

I - INTRODUCTION

Pourquoi un site particulier peut être un terroir viticole ?

La combinaison entre le sol, le mésoclimat et les paramètres du vignoble (porte-greffe, cépage, greffon, densité de plantation, mode de conduite) conditionne la physiologie de la vigne. Selon les sites et l'architecture du vignoble, cette combinaison peut induire un ou des facteurs limitatifs du développement végétatif de la vigne. En l'état des connaissances scientifiques, l'effet terroir n'existe pas sans facteurs limitatifs de la vigueur de la vigne au bénéfice de la constitution des raisins. Par empirisme, les anciens énonçaient : « la vigne doit souffrir pour produire les meilleurs raisins ». L'expression du terroir viticole est étroitement dépendante des choix humains : viticulteur et vinificateur qui président à la mise en place et à la gestion du vignoble. Vauban, au 18^{ème} siècle, écrivait déjà : « Le bon terroir ne diffère en rien du mauvais s'il n'est cultivé ».

Quelques soient les cépages rouges, l'alimentation en eau et l'alimentation en azote sont clairement identifiées comme deux facteurs agronomiques déterminant de l'effet terroir sur le vin (SEGUIN, 1986 ; VAN LEEUWEN *et al.*, 1994 ; CHONÉ *et al.*, 2001). Lorsque ces facteurs sont limitatifs (déficits hydriques modérés, sub-carence en azote), la constitution des moûts est plus riche en sucres, anthocyanes, tanins et les vins sont nettement plus appréciés lors des dégustations (CHONÉ *et al.*, 2001).

L'effet terroir sur le potentiel aromatique des cépages blancs a été récemment étudié à travers l'exemple du sauvignon blanc dans le laboratoire du Pr. Denis DUBOURDIEU. L'arôme variétal des vins de Sauvignon blanc est dû à la présence de thiols volatils responsables des odeurs de buis, de genêt, de pamplemousse, de mangue et de fruit de la passion (DARRIET *et al.*, 1995 ; TOMINAGA *et al.*, 1998a). Ces thiols participent aussi à l'arôme variétal des vins d'autres variétés, notamment le Riesling, le Colombard, le Manseng...(TOMINAGA *et al.*, 2000).

Les thiols volatils sont absents dans le raisin. Ils sont libérés pendant la fermentation par la levure (MURAT *et al.*, 2001) à partir de précurseurs inodores (TOMINAGA *et al.*, 1998b) dont la structure a récemment été identifiée à des S-conjugués à la cystéine (TOMINAGA *et al.*, 1998a). La 4-mercapto-4-méthylpentan-2-one (4MMP), le 4-mercapto-4-méthylpentan-2-ol (4MMPOH) et le 3-mercaptohexan-1-ol (3MH), sont ainsi libérés, respectivement, à partir de la S-4-(4-méthylpentan-2-one)-L-cystéine (P-4MMP), de la S-4-(4-méthylpentan-2-ol)-L-cystéine (P-4MMPOH) et de la S-3-(hexan-1-ol)-L-cystéine (P-3MH).

Le dosage des précurseurs cystéinylés dans le moût (PEYROT DES GACHONS *et al.*, 2000) permet ainsi d'accéder à un nouveau marqueur du potentiel aromatique de certains cépages sur un terroir donné.

La réactivité des thiols variétaux vis à vis des quinones est l'une des principales causes de l'instabilité de l'arôme variétal des vins de Sauvignon. Limiter la formation de quinones au cours des différents stades de l'élaboration du vin de sauvignon est essentiel pour favoriser la stabilité de son arôme variétal. Par conséquent, une teneur faible en composés phénoliques du moût et la protection de ce dernier vis à vis de l'oxydation sont indispensables.

Egalement très réactif vis à vis des quinones, le glutathion des moûts et des vins joue un rôle important dans la protection des thiols volatils variétaux vis à vis de l'oxydation (DUBOURDIEU *et al.* 2001). Dans une certaine mesure, on estime que le potentiel aromatique d'un moût de Sauvignon blanc fait intervenir à la fois sa teneur en précurseurs d'arôme, en composés phénoliques et en glutathion. L'expression aromatique du vin sera d'autant plus intense que le moût est riche en précurseurs d'arôme et en glutathion et pauvre en composés phénoliques.

