argileux sont meilleurs, pour la concentration en anthocyanes, que les sols sableux. Enfin, il convient de rappeler l'importance des caractéristiques optiques et radiatives du sol, qui peut réfléchir ou absorber la lumière, ce qui modifie le microclimat, et donc la teneur en anthocyanes et en polyphénols (Sauvage *et al.*, 1995).

L'objectif de cette étude a été de caractériser six différents milieux du territoire à D.O.C.G. du Sagrantino de Montefalco, en soulignant que, dans une situation agronomique déjà orientée vers un production de très haute qualité, les caractéristiques climatiques et pédologiques ont une influence sur les substances polyphénoliques durant la maturation du raisin. Les observations ont été effectuées au cours de six années (2001-2006). Les différences observées dans les six milieux ont pour but de fournir une information utile pour la gestion tant du vignoble que de l'ensemble du processus de vinification.

Matériel et méthodes

L'expérimentation, qui a duré six ans (2001-2006), a été effectuée sur six parcelles d'essai (Torre, Poggio Allegro, Poggio Allodole, Valle Gualdo, Montepennino et Pietrauta), situées dans la zone d'appellation DOCG Montefalco Sagrantino. Toutes les vignes de l'essai sont cultivées en cordon de Royat avec la variété Sagrantino ; elles sont enherbées et éclaircies. Pour chacune des six zones on a effectué, pour l'enquête pédologique, des tranchées et on a recherché les plus significatives. Les profils ont donc été relevés verticalement après ouverture à la pelleuse. Des analyses n'ont été faites que pour les horizons les plus importants (données non communiquées), aux laboratoires Flormercati de Montichiari (Brescia). Pour l'enquête météorologique on a utilisé les données de la petite station de l'exploitation pour la période allant de la dernière décade de Juillet à fin Octobre ; en outre, pour une période de trente ans (1975-2005) on a déterminé par le calcul les normales de la zone de Montefalco concernant l'indice de Winkler, la radiation lumineuse potentielle (PPAR) en conditions de ciel limpide, et la pluviosité. L'exécution des échantillonnages prévoyait un prélèvement random hebdomadaire d'environ 2 kg de raisin pour chaque milieu, sur lequel ont été effectuées les analyses pour le contrôle de la maturation technologique (sucres, acidité titrable et pH) et des polyphénols. Pour analyser le potentiel polyphénolique et la concentration des anthocyanes extractibles du raisin, c'est la méthode mise au point par l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige (Trento) qui a été utilisée (Mattivi *et al.*, 2002). L'extrait a ensuite été soumis à des analyses spectro-photométriques (Di Stefano *et al.*, 1989) effectuées dans les conditions optimisées décrites par Rigo *et al.*, (2000). Dans chaque milieu on a vendangé environ 35 kg de raisin, qui a ensuite été microvinifié grâce aux procédures standardisées de l'Istituto di San Michele all'Adige avant d'être enfin soumise à l'analyse sensorielle.

Résultats et discussion

Au vu des données des normales climatiques des trente dernières années de chaque zone (Tableau 1) – le delta n'est que de 14 mm de pluie entre la zone la moins et la plus pluvieuse – on peut affirmer que les précipitations ne constituent pas un élément caractéristique pour cette étude. En ce qui concerne la radiation lumineuse potentielle (PPAR) et l'indice de Winkler, il est à remarquer que la progression des deux paramètres est étroitement corrélée : aux valeurs les plus hautes de PPAR correspondent les GDD Winkler les plus élevés. Ce phénomène résulte de l'orographie particulière qui caractérise la zone étudiée.

