

## ÉVOLUTION DES ACIDES AMINÉS DE VINS ROUGES EN FONCTION DE LA DURÉE DE MACÉRATION

A. BERTRAND, B. MEDINA et J.P. CHEVALLIER

Institut d'Œnologie, Université de Bordeaux II  
351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex (France)

La recherche de constituants du vin présentant des variations significatives de leur teneur en fonction du temps de macération a été effectuée sur trois cépages rouges du Bordelais : Cabernet-Sauvignon, Merlot, Malbec. L'objet de la présente étude concerne les acides aminés.

### ECHANTILLONS. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Pour chaque cépage on élabore cinq vins. A partir d'une cuve de 6 hl, après homogénéisation, on procède à des prélèvements échelonnés, en bonbonnes de 20 litres, des différents échantillons :

N° 1 à partir du jus de goutte : GOU, densité lors du prélèvement : 1069-1075

N° 2 après 24 h. de macération : 24 H, densité lors du prélèvement : 1069-1075

N° 3 après 48 h. de macération : 48 H, densité lors du prélèvement : 1029-1038

N° 4 après 96 h. de macération : 96 H, densité lors du prélèvement : 996-997

N° 5 après 11 jours de macération : FIN, densité lors du prélèvement : 993-995

La fermentation se déroule à une température de 25 à 27 °C. Au moment de l'analyse, tous les échantillons avaient effectué leur fermentation malo-lactique.

Les acides aminés du vin déprotéiné sont isolés sur résine Dowex 50 X16 100-200 mesh (H<sup>+</sup>) et transformés en dérivés volatilisables (LA-VOUE, 1976 ; LHUGUENOT et *al.*, 1979).

Les analyses chromatographiques sont effectuées en double exemplaire (par ex. GOU<sub>1</sub> et GOU<sub>2</sub>) à l'aide d'une colonne capillaire en verre de silicone (C.P. sil5, firme Chrompack) de 25 m.

Le traitement statistique des données est réalisé avec un ordinateur CII Iris 80 utilisé en temps partagé.

**TABLEAU I**

**Etude de la répétabilité du dosage des acides aminés**

	$\bar{X}$	$\sigma$	Z p.100
Alanine	84,64	6,97	18,94
Glycine	49,08	3,08	14,45
Valine	19,97	1,18	13,61
Thréonine	13,85	1,68	27,93
Serine	33,28	3,14	21,74
Leucine	44,74	2,08	10,74
Isoleucine	8,92	0,42	10,92
Proline	1148	50	10,06
Hydroxyproline	13,03	1,08	19,15
Méthionine	12,90	1,21	21,72
Acide aspartique	49,18	3,49	16,40
Phénylalanine	16,68	1,20	16,65
Ornithine	18,27	1,00	15,23
Acide glutamique	36,65	2,69	16,96
Lysine	9,75	0,96	22,63
Tyrosine	8,03	1,01	20,50
Arginine	41,35	2,27	12,68

$\bar{X}$  : moyenne de 10 analyses d'un même échantillon ; les teneurs sont exprimées en mg par litre.

$\delta$  : écart type

Z : coefficient de variation exprimé en p. 100 au seuil de confiance de 95 p. 100

$$Z = \frac{\delta \times t_{0,05}}{\bar{X}} \times 100$$

*Remarque* : La technique mise en œuvre ne nous a pas permis de doser certains des acides aminés connus du vin : cystine, citrulline, acide  $\gamma$ -amino butyrique, glutamique, asparagine ; de plus le coefficient de répétabilité au seuil de 95 p. 100 est souvent médiocre, entre 10 et 28 p. 100 (tableau I), ce qui limite l'observation de variations significatives à quelques composés seulement.

## RESULTATS

Les résultats concernant chaque cépage sont présentés dans les tableaux II à IV.

