

**LES PRINCIPAUX ACIDES AMINÉS DE LA SÈVE BRUTE
DE *Vitis vinifera* L. var. CABERNET FRANC
AU COURS DU CYCLE VÉGÉTATIF.
RECHERCHE D'UN ACIDE AMINÉ MARQUEUR.**

**THE MAIN AMINO ACIDS IN XYLEM SAP OF *Vitis vinifera* L.
var. CABERNET FRANC DURING THE VEGETATIVE CYCLE.
SEARCH FOR AN AMINO ACID MARKER.**

Corine LARCHEVÊQUE¹ et A. CASANOVA

Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles de Bordeaux,
Unité de Recherche Chimie Analytique, B.P. 201, 33175 Gradignan cedex (France)

Résumé : Des prélèvements de sève xylémienne de *Vitis vinifera* L. var. Cabernet franc ont été réalisés aux quatre stades phénologiques majeurs du cycle végétatif pour doser les principaux acides aminés. Les analyses, réalisées de 1993 à 1997, par C.L.H.P., confirment l'importance de l'asparagine et de la glutamine, et d'un groupe de 6 autres acides aminés (tyrosine, arginine, acide aspartique, acide glutamique, histidine et proline) qui représentent 70 à 80 p. cent de la teneur totale en acides aminés quelle que soit l'année.

Les concentrations des acides aminés majoritaires, pour un même stade phénologique, varient avec le millésime. Au débourrement comme à la floraison, la composition de la sève xylémienne présente qualitativement de grandes similitudes. L'acide aspartique a une évolution comparable à celle de la teneur totale en acides aminés entre deux stades phénologiques consécutifs. Il peut être, à ce titre, considéré comme un « marqueur » de l'évolution de la teneur globale en acides aminés au cours du cycle végétatif.

Abstract : Numerous studies have been carried out on the vine, must and wine, but few on sap. Main phenological stages i.e. bud burst, the flowering period, veraison and the ripening period have been well described. However, at the present time, no study is available identifying the main amino acids of the xylem sap, at the mentioned periods. Located within the « Graves de Pessac-Léognan » vineyard, the plot area studied has a clayey-chalky soil with a small amount of sand present. The cultivar Cabernet franc was grafted on the Fercal rootstock. Planted in June 1982, the vine was trained with Guyot pruning and no tillage. The density of the plantation was 5.550 vines per ha. Four rows of 21 vines were sampled.

Analysis of xylem sap, by H.P.L.C., at the four stages, taken from several vintages, showed that the global content of amino acids varied year to year (LARCHEVÊQUE, 1998). The experiment reported on herein was carried out in order to determine both the main amino acids in the xylem sap and to identify a marker amongst them, having the same evolution as that of the global amino acid content from one phenological stage to the next.

A pool of eight amino acids, all present in large quantities (about 80 p. cent of total amino acid content), was always noted : asparagine/glutamine, tyrosine, arginine, aspartic acid, glutamic acid, histidine and proline. Concentration levels of these components differed in sap, depending on the vintage, at the same phenological stage. At bud burst, as at the flowering period, the sap had a similar qualitative composition.

It was noteworthy that aspartic acid evidenced the same evolution that of the total amino acid content (i.e. the same variation in percentage) from one phenological stage to the next. Aspartic acid should therefore be regarded as a « marker » of total amino acid content evolution during the vegetative cycle.

Mots clés : sève xylémienne, acides aminés majoritaires, acide aminé « marqueur », stades phénologiques

Key words : xylem sap, main amino acids, amino acid marker, phenological stages, vintages

INTRODUCTION

Les analyses réalisées sur la sève de vigne portent le plus souvent sur les principaux éléments minéraux : potassium, magnésium, phosphate, phosphore,

calcium et fer (BRUZEAU et POUGET, 1967) et la composition minérale de la sève a été proposée comme test dans la détermination des critères de nutrition nécessaires à une croissance harmonieuse de la plante (BOLLARD, 1953 ; ROUTHENKO et SOYER, 1975). En revanche, la composition en acides aminés

de la sève a été beaucoup moins étudiée : STOEY (1966) signale la présence d'acide aspartique, d'acide glutamique, de valine, d'isoleucine, de lysine, d'alanine, de tyrosine et de phénylalanine, et remarque que la nature et le nombre des acides aminés ne sont pas constants dans les pleurs.