ZONES	GDD Winkler (°C)	PPAR (MJm ⁻² période ⁻¹)	Précipitations annuelles (mm)
Torre	2093	2673	854
Poggio Allegro	1758	2276	864
Poggio Allodole	1770	2548	855
Valle Gualdo	2220	2739	861
Montepennino	1770	2515	868
Pietrauta	2201	2720	861
MOYENNE	1969	2579	861
DIFFERENCE MAXIMUM	462	463	14

Tableau 1 Normales climatiques des six zones sur une période de trente ans 1975-2005 (l'indice de Winkler et la PPAR prennent en compte la période du 1 avril au 31 octobre)

Pour la pédologie (Fig. 1, Tab. 3 et 4), on peut observer que toutes les zones sont caractérisées par une réaction alcaline et par un fort pourcentage d'eau disponible. En outre, pour chaque zone on peut distinguer les caractéristiques suivantes:

- Torre (alfisol): profond, squelette rare (0-5%), texture franche argileuse, drainage médiocre.
- Poggio allegro (inceptisol): mont : de peu profond à fin, squelette commun (5-15%) sur les premiers 30 cm, texture de franche limoneuse à argileuse, drainage médiocre. vallée : profond, squelette de commun (5-15%) à fréquent (15-35%) sur les premiers 30 cm, texture de franche limoneuse à argileuse, drainage médiocre.
- Poggio Allodole (entisol): peu profond, squelette commun (5-15%), texture franche argileuse, plutôt mal drainé.
- Valle Gualdo (entisol): peu profond, squelette rare (0-5%) dans les premiers 20 cm et abondant (35-75%) en profondeur, texture franche limoneuse, bien drainé.
- Montepennino (alfisol): profond, squelette fréquent (15-35%), texture argilo-limoneuse, drainage médiocre.

Pietrauta (inceptisol-alfisol) : profond, squelette de commun (5-15%) à fréquent (15-35%), texture franche argilo-limoneuse, drainage médiocre.

MOIS	Juin			Juillet			Aôut			Septembre			Octobre		SOMME
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
2001	2.6	17	0	6.8	4	0	0	2.2	0.2	13.4	109.8	41.6	5.2	0.8	204
2002	11	0	26	0	71.8	35	101.2	3.6	127.8	53	3	41	12	18	503
2003		47.4	22.8	0	1.6	15	2.6	2.6		25.4	0	51.6	12.4	4.4	186
2004	39	6.6	0	0	9.6	0	28.8	0.2	0.6	0	59.4	7.8	3.4	68.8	224
2005	8.4	4.2	0	6.6	1.4	0	11.8	11.8	54.6	21.8	97.6	0.4	59.2	22.8	301
2006	9.4	0.4	0	20.2	0.4	9.2	19.8	26.6	15.4	0	92.8	28.4	0.6	15.2	238
Moyenne	14.1	12.6	8.1	5.6	14.8	9.9	27.4	7.8	39.7	18.9	60.4	28.5	15.5	21.7	285

Tableau 2 Valeurs des précipitations de la station UCEA de Marsciano (Perugia)

	Juin			Juillet			Août		
	Tmin	Tmax	Tmoy	Tmin	Tmax	Tmoy	Tmin	Tmax	Tmoy
2001	9.3	31.3	20.3	13.0	34.1	23.6	15.1	35.9	25.5
2002	12.1	34.4	23.3	14.3	34.4	24.4	14.4	30.8	22.6
2003	15.5	37.4	26.5	16.0	37.2	26.6	16.0	40.0	28.0
2004	11.5	32.9	22.2	11.4	36.0	23.7	14.2	34.4	24.3
2005	10.6	33.7	22.1	14.7	37.0	25.9	11.6	32.9	22.3
2006	10.1	32.4	21.2	15.1	35.7	25.4	10.8	33.2	22.0
Moyenne	11.2	33.2	22.2	14.0	35.7	24.9	13.5	34.1	23.8
	Septembre			Octobre			MOYENNE		
	Tmin	Tmax	Tmoy	Tmin	Tmax	Tmoy	Tmin	Tmax	Tmoy
2001	6.7	27.5	17.1	7.8	24.8	16.3	10.4	30.7	20.6
2002	9.5	27.1	18.3	5.3	22.9	14.1	11.1	29.9	20.5
2003	9.0	30.9	20.0	4.2	23.3	13.8	12.1	33.8	23.0
2004	11.2	30.7	21.0	10.3	24.9	17.6	11.7	31.8	21.8
2005	11.5	28.9	20.2	6.6	21.9	14.3	11.0	30.9	20.9
2006	10.5	31.1	20.8	6.6	25.1	15.9	10.6	31.5	21.0
Moyenne	9.8	29.5	19.6	6.8	23.8	15.3	11.0	31.3	21.2