### TABLEAU II

**Teneurs en acides aminés en fonction du temps de macération.**  
**Cépage : Cabernet Sauvignon**

	Jus de goutte	Durée de macération			
		24 heures	48 heures	96 heures	11 jours
Alanine	24,52	31,47	23,79	21,43	49,85
Glycine	16,30	14,85	14,09	6,57	10,19
Valine	6,31	8,77	6,21	2,38	7,79
Thréonine	5,96	5,37	5,32	2,32	7,77
Serine	12,47	16,73	10,18	4,41	13,67
Leucine	15,86	17,56	9,30	3,30	12,75
Isoleucine	3,43	4,11	3,04	1,29	4,34
Proline	787,40	851,71	928,49	531,46	790,14
Hydroxyproline	0,70	2,84	7,39	3,94	9,09
Méthionine	10,15	4,48	10,19	36,12	5,99
Acide aspartique	30,13	30,31	15,07	7,04	16,67
Phénylalanine	15,44	12,55	7,77	2,33	11,28
Ornithine	trace	0,86	1,16	0,95	27,13
Acide glutamique	30,92	30,39	18,70	19,01	43,01
Lysine	29,45	36,40	22,74	14,45	38,55
Tyrosine	9,24	8,39	5,59	0,87	2,89
Arginine	28,22	27,94	5,94	10,82	17,38

Les valeurs représentent la moyenne de deux déterminations ; elles sont exprimées en mg par litre.

#### I. — ANALYSES DE VARIANCE.

Pour chaque acide aminé on détermine, dans le cas de chaque cépage, la moyenne, le vin qui présente la teneur maximum et on effectue l'analyse de variance pour un facteur contrôlé (ici la durée de macération) représentée par le F calculé (test de SNEDECOR), (tableau V).

Ainsi les acides aminés présentant les variations les plus significatives pour le Cabernet-Sauvignon sont : ornithine, méthionine, arginine et alanine ; pour le Merlot : arginine, alanine, isoleucine et proline ; pour le Malbec : valine, phénylalanine, tyrosine et alanine.

#### Remarques :

Le test de SNEDECOR indique seulement qu'il n'est pas possible de prouver la non influence. du facteur contrôlé (ici le temps de macération) sur les variables considérées, au seuil d'incertitude de 0,5 p. 100, 1 p. 100,

2,5 p. 100..... ; il n'est applicable que lorsque les résultats expérimentaux sont tirés d'une *distribution normale* (lorsque le nombre de ces résultats est inférieur à 50, il existe des tests pour prouver cette normalité : test de SHAPIRO-WILK, LILLIEFORS, etc...).

**TABLEAU III**

**Teneurs en acides aminés en fonction du temps de macération.**

**Cépage : Merlot**

	Jus de goutte	Durée de macération			
		24 heures	48 heures	96 heures	11 jours
	17,44	18,89	17,85	15,22	41,20
Glycine	14,98	10,89	13,25	21,45	23,77
Valine	3,40	3,12	4,10	3,62	4,32
Thréonine	3,82	3,47	4,02	2,99	5,36
Serine	9,92	10,75	10,53	8,40	14,73
Leucine	6,59	7,17	8,84	5,24	8,30
Isoleucine	1,99	2,37	2,08	trace	2,38
Proline	967,51	1077,00	1253,45	1264,00	1295,19
Hydroxyproline	13,99	20,72	11,28	9,43	8,41
Méthionine	116,07	46,39	6,39	8,20	10,59
Acide aspartique	8,31	13,99	15,10	16,47	12,83
Phénylalanine	5,38	4,93	5,62	4,83	5,56
Ornithine	trace	0	0	0	trace
Acide glutamique	25,04	20,68	20,53	34,40	32,78
Lysine	10,23	12,24	10,96	8,22	10,49
Tyrosine	5,24	5,13	5,48	trace	0,93
Arginine	77,79	33,64	9,99	9,70	trace

Les valeurs représentent la moyenne de deux déterminations ; elles sont exprimées en mg par litre.

En outre, les résultats des différents groupes doivent présenter une variance similaire, le test de HARTLEY permet de définir la limite d'acceptation de l'inégalité des variances.

Le test de SNEDECOR ne permet pas de dire à quel niveau se situe la variation significative, si par exemple, entre les vins 1, 2, 3, 4, 5, on a observé une variation ; il pourrait être intéressant de savoir entre quels vins se situe exactement cette variation. Le test dit « Hortogonales » permet de comparer le vin qui présente la teneur maximum avec les autres puis le second avec les autres à l'exclusion du premier et ainsi de suite... ce test a été appliqué par TORRES ALLEGRE (1982) notamment pour rechercher l'indice de l'oxygénation du moût sur la teneur en acide aminé des vins.