II - INFLUENCE DE L'ETAT HYDRIQUE SUR LE POTENTIEL AROMATIQUE DES BAIES

Les effets de l'état hydrique de la vigne sur le potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* sont peu documentés. Le dosage des précurseurs cystéinylés dans le moût (PEYROT DES GACHONS *et al.*, 2000) permet ainsi d'accéder à un nouveau marqueur du potentiel aromatique de certains cépages sur un terroir donné.

2.1 - Les contraintes hydriques sévères sont associées à une teneur faible en précurseurs cystéinylés dans les baies

PEYROT DES GACHONS (2000) a observé l'effet défavorable d'une contrainte hydrique sévère sur la teneur en précurseurs cystéinylés des raisins de Sauvignon blanc. Cette contrainte hydrique sévère a conduit à une forte défoliation des ceps et les valeurs de potentiel foliaire de base ont atteint -1 MPa le 20 août 1998. Sur les parcelles de Sauvignon où les déficits hydriques étaient moins accentués, la teneur du moût en précurseurs cystéinylés étaient plus importantes (PEYROT DES GACHONS, 2000). Ce résultat laisse penser que des déficits hydriques modérés pourraient être favorables à l'accumulation des précurseurs cystéinylés dans les baies

2.2 - Certaines contraintes hydriques modérées sont associées à un potentiel aromatique élevé des baies

A partir de 1999, l'état hydrique de parcelles de Sauvignon blanc a été déterminé avec le potentiel tige minimum : $\Psi_{T \min}$, mesuré lors du zénith solaire (CHONÉ *et al.*, 2001a). Le $\Psi_{T \min}$ est un indicateur plus sensible des déficits hydriques modérés de la vigne que le potentiel foliaire de base : Ψ_B (CHONÉ *et al.*, 2000). Par ailleurs, le $\Psi_{T \min}$ est bien corrélé à la vitesse de croissance des rameaux pour des ceps cultivés en serre (figure 1, 2 et 3) comme pour des ceps cultivés en plein air (CHONÉ, 2001).

Le ralentissement de la vitesse de croissance des rameaux est constaté pour une valeur de $\Psi_{T \min} = -0,65$ MPa (figure 1,2 et 3). L'arrêt de croissance des rameaux est observé pour des valeurs de $\Psi_{T \min}$ comprises entre -0,9 et -1,05 MPa selon, notamment, la présence ou non de grappes sur le

rameau (CHONÉ, 2001). Par conséquent, le $\Psi_{T\min}$ est un excellent indicateur de la compétition pour les photosynthétats entre les apex et les baies.