Aucune étude de la composition en acides aminés de la sève brute ou xylémienne au cours du cycle végétatif de la vigne et *a fortiori* sur plusieurs millésimes n'a été faite jusqu'à présent, sans doute en raison de la difficulté d'obtention de cette sève. Aussi, l'objectif de ce travail est-il de mettre en évidence les principaux acides aminés de la sève xylémienne, d'en suivre l'évolution aux quatre stades phénologiques majeurs et de voir s'il est possible de faire apparaître un acide aminé « marqueur » des variations de la teneur globale au cours du cycle végétatif.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I - DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Cette étude a été effectuée sur une vigne de *Vitis vinifera* L. var. Cabernet franc, greffée sur Fercal. La parcelle (domaine INRA de Couhins, près de Bordeaux) est située dans l'aire d'Appellation d'Origine Contrôlée « Graves de Pessac-Léognan ». Plantée en juin 1982, elle est conduite en Guyot simple et rognée. L'entretien du sol est réalisé par désherbage chimique. La densité de plantation est de 5 550 pieds/ha, soit 1,80 m entre les rangs et 1,10 m sur le rang. Le sol est argilo-calcaire, à tendance sableuse. L'essai comprend 4 rangs de 21 souches chacun.

II - PRÉLÈVEMENT DE LA SÈVE

Le premier prélèvement a été effectué au débourrement (50 p. cent au moins des bourgeons avaient atteint le stade B de BAGGIOLINI). Le long bois (aste) a été nettoyé à l'alcool éthylique et son extrémité, entourée par un carré de parafilm sur 3 cm environ, a été sectionnée. Un tuyau en téflon reliait l'aste à un pilulier de verre, identifié et recouvert d'une feuille de papier aluminium (pour protéger la sève de l'action de la lumière). Chaque souche a fait l'objet d'un prélèvement distinct. La sève récupérée a été congelée à -30°C puis analysée.

Aux 3 autres stades phénologiques étudiés : floraison (50 p. cent des capuchons floraux tombés), véraison (50 p. cent des baies vérees sur l'ensemble des grappes de la souche) et maturité, la sève a été extraite à partir du deuxième ou du troisième rameau herbacé des souches selon la technique suivante : le

rameau sectionné à sa base, placé dans une bombe de Scholander, est soumis à une pression de 10 à 15 bars maximum pendant 5 à 10 minutes. La sève, refluant à la surface de la section du rameau demeurée à la pression atmosphérique, est récupérée à l'aide d'une seringue. Cette opération, délicate à mettre en œuvre, est réalisée une souche sur trois pour effectuer les prélèvements le même jour, et donc, selon les mêmes conditions climatiques. La sève de chaque souche est analysée individuellement à chacun des stades considérés.

Cette étude a été conduite :

- de 1993 à 1997, pour le débourrement et la floraison,
- en 1995 et en 1996, pour les 4 stades phénologiques.

III - DOSAGE DES ACIDES AMINÉS

Les analyses ont porté sur 24 acides aminés : la phosphosérine, la phosphothréonine, l'acide cystéique, la taurine, l'arginine, l'asparagine, la glutamine, l'hydroxyproline, la sérine, l'acide aspartique, l'acide glutamique, la thréonine, la glycine, l'alanine, la proline, la méthionine, la valine, la phénylalanine, l'isoleucine, la leucine, l'hydroxylysine, l'histidine, la lysine et la tyrosine.