Enfin, l'analyse de variance ne permet de proposer que des interprétations limitées de certains phénomènes car chaque variable est étudiée séparément ; « ce ne sont pas les caractères mesurés indépendamment les uns des autres qui sont propres à tel individu ou tel groupe, mais les liaisons, les rapports entre ces caractères (LEFEBVRE, 1980). Les analyses statistiques multidimensionnelles ont été créées à cet effet, elles permettent de donner d'une réalité trop complexe pour être directement accessible à nos sens des images plus facilement interprétables et aussi peu déformées que possible ».

**TABLEAU IV**

**Teneurs en acides aminés en fonction du temps de macération.**  
**Cépage : Malbec**

	Jus de goutte	Durée de macération			
		24 heures	48 heures	96 heures	11 jours
Alanine	11,32	5,52	3,57	30,43	6,10
Glycine	7,38	7,99	2,97	12,88	4,67
Valine	trace	trace	trace	3,69	trace
Thréonine	trace	5,11	trace	3,99	9,94
Serine	5,85	4,04	1,93	9,87	3,25
Leucine	3,08	4,51	3,11	4,83	2,3
Isoleucine	2,06	1,71	0,33	1,79	1,62
Proline	421,65	357,55	424,31	428,03	467,97
Hydroxyproline	trace	1,01	1,44	1,99	1,45
Méthionine	15,24	3,85	5,25	1,25	1,27
Acide aspartique	4,07	5,76	trace	20,29	2,76
Phénylalanine	trace	trace	trace	6,56	trace
Ornithine	trace	trace	trace	1,89	trace
Acide glutamique	11,11	11,62	trace	44,50	8,16
Lysine	2,62	trace	trace	18,83	trace
Tyrosine	3,78	trace	trace	9,41	trace
Arginine	trace	trace	trace	trace	0

Les valeurs représentent la moyenne de deux déterminations ; elles sont exprimées en mg par litre.

## II. — ANALYSES MULTIDIMENSIONNELLES.

Il existe plusieurs types d'analyses multidimensionnelles. Celle qui est la plus connue, car la plus ancienne, est l'analyse discriminante, cette dernière a pour but de sélectionner pas à pas les variables qui permettent le mieux de séparer, selon un modèle mathématique donné, les individus, sachant qu'ils appartiennent à des groupes définis a priori.

**TABLEAU V**  
**Analyse de variance**

	CABERNET SAUVIGNON			MERLOT			MALBEC					
	$\bar{x}$ mg/l	$\bar{x}$ max. vin n°	F	S	$\bar{x}$ mg/l	$\bar{x}$ max. vin n°	F	S	$\bar{x}$ mg/l	$\bar{x}$ max. vin n°	F	S
Alanine	30,2	5	17,10	****	22,1	5	119	****	11,4	4	24,10	****
Glycine	12,4	1	12,90	***	16,9	5	3,20		7,2	4	3,45	
Valine	6,3	2	3,21		3,7	5	0,56		0,7	4	4513	****
Thréonine	5,4	5	1,95		3,9	5	1,85		3,8	5	5,18	
Serine	11,5	2	9,67	**	10,9	5	13,53	***	5,0	4	6,06	*
Leucine	11,8	2	13,30	***	7,2	3	3,28		3,6	4	0,37	
Isoleucine	3,2	5	1,51		1,8	5	33,05	****	1,5	1	3,45	
Proline	778	3	10,32	**	1171	5	16,70	****	420	5	0,71	
Hydroxyproline	4,8	5	6,68	*	12,8	2	2,71		1,2	4	0,50	
Méthionine	13,4	4	40,84	****	37,6	1	8,28	**	5,4	1	11,55	***
A. aspartique	19,8	2	15,80	****	13,3	4	0,64		6,6	4	11,55	***
Phénylalanine	9,9	1	5,72	*	5,3	3	0,22		1,3	4	106,9	****
Ornithine	6,0	5	146,5	****	traces	-	-		0,4	4	1,0	
A. glutamique	28,4	5	7,15	*	26,4	4	2,71		15,1	4	11,9	***
Lysine	28,3	5	2,07		10,4	2	0,50		4,3	4	2,42	
Tyrosine	5,4	1	3,46		3,4	3	18,17	****	2,6	4	31,22	****
Arginine	18,1	2	25,31	****	26,2	1	405	****	traces	-		

$\bar{X}$  = teneur moyenne de tous les vins, exprimée en mg par litre.