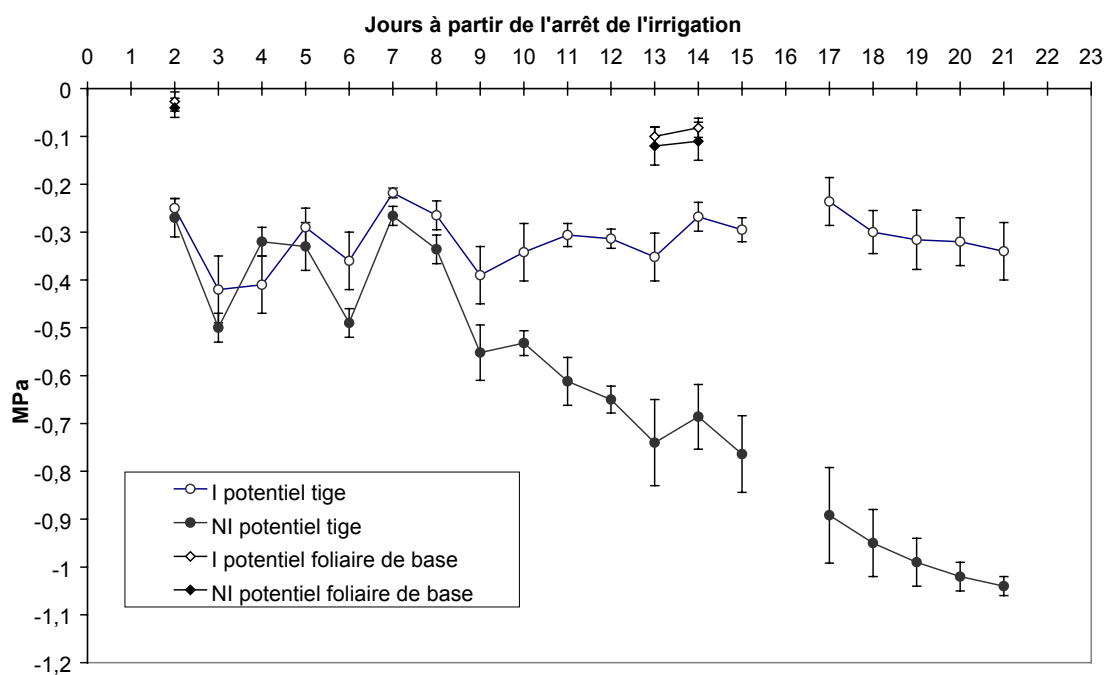


Figure 1 : Evolution du $\Psi_{T\min}$ sur des ceps cultivés en conteneurs en serre, I : témoin irrigué ; NI : non irrigué à partir du jour 1. Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions. Les barres d'erreurs indiquent l'écart type

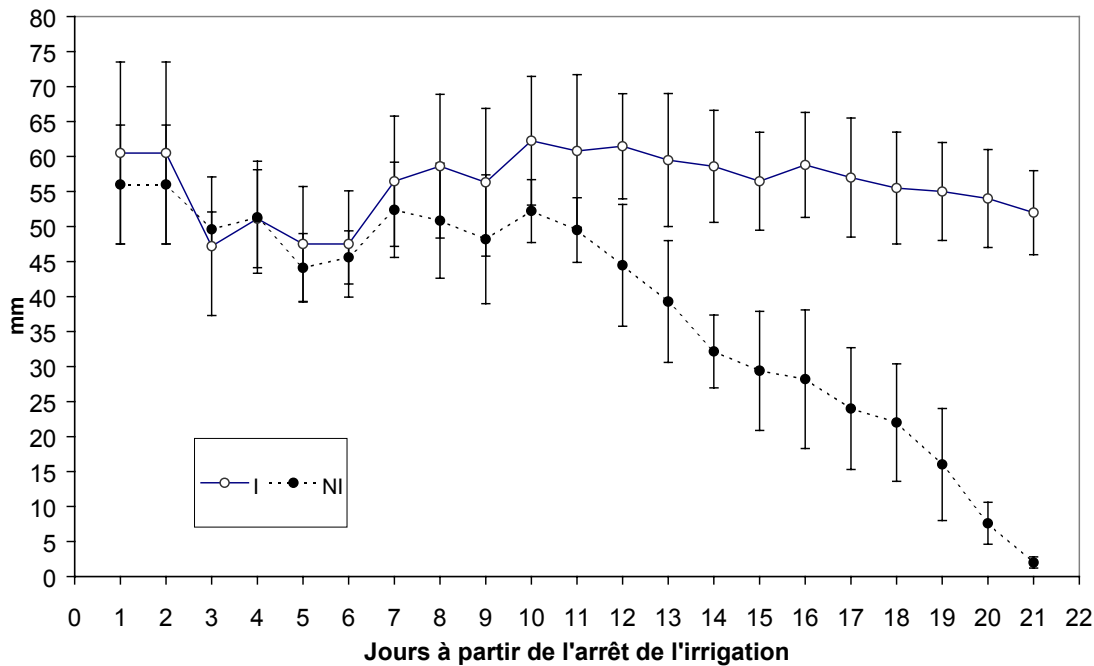


Figure 2 : Evolution de la vitesse de croissance (axe des ordonnées, mm) sur deux modalités de ceps cultivés en conteneurs, en serre, I : témoin irrigué ; NI : non irrigué à partir du jour 1. Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions. Les barres d'erreurs indiquent l'écart type