Tableau 3 Températures minimum, maximum et moyenne de la station UCEA de Marsciano (Perugia)

En confrontant les zones pour les valeurs moyennes des six années (Tab.4 et 5), on peut relever, pour certains paramètres, des différences significatives. Il convient de souligner encore une fois que, dans des situations comme celle-ci, où tous les sites sont voués à obtenir un produit qualitativement supérieur, des variations en pourcentage de l'ordre de 10% peuvent être considérées comme étant importantes pour augmenter ultérieurement la qualité du produit final.

Pour la teneur en sucre, on remarque que Valle Gualdo fournit les raisins les plus riches en sucres solubles (25,3°Brix), alors que ceux de Poggio Allodole et Poggio Allegro sont les moins sucrés (respectivement 23,3 et 23,5°Brix). Pour les valeurs du MDS des sucres (0,9), on relève des différences significatives entre zones : Valle Gualdo a une teneur en sucre supérieure de 8,5% par rapport à la zone où ce chiffre est le plus faible. Soulignons que les variables pédo-climatiques ont influencé le site de Valle Gualdo : en effet, c'est le site avec les meilleurs PPAR et degrés Winkler avec, par ailleurs, une strate utile de sol peu profonde, bien drainée et au squelette abondant en profondeur. Les valeurs du pH sont plus élevées pour le site de Valle Gualdo (3,44) et plus basses à Pietrauta (3,18); le MDS (0,16) permet de noter des différences significatives entre les six zones. En effet, entre Pietrauta et Valle Gualdo on observe une différence en pourcentage de pH de 8,2%. L'acidité titrable est moyennement haute pour toutes les zones (6,59g/L). Il existe toutefois des différences notables entre les six zones (MDS=0,87) : Pietrauta a une acidité titrable maximale (7,75g/L) alors que pour Torre, elle est minimale (5,88g/L). Cette différence, qui se répercute sur l'acidité et le pH, pourrait être attribuable au fait que Torre est dans une plaine à une altitude de 210m alors que Pietrauta se trouve à une altitude plus élevée (380m). L'acidité est le paramètre qui varie le plus en pourcentage : en effet Pietrauta a une acidité titrable supérieure de 31,8% par rapport à celle de Torre ; de même, Poggio Allegro et Montepennino se différencient par une forte acidité (respectivement +13,3% et +14,5%).

Moyenne 2001-2006	Torre	Poggio Allegro	Poggio Allodole	Valle Gualdo	Monte Pennino	Pietrauta	MDS	MOYENNE
°Brix	24.4	23.5	23.3	25.3	24.0	24.1	0.9	24.1
pH	3.37	3.29	3.29	3.44	3.28	3.18	0.16	3.31
Ac.tit. (g/L)	5.88	6.66	6.33	6.21	6.73	7.75	0.87	6.59
A.T. (mg/Kg)	893	1007	997	948	923	914	284	947
P.T. (mg/Kg)	4582	4253	4229	4155	4180	4210	496	4268
P.T.(p) (mg/Kg)	2930	2828	2811	2635	2556	2785	311	2757
P.T.(pp) (mg/Kg)	1653	1425	1418	1520	1624	1425	265	1511
%P (pp)	34.8	35.2	34.1	37.6	36.9	33.6	4.5	35.4
PMB	1.49	1.50	1.50	1.51	1.53	1.53	0.11	1.51