$\bar{X}$  max. vin N° = vin présentant la teneur maximum.

F = test de Snedecor ; S = niveau de signification de la variance.

Dans notre expérimentation, du fait du nombre limité d'échantillons par cépages, il ne peut s'agir d'une différenciation en groupes. Mais plutôt de voir quelle est la variation des acides aminés au cours de telle ou telle étape. Ceci peut être réalisé par une « classification hiérarchique ascendante » complétée par une « analyse factorielle des correspondances » entre les vins et les acides aminés. Ces programmes sont tirés des travaux de BENZECRI (1980).

a) **Classification hiérarchique ascendante :**

Cette méthode vise à établir des groupes entre les individus ou entre les variables en utilisant comme critère d'agrégation la variance et pour métrique la distance du  $\chi^2$ .

**TABLEAU VI**  
**Différenciation des vins à l'aide**  
**de la classification hiérarchique ascendante**

Cabernet Sauvignon		Merlot		Malbec	
1	96H <sub>1</sub> 96H <sub>2</sub>	1	FIN <sub>1</sub> FIN <sub>2</sub>	1	24H <sub>1</sub> 24H <sub>2</sub> FIN <sub>1</sub>
2	FIN <sub>1</sub> FIN <sub>2</sub>	2	24H <sub>1</sub>	2	GOU <sub>1</sub> GOU <sub>2</sub>
3	24H <sub>2</sub> GOU <sub>1</sub> GOU <sub>2</sub>	3	24H <sub>2</sub> 96H <sub>1</sub> 96H <sub>2</sub> 48H <sub>1</sub> 48H <sub>2</sub>	3	96H <sub>1</sub> 96H <sub>2</sub>
4	48H <sub>1</sub> 24H <sub>1</sub> 48H <sub>2</sub>	4	GOU <sub>1</sub> GOU <sub>2</sub>	4	FIN <sub>2</sub> 48H <sub>1</sub> 48H <sub>2</sub>

Le résultat est donné sous forme de graphique (dendrogramme) (figure 1). Les échantillons sont représentés en double (2 analyses), ce qui traduit la justesse de l'analyse chimique en considérant toutes les variations.

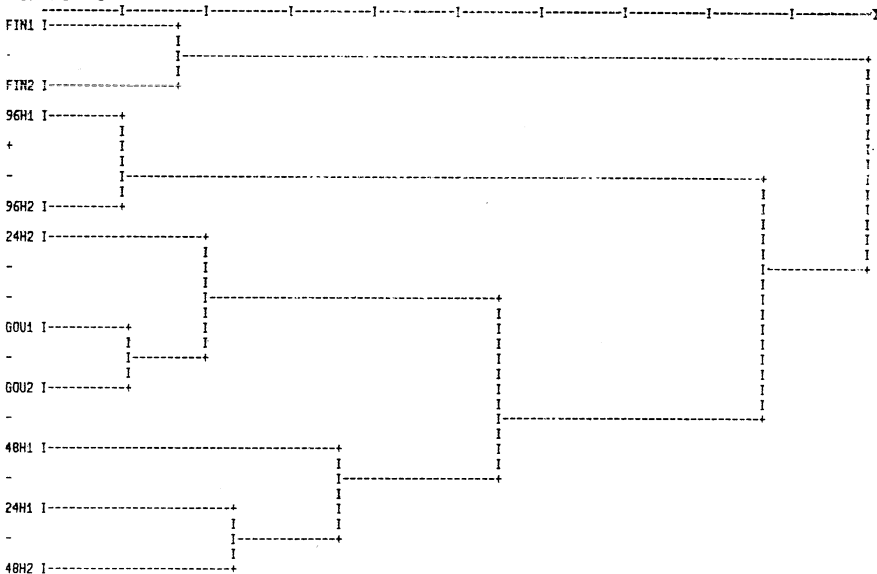
Plus les traits verticaux sont proches de la gauche, meilleure est la corrélation entre les individus. Ainsi nous pouvons dire que la mesure 96H<sub>1</sub>, 96H<sub>2</sub> est aussi bonne que celle de GOU<sub>1</sub>, GOU<sub>2</sub> et meilleure que celle de FIN<sub>1</sub> et FIN<sub>2</sub>.