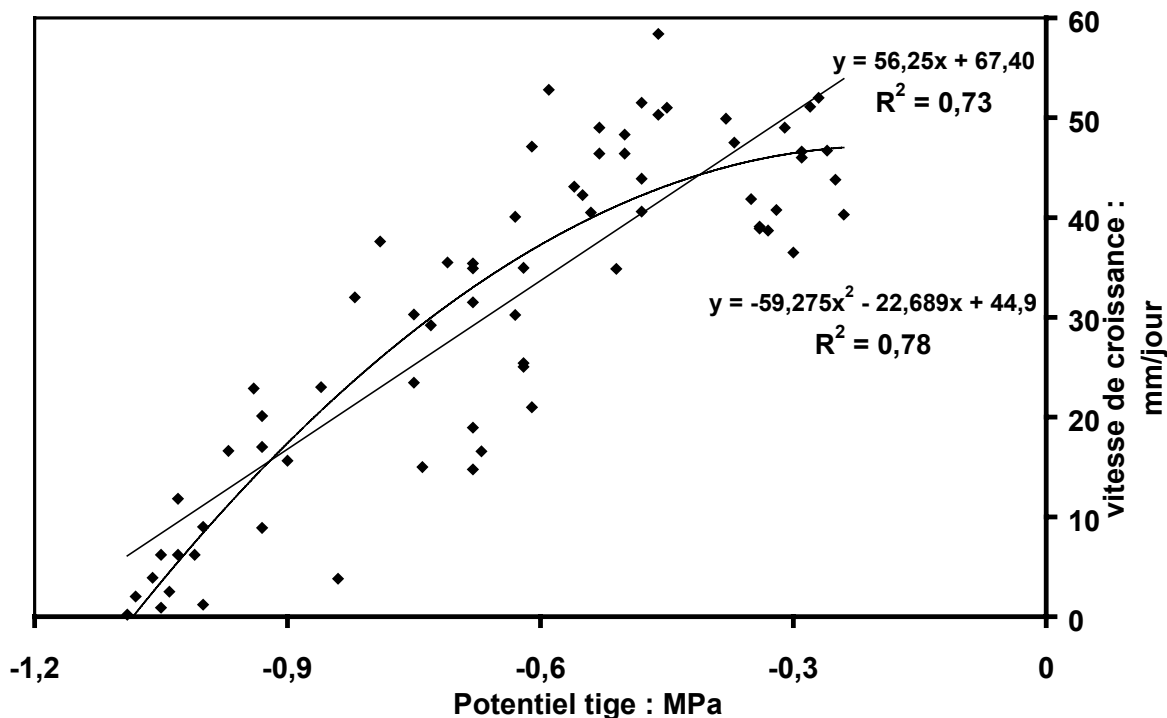


Figure 3 : Régression linéaire et polynomiale entre le $\Psi_{T_{min}}$ et la vitesse de croissance des rameaux pour des ceps (cultivés en serre, en conteneur de 70 litres) non irrigués pendant 22 jours

La teneur en précurseur cystéinylés des baies issues de ceps dont le sol a été bâché de juin à la récolte (pour créer un dessèchement régulier du sol) a été comparée à celle d'un témoin non bâché, cultivé en sol profond (tableau 1). Le $\Psi_{T \min}$ sur sol profond (nommé SP) est toujours nettement supérieur à -0,65 MPa jusqu'à la récolte. Sur ce site, la vigne n'a pas connu de déficit hydrique. Inversement, sur le niveau bâché (nommé B), le $\Psi_{T \min}$ varie de -0,7 à -1,1 MPa de la véraison à la récolte (tableau 1). Par conséquent, pour B, la contrainte hydrique modérée est apparue avant la véraison et s'est maintenue jusqu'à la récolte.

Le dosage de l'azote assimilable ne fait pas apparaître de différence significative d'alimentation azotée entre les deux sites.

	SP : Sol profond	B : Sol bâché
$\Psi_{T \min}$ 29/07/00 : véraison	-0,18 a	-0,7 b
$\Psi_{T \min}$ 10/08/00	-0,22 a	-0,95 b
$\Psi_{T \min}$ 28/08/00 : récolte le 5/09/00	-0,30 a	-1,1 b

Tableau 1 : Valeur du $\Psi_{T \min}$ (MPa) pour SP (sol profond) et pour B (sol bâché du 8 juin jusqu'à la vendange) ; Sauvignon blanc, clone 108 greffé sur 3309 C, espacement 1 x 2 mètres

Un déficit hydrique modéré, apparaissant avant la véraison, induit les mêmes effets sur la taille et la composition des baies lors de la récolte du Sauvignon blanc que sur celles du Cabernet-sauvignon (CHONÉ et al., 2001b) : diminution du poids, plus forte teneur en sucres, plus faible teneur en acide malique et plus forte teneur en composés phénoliques totaux (tableau 2).