Ces acides aminés, primaires et secondaires, ont été dérivés au FMOC (9-fluorénylméthyl chloroformate). Ils ont été ensuite identifiés et quantifiés par chromatographie liquide haute performance (C.L.H.P.) couplée à un détecteur fluorimétrique, selon la méthode de CUNICO *et al.* (1985) adaptée à notre matériel végétal.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I - ACIDES AMINÉS MAJORITAIRES AUX DIFFÉRENTS STADES PHÉNOLOGIQUES

1) Au débourrement

Pour les années étudiées, les teneurs globales en acides aminés sont de l'ordre de 20 mg/l (tableau I), excepté pour l'année 1993 où elles sont supérieures.

Le profil qualitatif en acides aminés au débourrement est comparable d'une année à l'autre (tableau I). Certains sont toujours présents et peuvent être considérés comme majoritaires.

L'asparagine couplée à la glutamine dominant : elles représentent entre 22 et 29 p. cent de la teneur totale en acides aminés, et atteignent 60 p. cent environ en 1996. Ces résultats confirment ceux de GLAD (1992) et de

TABLEAU I
Les acides aminés de la sève au débourrement de 1993 à 1997 : teneur totale, pourcentage des acides aminés majoritaires et importance (%) de ce groupe dans la teneur totale

Table I - Total amino acid content in xylem sap at bud burst, from 1993 to 1997, percentage of main amino acids and weight of these components in total content

	Débourrement									
	1993		1994		1995		1996		1997	
Teneur totale (mg/l)	65,8		21,6		15,9		20,3		18,7	
Acides aminés majoritaires (en %)	OH-PRO	21,1	ASN/GLN	24,2	ASN/GLN	29,3	ASN/GLN	59,3	ASN/GLN	22,3
	TYR	20,2	TYR	20,1	ARG	21,5	PRO	5,5	ARG	18,0
	ASN/GLN	11,5	HIS	11,7	ASP	13,7	OH-LYS	4,8	ASP	11,8
	ARG	9,5	ARG	6,2	GLU	5,7	ARG	4,6	GLU	9,9
	ASP	8,4	GLU	6,0	HIS	5,7	ASP	4,6	HIS	6,3
	SER	5,2	ASP	5,6	TYR	4,4	HIS	4,2	PRO	5,8
	GLU	4,2	PRO	5,2				SER	4,3	
Importance du groupe (en %)	80,1		79,0		80,3		83,0		78,4	

PSER : phosphosérine ; ARG : arginine ; ASN/GLN : asparagine/glutamine ; OH-PRO : hydroxyproline ; SER : sérine ; ASP : acide aspartique ; GLU : acide glutamique ; ALA : alanine ; PRO : proline ; OH-LYS : hydroxylysine ; HIS : histidine ; TYR : tyrosine.

GLAD *et al.* (1992a et 1992b). L'année 1993 se distingue par une proportion plus faible de ces acides aminés (11,5 p. cent) et par une proportion importante d'hydroxyproline (21 p. cent) alors que cet élément est absent les autres années.

Cependant, on ne peut pas restreindre l'approche de la composition de la sève à ces deux acides aminés (LARCHEVÊQUE, 1998). Parmi ceux qui sont majoritairement présents, la tyrosine représente plus de 20 p. cent de la teneur totale en 1993 et en 1994, et 3 à 4 p. cent les trois autres années. L'arginine est également un des acides aminés prédominants : 18 à 21 p. cent du total en 1995 et en 1997, et 9,5 p. cent en 1993. Un autre groupe, constitué par la sérine, l'acide aspartique, l'acide glutamique et la proline, est représenté à hauteur de 4 à 9 p. cent pour chacun d'eux, selon l'année. Ainsi, la sève des années 1993, 1995 et 1997 est mieux pourvue en acide aspartique (8,4 à 13,6 p. cent), la proline se maintient autour de 5 p. cent. L'histidine, qui se situe dans des proportions allant de 4 à 6 p. cent entre 1995 et 1997, représente 11,6 p. cent de la teneur globale en 1994 et seulement 0,7 p. cent en 1993. Ces 7 à 8 composés majoritaires représentent 78 à 82 p. cent de la teneur totale en acides aminés de la sève (tableau I).