NOEUD	INDICE	AINE	BENJAMIN	POIDS
11	004	7	8	2
12	005	1	2	2
13	007	9	10	2
14	009	4	12	3
15	010	3	6	2
16	016	5	15	3
17	024	14	16	6
18	039	11	17	8
19	044	13	18	10

NOMBRE DE TERMINAUX DEMANDES = 3  
 NIVEAU = 547  
 ECART AVEC LA PARTITION SUIVANTE = 190  
 ECART AVEC LA PARTITION PRECEDENTE = 327

```

*****
* 1 * *
* * 96H1 *
* * 96H2 *
*****
* 2 * *
* * FIN1 *
* * FIN2 *
*****
* 3 * *
* * 24H2 *
* * GOU1 *
* * GOU2 *
* * 48H1 *
* 4 * 24H1 *
* * 48H2 *
*****
1 GOU1 3
2 GOU2 3
3 24H1 3
4 24H2 3
5 48H1 3
6 48H2 3
7 96H1 1
8 96H2 1
9 FIN1 2
10 FIN2 2
  
```



\*STOP\*  
TOTAL CPU TIME=0009 SECONDS

Fig. 1. — Classification hiérarchique ascendante. Cépage : Cabernet Sauvignon



Pour 48H<sub>1</sub>, 48H<sub>2</sub>, 24H<sub>1</sub>, 24H<sub>2</sub>, les résultats ne sont pas très bons, de plus les mesures entre 24H<sub>2</sub> et 24H<sub>1</sub> sont très différentes, ce qui se traduit par la position très éloignée de 24H<sub>2</sub> par rapport à 24H<sub>1</sub> sur le dendrogramme.

Dans cette étude nous sommes très limités car nous avons uniquement cinq individus avec lesquels il est plus facile de distinguer des groupes qu'avec un nombre d'individus plus importants.

Les résultats (tableau VI) permettent bien de différencier les vins de fin de macération de ceux qui ont subi une macération courte ou pas de macération du tout dans le cas du Cabernet-Sauvignon et du Merlot ; ils sont moins évidents dans le cas du Malbec, sans doute à cause d'une moins bonne répétabilité des analyses.

#### b) Analyse des correspondances :

Le but est de représenter sur un même graphique (c'est-à-dire dans un système d'axe cartésien) les variables et les individus tout en retenant le maximum d'information possible. Chaque axe est défini par une valeur propre [valeurs propres = A définies telles que : si A est une matrice et I la matrice identité elles satisfont au système  $(A - \lambda I) = 0$ ] dont le poids (taux d'inertie) représente le pourcentage d'explication du phénomène. Il existe plusieurs axes ayant des poids décroissants des premiers aux derniers. L'explication des structures des données est généralement satisfaisante quand on limite l'étude aux trois premiers axes. Le plus souvent, il suffit d'une représentation sur les axes 1 et 2. Chaque variable est représentée par un point dont les coordonnées sont des fonctions linéaires des composants (chaque point est donc parfaitement défini par rapport aux données de départ). On dira qu'un individu est d'autant plus influencé par une variable qu'il en est proche, et éloigné sur les axes.

Prenons comme exemple celui du Cabernet-Sauvignon (figure 2).

Au début de la macération (GOU<sub>1</sub>, GOU<sub>2</sub>, 24H<sub>1</sub>, 24H<sub>2</sub>) nous avons un bon regroupement de l'arginine, la glycine, la leucine, la phényl-alanine et l'acide aspartique. Ensuite, nous pouvons distinguer deux autres groupes de variables : l'hydroxyproline, l'alanine, l'acide glutamique qui sont surtout caractéristiques de l'achèvement de la fermentation alcoolique (FIN<sub>1</sub> et FIN<sub>2</sub>), puis la méthionine qui est influencée par le quatrième jour de la macération (96H<sub>1</sub> et 96H<sub>2</sub>).

La position de FIN<sub>1</sub>, FIN<sub>2</sub> à droite de l'axe 2 semble être due à l'ornithine qui est une variable très importante dans ce cas. La proline quant à elle se trouve à l'intersection des deux axes et n'est absolument pas affectée par la durée de macération. Nous pouvons faire une opposition entre la tyrosine qui se retrouve en début de la macération et l'hydroxyproline qui est caractérisée par la fin fermentation alcoolique. Avec les

axes 1 et 2, nous expliquons 76 p. 100 du phénomène (42 et 34 p. 100 respectivement).