		SP	B
Poids de vendange/cep	kg	3,6 a	2,9 b
Surface foliaire primaire	m ²	3,257 a	2,60b
Surface foliaire secondaire	m ²	3,804 a	1,63 b
Poids moyen d'une baie	g	2,03 a	1,81 b
Sucres réducteurs	g/L	178,4 a	210 b
Acidité totale	g de H ₂ SO ₄ /L	6,69 a	4,21 b
Acide malique	g/L	4,95 a	2,44 b
Azote assimilable	mg/L	172 a	225 a
P-4MMP	ng eq/L	1263 a	2548 b
P-4MMPOH	ng eq/L	2226 a	2127 a
P-3MH	ng eq/L	7254 a	24288 b
Composés phénoliques (IPT)		1,6 a	2,31 b

Tableau 2 : Paramètres de la vigueur et composition du moût le jour de la vendange pour SP (sol profond) et pour B (sol bâché du 8 juin jusqu'à la vendange) ; Sauvignon blanc, clone 108 greffé sur 3309 C, espacement 1 x 2 mètres

La teneur en P-3MH et en P-4MMP des raisins de B est nettement supérieur à celle de SP. L'hypothèse d'un effet positif des contraintes hydriques modérées sur l'accumulation des précurseurs cystéinylés dans les raisins de Sauvignon blanc est soutenue par ces résultats.

L'accroissement de la teneur en composés phénoliques totaux dans les baies de la modalité B est défavorable à la stabilité aromatique du vin.

Ces résultats ne permettent pas de définir précisément la durée d'un déficit hydrique modéré exerçant un effet positif sur le potentiel aromatique du Sauvignon blanc. Vraisemblablement, les déficits hydriques modérés les plus favorables sont ceux apparaissant juste après la véraison et accompagnés de températures non caniculaires.

III - INFLUENCE DE L'ALIMENTATION EN AZOTE SUR LE POTENTIEL AROMATIQUE DES BAIES (PRECURSEURS CYSTEINYLES, INDICE DES POLYPHENOLS DU MOUT ET TENEUR EN COMPOSES REDUCTEURS)

3.1 - Correction d'une carence azotée : conditions de l'essai

Trois niveaux d'alimentation en azote ont été étudiés dans la même parcelle de sauvignon blanc. Cette parcelle présentait deux zones possédant deux niveaux d'alimentation très distincts en 1999, caractérisé par 30 et 280 mg/l d'azote assimilable (MASNEUF *et al.*, 2000 ; VAN LEEUWEN *et al.*, 2000) par litre de moût. Le premier niveau indique tous les signes d'une carence en azote sévère (faible surface foliaire secondaire et faible rendement). Les caractéristiques de ce sol, notamment sa faible teneur en matière organique semblent expliquer cette différence d'alimentation en azote.

Lors du millésime 2000, le potentiel aromatique, l'alimentation en azote et le comportement hydrique de la vigne ont été étudiés sur ces 2 zones. En outre, le 15 juin 2000, sur 2 rangs de la zone carencée en azote, nous avons apporté par cep l'équivalent de 60 unités d'azote (ammonitrate) par hectare. Nous disposons par conséquent, de trois modalités d'alimentation en azote nommées :

- Boyer 1, naturellement pauvre en azote
- Boyer 2, naturellement pauvre en azote + 60 unités d'ammonitrate par hectare
- Boyer 3, naturellement riche en azote

Pour le millésime 2000, le débourrement a eu lieu le 15 mars, la mi floraison le 1^{er} juin et la mi véraison le 1^{er} août. La constitution des échantillons a eu lieu le 3 septembre.

L'état hydrique fut non limitatif pour les trois modalités pendant le millésime 2000. En effet, les valeurs de $\Psi_{T\ min}$, déterminées de juillet à fin août 2000, ont varié de -0,22 MPa à -0,58 MPa. Pour aucune modalité, le potentiel hydrique n'a atteint la valeur de $\Psi_{T\ min}$ (-0,65 MPa) pour laquelle on observe un ralentissement de la vitesse de croissance des rameaux.

Lors de la récolte, la teneur en azote assimilable du moût de Boyer 1 est 6 fois inférieure à celle de Boyer 3. Les teneurs en azote assimilable de Boyer 2 et de Boyer 3 ne sont pas significativement différentes.