Tableau 4 Valeurs moyennes, pour les six années, de la maturité technologique et de la teneur en polyphénols des raisins à la vendange (A.T.=Anthocyanes Totales ; P.T.=Polyphénols Totaux ; P.T.(p)= Polyphénols Totaux pellicules ; P.T.(pp)= Polyphénols Totaux pépins ; %P (pp)=%polyphénols de pépins ; PMB=Poids Moyen Baie)

%	Torre	Poggio Allegro	Poggio Allodole	Valle Gualdo	Monte Pennino	Pietrauta
°Brix	4.7	0.9	0.0	8.5	3.0	3.4
pH	6.1	3.5	3.5	8.2	3.3	0.0
Ac.tit. (g/L)	0.0	13.3	5.6	5.6	14.5	31.8
A.T. (mg/Kg)	0.0	12.8	11.7	6.2	3.4	2.4
P.T. (mg/Kg)	10.3	2.4	1.8	0.0	0.6	1.3
P.T.(p) (mg/Kg)	14.6	10.6	10.0	3.1	0.0	9.0
P.T.(pp) (mg/Kg)	16.5	0.5	0.0	7.1	14.5	0.5
%P (pp)	3.6	4.9	1.5	12.1	9.9	0.0
PMB	0.0	0.4	0.2	0.9	2.1	2.5

Tableau 5 Pourcentages de variation de la maturité technologique et de la teneur en polyphénols des raisins à la vendange entre la zone avec la valeur minimale et les autres zones

En ce qui concerne les polyphénols, l'enquête a été approfondie pour faire intervenir les différences de contribution attribuables aux pellicules et aux pépins. On ne note pas de différence entre les zones pour le poids moyen de la baie au cours des six années : 1,51g. Les anthocyanes totales sont plus élevées à Poggio Allegro et à Poggio Allodole (respectivement 1007 et 997 mg/Kg) et plus faibles à Torre (893 mg/Kg). Il convient de souligner que ces différences de teneur en anthocyanes de 12,8% (Poggio Allegro) et de 11,7% (Poggio Allodole) sont intéressantes du point de vue œnologique. Diverses hypothèses pourraient expliquer les différentes teneurs en anthocyanes : le fait que Torre soit un site de plaine ne facilite pas l'excursion thermique favorable à l'accumulation des anthocyanes ; en outre, il semble que les sols plus lourds (Torre) et moins riches en squelette contribuent, dans la situation de Montefalco, à réduire l'accumulation d'anthocyanes ; enfin, il se pourrait que les sites avec les plus faibles Winkler et PPAR donnent, dans la situation de Montefalco, plus d'anthocyanes. Les teneurs en polyphénols totaux sont bien différenciées : Torre a la teneur maximale (4582mg/Kg) alors que Valle Gualdo a la teneur la plus basse (4155mg/Kg). Entre ces deux sites on observe une différence de +10,3% de polyphénols totaux en faveur de Torre et, pour cette variable, l'analyse statistique a donné un MDS=265. Un sol plus argileux a pu contribuer à favoriser la concentration en polyphénols à Torre ; toutefois, les variations de conditions climatiques ne semblent pas avoir un effet décisif sur les polyphénols. En observant les différences d'apport polyphénolique des pellicules et des pépins, on peut noter que Torre est le site qui obtient les meilleurs résultats pour ces deux paramètres (2930 mg/Kg pour les pellicules, et 1653 mg/Kg pour les pépins) ; Monte Pennino obtient la valeur la plus faible pour les pellicules (2556 mg/Kg) alors que Poggio Allodole obtient la valeur la plus faible pour les pépins (1418 mg/Kg). Pour les différences en pourcentage, Torre a +14,6% de polyphénols

dans les pellicules par rapport à Montepennino. De même, Poggio Allegro et Poggio Allodole ont une teneur significativement plus importante, pour ce paramètre, que Montepennino (respectivement +10,6% et +10%). Pour les pépins, Torre obtient les meilleurs résultats avec +16,5% de polyphénols par rapport à Poggio Allodole et Montepennino avec +14,5%. L'importance prépondérante de la contribution des pellicules, par rapport aux pépins, à la teneur polyphénolique totale, pour la variété Sagrantino, se remarque au niveau du pourcentage de polyphénols provenant des pépins, en moyenne de 35,4%, mais jamais supérieur à 37,6%. Valle Gualdo et Montepennino ont un pourcentage de polyphénols dans les pépins supérieur à la moyenne (37,6% et 36,9%) alors qu'on observe, à Poggio Allodole et Pietrauta des valeurs plus élevées dans les pellicules.