2) A la floraison

Comme pour le stade précédent, la composition de la sève brute présente de grandes similitudes pour les différentes années étudiées. Si les teneurs respectives des principaux acides aminés varient en fonction du millésime, la nature même de ces constituants montre

une certaine constance dans le temps pour un même stade phénologique étudié (LARCHEVÊQUE, 1998).

L'asparagine et la glutamine, avec 22 et 54 p. cent de la teneur globale, occupent le premier rang. Parmi les autres acides aminés majoritairement présents, on trouve encore l'acide aspartique et l'acide glutamique. Le premier peut représenter de 6 à 16 p. cent de la teneur globale. L'acide glutamique suit à peu près la même évolution : les années où les proportions de l'acide aspartique sont plus élevées, on constate également que celles de l'acide glutamique sont plus importantes (tableau II). De même, lorsqu'une année présente un pourcentage nettement plus faible d'acide aspartique (à l'exemple de 1993), celui de l'acide glutamique décroît de manière plus accentuée. L'histidine représente 6,6 à 13,4 p. cent de la teneur globale les quatre premières années, et un peu moins de 5 p. cent en 1997. La proline représente de 5 à 7 p. cent de l'ensemble des acides aminés avec un maximum en 1995 (14,4 p. cent). Le poids de ce groupe d'acides aminés dominants représente, selon l'année, 76 à 83 p. cent de la teneur globale (tableau II).

3) A la véraison

Sur les deux années étudiées, on remarque une relative constance de la nature des acides aminés présents (tableau III). L'asparagine couplée à la glutamine sont les composés majoritaires, surtout en 1996 où ces deux acides aminés représentent environ 50 p. cent de la teneur globale. Suivent l'acide aspartique (12 p. cent) et l'acide glutamique (14 p. cent), excepté en 1996

TABLEAU II

Les acides aminés de la sève à la floraison de 1993 à 1997 : teneur totale, pourcentage des acides aminés majoritaires et importance (%) de ce groupe dans la teneur totale

Table II - Total amino acid content in xylem sap at flowering, from 1993 to 1997, percentage of main amino acids and weight of these components in total content

	Floraison									
	1993		1994		1995		1996		1997	
Teneur totale (mg/l)	97,3		176,6		188,2		83,1		99,3	
Acides aminés majoritaires (en %)	ASN/GLN	39,2	ASN/GLN	53,8	ASN/GLN	22,4	ASN/GLN	36,2	ASN/GLN	50,4
	HIS	13,5	HIS	6,7	PRO	14,4	ASP	16,3	ASP	12,0
	TYR	11,5	ALA	6,6	ASP	11,7	GLU	12,8	GLU	9,2
	ASP	6,5	ASP	6,1	GLU	11,4	HIS	7,3	PRO	7,1
	PRO	5,6	GLU	4,8	OH-LYS	9,1	PRO	5,3	HIS	4,5
				HIS	8,9					
Importance du groupe (en %)	76,3		78,0		77,9		77,9		83,2	

TABLEAU III

Les acides aminés de la sève à la véraison et à la maturité en 1995 et 1996 : teneur totale, pourcentage des acides aminés majoritaires et importance (%) de ce groupe dans la teneur totale

Table III - Total amino acid content in xylem sap at veraison and ripening, from 1995 to 1996, percentage of main amino acids and weight of these components in total content