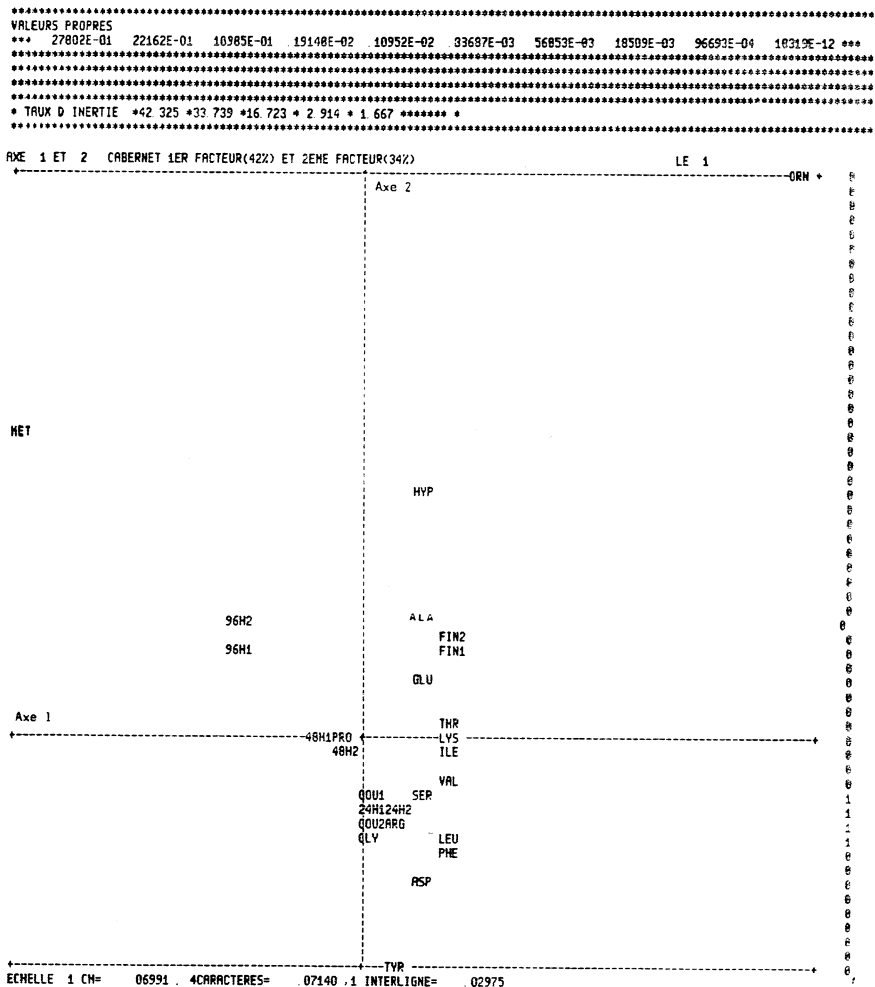


Fig. 2. — Analyse des correspondances. Cépage : Cabernet Sauvignon

La représentation selon les axes 1 et 3 et 2 et 3 (figure 3) permet de préciser cette interprétation. Le 3<sup>e</sup> axe apportant 17 p. 100 de l'explication du phénomène, ceci est peu, mais cependant utile, en particulier l'incidence d'une courte macération sur la tyrosine est mieux mise en évidence.

Nous voyons également l'influence d'une macération longue sur l'ornithine et la stabilité de la proline.

Pour les trois cépages étudiés, nous pouvons présenter les résultats résumés dans le tableau VII.