La moyenne des analyses sensorielles sur les vins microvinifiés au cours des six années (Fig.1) montre des différences significatives entre les six sites pour les sept descripteurs (intensité couleur, fruité rouge-noir, caramel, phénolique, acidité, amer, équilibre)

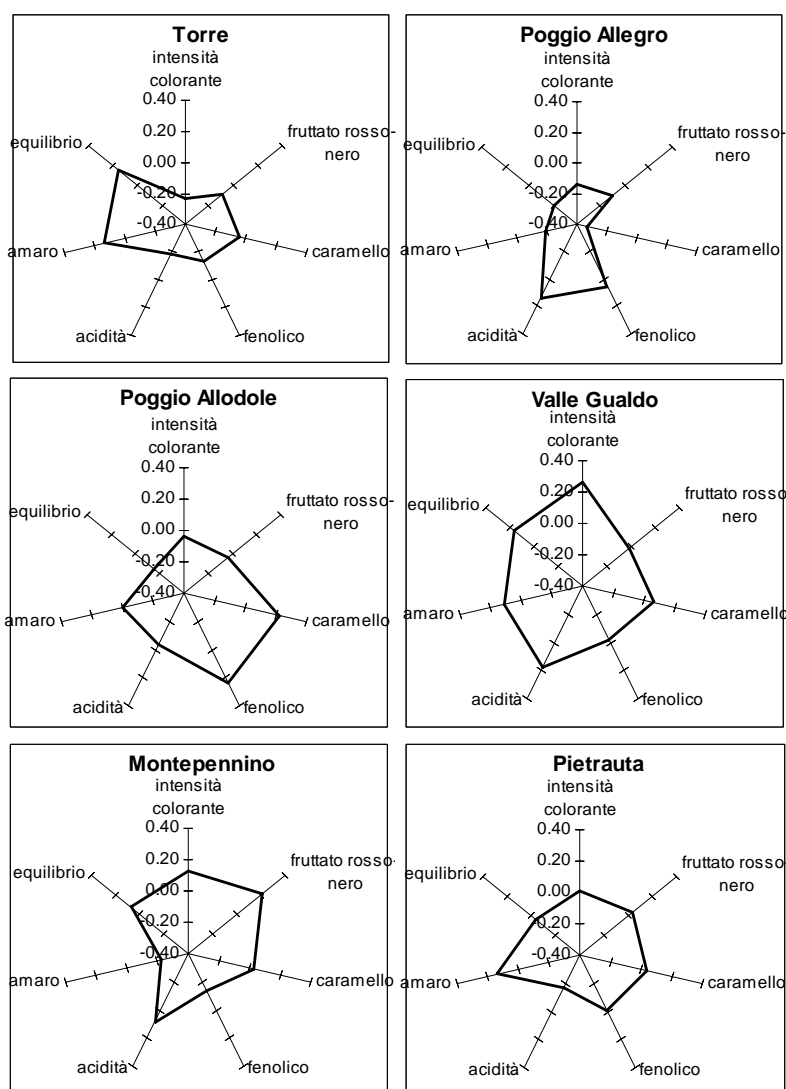


Figure 1 Analyse sensorielle: moyenne des trois années pour les six zones prise en compte

- Torre: intensité de couleur faible, senteurs phénoliques faibles, perception acide faible, sensation amère élevée mais, dans l'ensemble, un bon équilibre.
- Poggio Allegro: senteurs fruité rouge-noir et caramel faibles, perception acide élevée et sensation amère faible. On note, dans l'ensemble, un certain déséquilibre.
- Poggio Allodole: se détache pour les notes accentuées de caramel et phénolique. Un certain déséquilibre.