	Véraison				Maturité			
	1995		1996		1995		1996	
Teneur totale (mg/l)	16,9		54,3		19,8		13,7	
Acides aminés majoritaires (en %)	ASN/GLN	29,4	ASN/GLN	48,6	ASN/GLN	21,8	TYR	17,3
	GLU	14,6	ASP	12,2	ASP	17,6	ASP	14,4
	ASP	13,1	PRO	6,1	GLU	17,5	GLU	13,5
	HIS	8,3	GLU	5,8	PRO	8,6	HIS	11,1
	PSER	4,6	TYR	5,4	HIS	4,9	SER	7,8
	SER	4,2	OH-LYS	4,6			ASN/GLN	7,5
			HIS	4,0			ARG	5,4
Importance du groupe (en %)	74,2		86,7		70,4		77,0	

(environ 6 p. cent). L'histidine représente 4 à 8 p. cent et la proline 3 à 6 p. cent du total des acides aminés.

4) A la maturité

L'ensemble asparagine/glutamine représente 22 p. cent de la teneur globale en 1995 (tableau III). Il est suivi de près par les deux autres acides aminés majeurs du cycle végétatif, l'acide aspartique et l'acide glutamique (17,5 p. cent chacun du total des acides aminés). Leurs proportions diminuent d'environ 3 p. cent en 1996 et ils sont les acides aminés majoritaires derrière la tyrosine (17,3 p. cent). L'asparagine et la glutamine représentent 7,5 p. cent de l'ensemble des acides aminés en 1996, la sérine (7,8 p. cent), la

proline 8,6 p. cent du total en 1995 et 4,3 p. cent l'année suivante.

II - MISE EN ÉVIDENCE D'UN ACIDE AMINÉ « MARQUEUR » REFLÉTANT L'ÉVOLUTION DE LA TENEUR GLOBALE EN ACIDES AMINÉS AU COURS DU CYCLE VÉGÉTATIF

Les figures 1, 2 et 3 regroupent les acides aminés dominants qui évoluent dans le même sens que la teneur globale en acides aminés entre deux stades phénologiques consécutifs. Parmi eux, certains présentent une variation (en pourcentage) comparable à celle de la teneur globale.

1) Entre le débourrement et la floraison

Tous les acides aminés majoritaires augmentent.

En 1993, quatre acides aminés présentent des écarts (en pourcentage) comparables à celui de la teneur globale : l'acide aspartique, la sérine, l'acide glutamique et la tyrosine (figure 1). Des variations de concentration beaucoup plus importantes sont enregistrées pour l'asparagine/glutamine, la proline et surtout pour l'histidine.

En 1994, sept acides aminés présentent un écart de concentration voisin de celui de la teneur globale (figure 1), mais seul l'acide aspartique s'en rapproche le plus. L'acide glutamique et l'histidine voient diminuer leurs concentrations nettement moins, tandis que celle en asparagine/glutamine augmente de façon notable.

La comparaison des écarts de concentration pour l'acide aspartique, l'asparagine/glutamine et la teneur globale en 1995 montre une grande similitude (figure 1), l'acide glutamique, l'histidine, la proline et l'hydroxylysine présentent des variations plus importantes. La tyrosine a un écart relatif plus faible que l'ensemble des acides aminés.

En 1996, les acides aminés présentant des écarts du même ordre de grandeur que celui de la teneur globale sont : la proline et l'hydroxylysine (figure 1). L'asparagine/glutamine sont les seuls acides aminés à présenter des variations plus faibles. La sérine, l'histidine et la tyrosine ont augmenté de manière plus importante entre ces deux stades, mais les écarts les plus importants ont été observés pour l'acide aspartique et l'acide glutamique.

Pour l'année suivante, l'acide aspartique et l'acide glutamique évoluent comme la teneur globale (figure 1). Les autres acides aminés ont des écarts plus faibles, à l'exception de l'hydroxylysine et de l'asparagine/glutamine.

2) Entre la floraison et la véraison

On observe en 1995 une même diminution relative des acides aminés : la majorité d'entre eux présentent un écart de - 90 p. cent à - 95 p. cent entre ces deux stades phénologiques (figure 2). Les plus grandes similitudes sont obtenues pour l'acide aspartique, l'arginine et l'histidine.