3a	Boyer 1	Boyer 2	Boyer 3
Azote assimilable mg/L	29 a	174 b	202 b
Nombre de grappes par cep	11,1 a	9,9 a	22,3 b
Poids de vendange/cep kg	1,43 a	1,58 a	4,06 b

S.F.primaire m ²		2,13 a	2,37 a	3,70 b
S.F.secondeire m ²		0,40 a	1,44 b	3,05 c

3b		Boyer 1	Boyer 2	Boyer 3
Poids d'une baie	g	1,5 a	1,9 b	2,1 c
Sucres réducteurs	g/L	202 a	199 a	197 a
Acidité totale	g de H ₂ SO ₄ /L	5,3 a	6,5 b	6,0 b
Acide malique	g/L	2,72 a	4,22 b	4,23 b
Azote assimilable	mg/L	29 a	174 b	202 b
P-4MMP	ng eq/L	405 a	715 b	1116 ab
P-4MMPOH	ng eq/L	760 a	2059 b	2260 ab
P-3MH	ng eq/L	3358 a	14812 b	5007 a
Composés phénoliques (IPT)		0,28 a	0,21b	0,2 b
Glutathion	mg/L	17,9 a	120 c	65 b

Tableaux 3 a et b : Essai d'alimentation en azote, paramètres de la vigueur et composition de la vendange. ng eq : nanogramme équivalent

Boyer 1 : naturellement pauvre en azote ; **Boyer 2** : naturellement pauvre en azote + 60 unités début nouaison ; **Boyer 3** : naturellement riche en azote. **S.F.** : surface foliaire.

Pour la même ligne, les modalités suivies d'une lettre différente ont des valeurs statistiquement différentes, analyse de variance à un facteur ($\alpha= 0,01$), suivie d'un test de Newman Keuls ($\alpha= 0,05$)

La vigueur globale, considérant le poids de vendange, la surface foliaire totale et le poids des bois de taille, est la plus élevée pour Boyer 3. La vigueur globale de Boyer 2 est intermédiaire entre celle de Boyer 1 et de Boyer 3. L'apport d'azote sur Boyer 2 a été réalisé après la floraison. Par conséquent, il n'a pas fait varier le rendement ni la surface foliaire primaire. En revanche, la surface foliaire secondaire et le poids des bois de Boyer 2 sont significativement supérieurs à ceux de Boyer 1, mais restent inférieurs aux valeurs de Boyer 3 (tableau 3a).

L'apport d'azote lors de la nouaison sur Boyer 2 a augmenté de 21% le poids moyen d'une baie (tableaux 3a et 3b).

3.2 - Une carence en azote de la vigne diminue la teneur en précurseurs cystéinylés des baies

Pour Boyer 2, l'apport d'azote après la floraison a induit une augmentation significative de la teneur en précurseurs cystéinylés dans le moût relativement à Boyer 1 (tableaux 3a et 3b). Ces deux modalités ont des rendements semblables. Ce résultat met en évidence l'effet de l'alimentation en azote de la vigne sur la teneur en précurseur cystéinylés des baies.

3.3 - Une carence en azote de la vigne s'accompagne d'une diminution de la teneur en composés réducteurs (glutathion) et d'une augmentation de l'indice des polyphénols des moûts

L'indice des polyphénols totaux (IPT) déterminés sur le moût de Boyer 1 est significativement supérieur (30%) à celui des deux autres modalités. Les IPT des moûts de Boyer 2 et 3 ne sont pas significativement différents (tableau 3b). L'augmentation de l'alimentation azotée a donc le même effet négatif sur la teneur en composés phénoliques pour le Sauvignon blanc que pour les variétés rouges (DELAS *et al.*, 1991 ; CHONÉ *et al.*, 2001b).

L'influence de l'alimentation en azote sur la teneur du moût en composés réducteurs (glutathion) montre une tendance identique à celle observée pour les précurseurs cystéinylés. La teneur en glutathion de Boyer 2 est respectivement sept fois supérieures à celles de Boyer 1 (tableau 3a). Par conséquent, l'augmentation de l'alimentation en azote sans accroissement du rendement a un effet positif sur la teneur en composés réducteurs et sur les capacités du moût et du vin à neutraliser les quinones.

IV - CONCLUSION

Ces travaux récents expliquent clairement des influences du terroir sur le potentiel aromatique des raisins de Sauvignon blanc. La combinaison d'une contrainte hydrique modérée apparaissant après la véraison et d'une alimentation en azote sans carence mais sans excès apparaît représenter les conditions agronomiques les plus favorables à l'obtention de vins blancs de Sauvignon aromatiques.