- Valle Gualdo: intensité de couleurs optimale, fortes senteurs de caramel, perception acide et sensation amère supérieure : dans l'ensemble un vin à l'équilibre optimal.
- MontePennino: intensité de couleurs optimale, notes de fruité rouge-noir et caramel élevées, note phénolique et sensation amère faibles.
- Pietrauta: fortes notes de caramel, perception acide faible et sensation amère élevée.

En plus du comportement moyen des zones pour les six années, il nous a semblé utile de montrer leur comportement lors des années extrêmes afin de pouvoir observer comment les différents sites se situent par rapport à la moyenne. Donc, en nous basant sur les données météo de la station de Marsciano (Perugia) (Tab.2 et 3), on a pris d'une part, l'année 2002 comme exemple d'une année pluvieuse en période post-nouaison et en période de maturation, avec des températures basses et une faible PPAR, et, d'autre part, l'année 2003 comme exemple d'une année aux très hautes températures avec une forte sécheresse.

2002	Torre	Poggio Allegro	Poggio Allodole	Valle Gualdo	Monte Pennino	Pietrauta	MOYENNE
°Brix	24.9	23	22.1	24.1	22.9	23.2	23.4
pH	3.31	3.28	3.19	3.34	3.22	3.17	3.25
Ac.tit. (g/L)	6.38	6.61	6.77	6.55	7.01	7.19	6.75
A.T. (mg/Kg)	1101	1420	1309	1181	1340	1081	1239
P.T. (mg/Kg)	4098	4797	3932	3712	4136	4068	4124
P.T.(p) (mg/Kg)	2979	2979	2895	2406	2784	2937	2830
P.T.(pp) (mg/Kg)	1119	1818	1037	1306	1352	1131	1294
%P (pp)	27.3	37.9	26.4	35.2	32.7	27.8	31.2
PMB	1.60	1.77	1.75	1.57	1.47	1.77	1.7

Tableau 6 Valeurs, pour l'année 2002, de la maturité technologique et de la teneur en polyphénols des raisins à la vendange

2003	Torre	Poggio Allegro	Poggio Allodole	Valle Gualdo	Monte Pennino	Pietrauta	MOYENNE
°Brix	26.2	25.4	23.4	26	26.2	26.3	25.6
pH	3.7	3.64	3.61	3.96	3.49	3.48	3.65
Ac.tit. (g/L)	4.39	4.87	4.68	4.2	4.68	5.59	4.74
A.T. (mg/Kg)	800	878	618	681	846	790	769
P.T. (mg/Kg)	4547	4707	4507	3868	4269	4679	4430
P.T.(p) (mg/Kg)	2770	2937	2686	2457	2476	2704	2672
P.T.(pp) (mg/Kg)	1777	1770	1821	1411	1793	1975	1758
%P (pp)	39.1	37.6	40.4	36.5	42	42.2	39.6
PMB	1.55	1.10	1.40	1.42	1.54	1.38	1.40

Tableau 7 Valeurs, pour l'année 2003, de la maturité technologique et de la teneur en polyphénols des raisins à la vendange

Il est possible d'observer (Tab.6 et 7) qu'en 2003 les raisins sont nettement plus sucrés et avec une faible acidité par rapport à la moyenne alors qu'en 2002, c'est le contraire. Pour la teneur en polyphénols totaux, elle est, en 2002, légèrement inférieure à la moyenne alors que la teneur en anthocyanes totales est supérieure ; en 2003, la teneur en polyphénols totaux est supérieure à la moyenne du fait de la forte teneur en polyphénols des pépins, alors que la teneur en anthocyanes est faible du fait de difficultés de synthèse à forte température. Donc, en années plus chaudes et sèches que les années intermédiaires on observe plus de sucre, un pH plus élevé, une acidité inférieure, moins d'anthocyanes, moins de polyphénols dans les pellicules, nettement plus de polyphénols dans les pépins, et une réduction du poids moyen de la baie. Au cours des années froides et pluvieuses on observe, au contraire, une teneur en sucre et un pH légèrement inférieurs à la moyenne, une acidité titrable légèrement supérieure, une teneur en anthocyanes nettement supérieure, une teneur en polyphénols dans les pépins inférieure, une teneur en polyphénols dans les pellicules légèrement

supérieure et un poids moyen des baies supérieur. La concentration en polyphénols totaux est restée à peu près invariée au cours des deux années extrêmes.