En 1996, les variations des acides aminés montrent une plus grande amplitude (figure 2), et pour la plu-

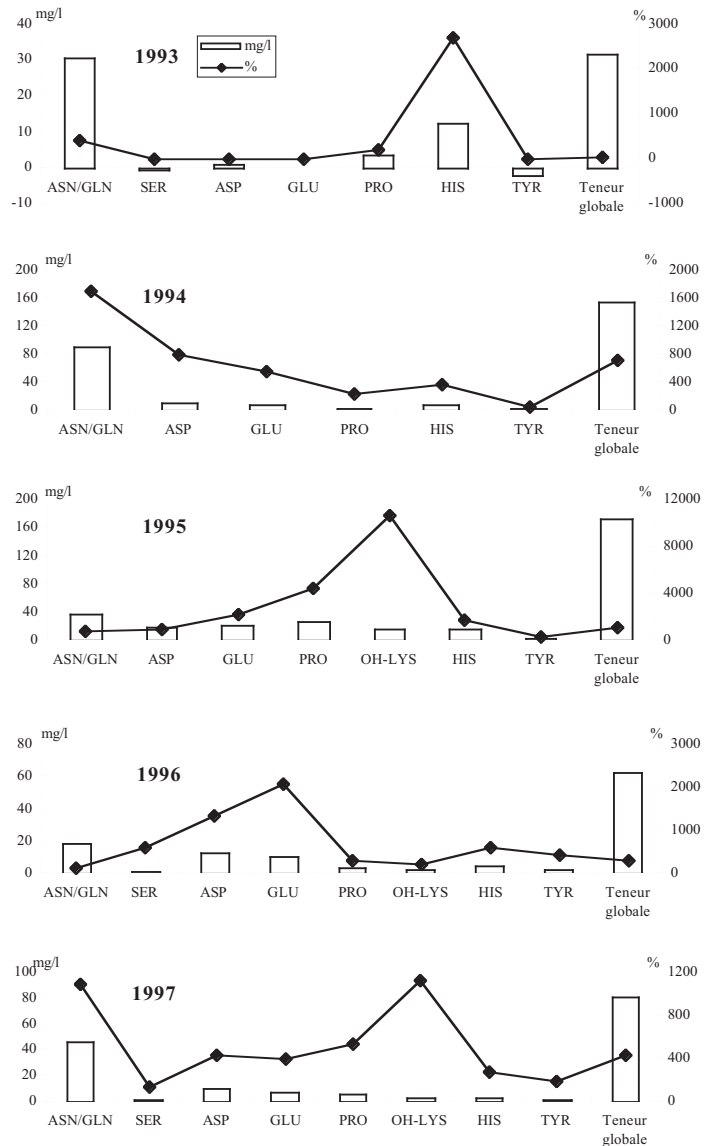


Fig. 1 - Comparaison des écarts de concentration (mg/l et pourcentage) des principaux acides aminés et de la teneur globale en acides aminés entre le débourrement et la floraison des années 1993 à 1997

Fig. 1 - Comparisons of differences in main amino acid content levels and total content of amino acids at « bud burst / Flowering » from 1993 to 1997

part, une diminution relative plus importante que celle de la teneur globale.

2) Entre la véraison et la maturité

En 1995, comme précédemment, l'ensemble des acides aminés varie dans la même proportion que la teneur globale à l'exception de la proline (figure 3). Parmi ces acides aminés, on note la présence d'acide aspartique, d'arginine et d'acide glutamique.