Ces connaissances permettent de mieux choisir les sites et les modalités de plantation du sauvignon blanc. Elles incitent aussi à la prudence dans l'usage de l'enherbement qui peut conduire à des carences azotées de la vigne aux effets indésirables sur le potentiel aromatique des moûts et des vins.

Finalement, la connaissance du fonctionnement hydrique et du niveau d'alimentation en azote d'une parcelle sont des éléments supplémentaires pour définir la date de récolte.

BIBLIOGRAPHIE

CHONÉ X., TREGOAT O., VAN LEEUWEN C. et DUBOURDIEU D., 2000. Déficit hydrique modéré de la vigne : Parmi les 3 applications de la chambre à pression, le potentiel tige est l'indicateur le plus précis. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 34, 169-176.

CHONÉ X., DUBOURDIEU D. and GAUDILLERE J.P., 2001a. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany*, 87, 477-483.

CHONÉ X., VAN LEEUWEN C., CHERY P. and RIBEREAU-GAYON P., 2001 b. Terroir influence on water status and nitrogen status of non irrigated Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera*). Vegetative development, must and wine composition (example of a Médoc top estate vineyard, Saint Julien Area, Bordeaux). *S. Afr. J. Enol. Vitic*, 22, 8-15.

CHONÉ X., 2001. Contribution à l'étude des terroirs de Bordeaux : Etude des déficits hydriques modérés, de l'alimentation en azote et de leurs effets sur le potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. *Thèse de Doctorat Sciences biologiques et Médicales, option Œnologie-Ampélogie, Université de Bordeaux II*, 188 p.

- DARRIET P., TOMINAGA T., LAVIGNE V., BOIDRON J.N. and DUBOURDIEU D., 1995. Identification of a powerful aromatic component of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon Wines : 4-mercapto-4-methylpentan-2-one. *Flavour and frag. J.*, 10, 385-392.
- DUBOURDIEU D., MOINE-LEDOUX V., LAVIGNE-CRUEGE V., BLANCHARD L. et TOMINAGA T., 2001. Recent advances in white wine aging : the key role of the lees. *Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Annual Meeting, Seattle, Whashington*, 345-352.
- MASNEUF I., MURAT M.L., CHONÉ X., DUBOURDIEU D., 2000. Dosage systématique de l'azote assimilable : détecter les carences au chai. *Viti*, 249, 19-22.
- MURAT M. L., MASNEUF I, DARRIET P., LAVIGNE V. and DUBOURDIEU D., 2001. Winemaking importance of the *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains on the varietal aroma liberation of Sauvignon blanc. *Am. J. Vitic. Enol.*, 52, (2).
- PEYROT des GACHONS C., TOMINAGA T. and DUBOURDIEU D., 2000. Measuring the aromatic potential of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc by assaying S-cystéine conjugate compounds, precursors of volatile thiols responsible for the varietal aroma of wines. *J. Agric ; Food Chem.*, 48, 3387-3391.
- PEYROT Des GACHONS C., 2000. Recherches sur le potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. *Thèse de Doctorat Sciences biologiques et Médicales, option Œnologie-Ampélogie, Université de Bordeaux II*, 176 p.
- SEGUIN G., 1986. 'Terroirs' and pedology of wine growing. *Experientia*. 42, 861-873.
- TOMINAGA T., PEYROT DES GACHONS C. and DUBOURDIEU D., 1998a. A new type of flavor precursors in *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc : S-cystéine conjugates. *J. A. F. C.*, 46, 5215-5219.
- TOMINAGA T., MURAT M. L. and DUBOURDIEU D., 1998b. Development of a method for analysing the volatile thiols involved in the characteristic aroma of wines made from *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 1044-1048.
- TOMINAGA T., BALDENWECK-GUYOT R., PEYROT DES GACHONS C. and DUBOURDIEU D., 2000. Contribution of volatile thiols to the aromas of white wines made from several *Vitis vinifera* grapes varieties. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51, 178-181.
- VAN LEEUWEN C. et SEGUIN G., 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin. *J. Inter. Sci. Vigne Vin*, 28, 81-110.
- VAN LEEUWEN C., FRIANT P., SOYER J.P., MOLOT C., CHONÉ X., DUBOURDIEU D., 2000. L'intérêt du dosage de l'azote assimilable dans le moût comme indicateur de la nutrition azotée de la vigne. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 34, 2, 75-82.