Conclusion

Il semble difficile d'établir une corrélation entre la teneur en polyphénols totaux et les normales climatiques des six zones, alors que le sol semble jouer un certain rôle. Ce n'est probablement pas un seul facteur qui favorise l'accumulation des polyphénols mais l'interaction d'un certain nombre d'entre eux. La teneur en anthocyanes semble être strictement corrélée aux normales climatiques, et, en particulier, on peut noter que, pour les milieux pris en compte, la somme thermique exprimée en GDD Winkler et la PPAR exercent une influence inversement proportionnelle sur l'accumulation des anthocyanes. En ce qui concerne les variables technologiques, les sucres, le pH et l'acidité, c'est l'influence climatique qui semble l'emporter sur l'influence pédologique.

En outre, on peut noter que, dans la zone de Montefalco, pour certains paramètres : les polyphénols des pépins, les anthocyanes totales et le poids moyen des baies, l'influence de l'année est plus importante que celle du site. Au contraire, mis à part le facteur année, pour les sucres, le pH, l'acidité titrable et les polyphénols des pellicules, les zones ne se différencient pas vraiment.

Enfin, il convient de remarquer que l'effet année a une grande influence sur la variété et ce, de façon variable selon le paramètre considéré, alors que, au vu des valeurs moyennes, c'est l'effet variétal qui l'emporte sur l'effet environnemental.

Bibliographie

BERGQVIST J., DOKOOZLIAN N., 2001. Sunlight exposure and temperature effectson berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the central San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.* Vol. 52, n. 1, pp. 1-7.

CRIPPEN D.D., MORRISON J.C., 1986. The effects of sun exposure on phenolic content of Cabernet Sauvignon berries during development. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 37, n. 4, pp. 243-247.

DOKOOZLIAN N., KLIEWER W. M., 1996. Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 121 (5), pp. 869-874

JACKSON D.L., LOMBARD P.B., 1993. Environmental and management Practices affecting grape composition and wine quality. A review. *Am. J. Enol. Vitic.*, vol. 44, n. 4, pp. 409-430.

KLIEWER W.M., 1973. Berry composition of *Vitis vinifera* cultivars as influenced by photo-and nycto-temperatures during maturation. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 98, pp. 153-9.

KLIEWER W.M., TORRES R.E., 1972. Effect of controlled day and night temperature on grape concentration. *Am. J. Enol. Vitic.*, 23, pp. 71-77

MATTIVI F., PRAST A., NICOLINI G., VALENTI L., 2002. Validazione di un nuovo metodo per la misura del potenziale polifenolico delle uve rosse e discussione del suo campo di applicazione in enologia. *Riv. Vitic. Enol.*, 2/3, pp. 55-74.

ROUBELAKIS-ANGELAKIS K.A., KLIEWER W.M., 1986. Effects of exogenous factors on phenylalanine-ammonia-lyase activity and accumulation of anthocyanins and total phenolics on grape berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 37, 4, pp. 275-280.

SMART R.E., SMITH S.M., WINCHESTER R.V., 1988. Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol.Vitic.*, n.39, pp 250-258

SPAYD S.E., TARARA J.M., MEE D.L., FERGUSON J.C., 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 53, n. 3, pp. 171-182.

VAN LEEUWEN C., FRIANT P., CHONÉ X., TREGOAT O., KOUNDOURAS S., DUBOURDIEU D., 2004. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol 55, n. 3, pp. 207-217.