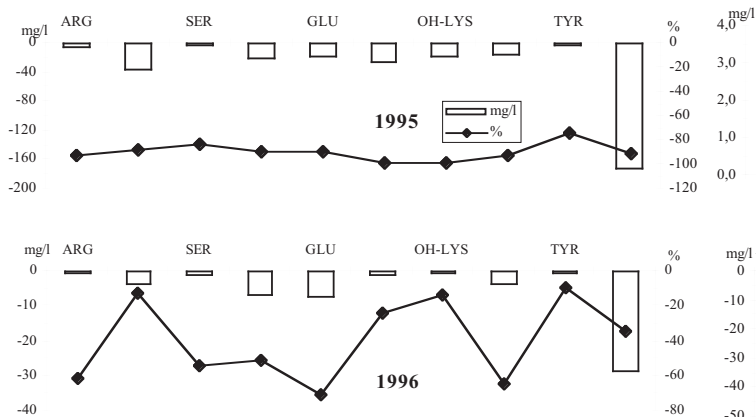


Fig. 2 - Comparaison des écarts de concentration (mg/l et pourcentage) des principaux acides aminés et de la teneur globale en acides aminés entre la floraison et la véraison des années 1995 et 1996

Fig. 2 - Comparisons of differences in main amino acid content levels and total content of amino acids at « flowering / véraison » from 1995 to 1996

En 1996, l'acide aspartique a un écart relatif très proche de celui de la teneur globale (figure 3). La dispersion des écarts est plus grande pour les autres acides aminés.

CONCLUSION

Les analyses d'acides aminés de la sève brute, réalisées de 1993 à 1997, confirment l'importance quantitative de deux d'entre eux : l'asparagine et la glutamine. Ces deux derniers composés constituent les principales formes de transport et de stockage chez la plupart des végétaux ligneux (STOEVI, 1966 ; ANDERSEN et BRODBECK, 1989).

Néanmoins, on ne peut pas réduire la composition de la sève brute à ces deux acides aminés. La présence constante, en quantité significative, d'un groupe de six autres acides aminés a été mise en évidence : l'acide aspartique, la tyrosine, l'arginine, l'acide glutamique, l'histidine et la proline. Ces acides aminés que l'on retrouve dans la sève, quelle que soit l'année, et qui représentent près de 80 p. cent de la teneur totale, montrent que certains doivent avoir une importance particulière. MIELE (1986) cite également les acides aminés dérivant soit de l'acide α -céto glutarique, soit de l'acide oxaloacétique parmi les plus importants dans les feuilles de Cabernet Sauvignon prélevées entre le premier tiers de la véraison et la maturité. Par ailleurs, il constate que certains acides aminés sont à l'état de traces (du moins à certaines périodes) et que d'autres constituent

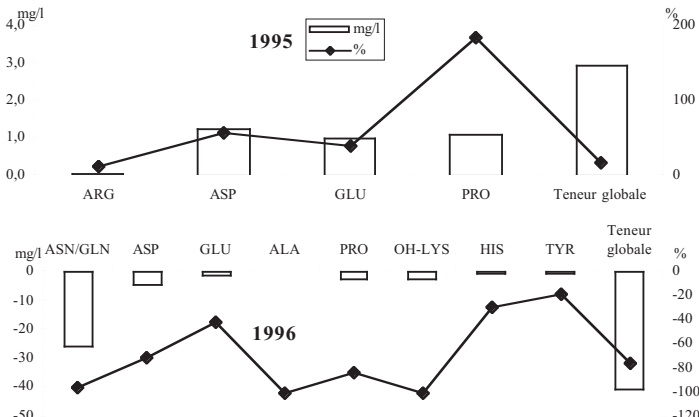


Fig. 3 - Comparaison des écarts de concentration (mg/l et pourcentage) des principaux acides aminés et de la teneur globale en acides aminés entre la véraison et la maturité des années 1995 et 1996

Fig. 3 - Comparisons of differences in main amino acid content levels and total content of amino acids at « véraison / ripening » from 1995 to 1996

environ 10 p. cent du total, voire beaucoup plus à l'instar de l'acide glutamique.

Dans la sève brute, les concentrations des acides aminés majoritaires varient en fonction du millésime pour un même stade phénologique. Mais, au débourrement comme à la floraison, la composition de la sève brute présente qualitativement de grandes similitudes pour les différentes années étudiées. Seules les teneurs varient en fonction du millésime, mais la nature des acides aminés montre une certaine constance dans le temps (LARCHEVÊQUE, 1998).

Parmi les acides aminés dominants, l'acide aspartique est le seul qui présente une évolution comparable à celle de la teneur totale en acides aminés (même sens de variation, écart de concentration en pourcentage semblable) au cours du cycle végétatif. Il répond le mieux au critère précédemment défini entre le débourrement et la floraison pour les cinq années étudiées. Ce même constituant figure encore parmi les acides aminés ayant les mêmes caractéristiques entre la floraison et la véraison d'une part, entre la véraison et la maturité d'autre part. Il peut donc être considéré comme un « marqueur » témoignant de l'évolution de la teneur globale en acides aminés au cours du cycle végétatif.

Remerciements : Nous tenons à adresser tous nos remerciements à M. A. CARBONNEAU (INRA-ENSA de Montpellier) et à M. J.P. DOAZAN (INRA de Bordeaux) qui nous ont permis, en mettant à notre disposition la parcelle expérimentale, de mener à bien ces recherches.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSEN P.C. et BRODBECK B.V., 1989. Temperature and temperature preconditioning on flux and chemical composition of xylem exudate from Muscadine grapevines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **114**, 440-444.
- BOLLARD E.G., 1953. The use of tracheal sap in the study of apple-tree nutrition. *J. Exp. Bot.*, **4**, 363-368.
- BRUZEAU F. et POUGET R., 1967. In : *Traité d'ampélogie, Sciences et Techniques de la Vigne*. Dunod ed., Tome 1, 263-265.
- CUNICO R.L., DUNSON P., MAYER A. et WEHR C.T., 1985. Automated amino acid analysis using pre-column derivatization with FMOC. *5th Int. Symp. on HPLC of proteins, peptides and polynucleotides*. Nov. 4-6, Toronto, Canada.
- GLAD Ch., 1992. Origine, gestion et transport des assimilats chez la vigne. *Thèse*, Université de Paris VI, 68 p.
- GLAD Ch., REGNARD J.L., QUEROU Y., BRUN O. et MOROT-GAUDRY J.F., 1992a. Flux and chemical composition of xylem exudates from Chardonnay grapevines : temporal evolution and effect of recut. *Am. J. Enol. Vitic.*, **43**, 275-282.
- GLAD Ch., REGNARD J.L., QUEROU Y., BRUN O. et MOROT-GAUDRY J.F., 1992b. Phloem sap exudates as a criterion for sink strength appreciation in *Vitis vinifera* cv. Pinot noir grapevines. *Vitis*, **31**, 131-138.
- LARCHEVÊQUE C., 1998. Nature et teneur des principaux acides aminés de la sève brute de *Vitis vinifera* L. var. Cabernet franc aux stades phénologiques majeurs du cycle végétatif. Influence du millésime et du sol. *Thèse*, Université d'Aix-Marseille I, 126 p.
- MIELE A., 1986. Recherches sur la composition en acides aminés et en acides gras des feuilles et des raisins de *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon pendant la période de maturation et en fonction du système de conduite. *Thèse*, Université de Bordeaux II, 153 p.
- ROUTCHENKO W. et SOYER J.P., 1975. Dix années de recherche sur le diagnostic de la nutrition des plantes basé sur l'analyse des sucres extraits des tissus conducteurs. In : *Le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées*, 3^e Colloque Européen et Méditerranéen, Akadémiai Kiado, Budapest, 173-81.
- STOEV K.D., 1966. Enrichissement en sucres et accroissement du volume des baies : mécanismes, facteurs, rôle du feuillage sur le rendement et la qualité des raisins ; productivité du feuillage. *Rapport général, Acad. Sc. Agric.*, Bulgarie.

Reçu le 25 novembre 1998 ;
accepté pour publication le 15 janvier 1999.