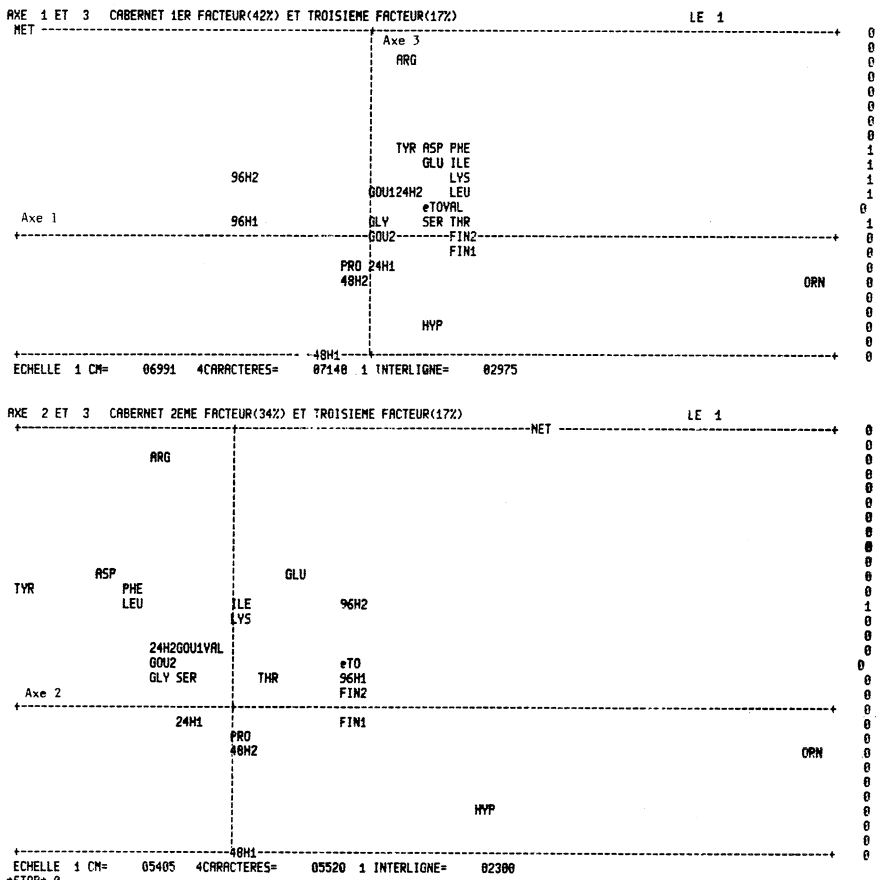


Fig. 3. — Analyse des correspondances. Cépage : Cabernet Sauvignon

### TABLEAU VII

Acides aminés dont la teneur semble représentative d'un temps de macération donné selon l'analyse factorielle des correspondances

	DUREE DE MACERATION				
	0	24 heures	48 heures	96 heures	11 jours
Cabernet Sauvignon		Arginine Glycine Sérine		Méthionine	Ornithine Hydroxyproline Alanine
Merlot	Arginine Méthionine	Hydroxyproline			Alanine Glycine
Malbec	Méthionine			Valine Phénylalanine Ornithine Lysine Tyrosine	Thréonine

Il est intéressant de voir que la proline n'est pas affectée par la durée de la macération. Cet acide aminé, le plus abondant, est très utilisé pour la différenciation des vins et des cépages (DE GOROSTIZA et *al.*, 1982 ; SYMONDS et CANTAGREL, 1982 ; OOGHE et *al.*, 1981) ce qui est parfaitement justifié d'après notre étude.

### CONCLUSION

Les analyses statistiques appliquées à la différenciation des vins montrent qu'il est possible de caractériser une durée de macération par certains acides aminés. Ces résultats n'impliquent d'ailleurs pas forcément que les teneurs en acides aminés des vins soient directement liées à la durée de macération ; en effet, la composition des vins est la résultante de la concentration initiale du jus, du taux d'extraction des parties solides, du métabolisme des levures et des bactéries. De plus les résultats diffèrent d'un cépage à un autre et d'autres éléments devront être pris en compte pour permettre une meilleure classification des vins en fonction de leur mode d'élaboration.

### REMERCIEMENTS

M. CUSSATLEGRAS du C.E.R.I.T., Ministère de l'Agriculture, nous a aimablement conseillés et aidés pour l'implantation et le fonctionnement des programmes informatiques.

Manuscrit reçu le 3 mai 1982 ; accepté pour publication le 21 juin 1982.

### RÉSUMÉ

On étudie l'évolution de la concentration des acides aminés de vins rouges (3 cépages) en fonction de la durée de macération. Les analyses sont effectuées par chromatographie en phase gazeuse. Les résultats sont traités par méthodes statistiques : analyse de variance, classification hiérarchique ascendante, analyse factorielle des correspondances.

### SUMMARY

The influence of the time of skin contact of the must on the concentration of amino acids of red wines (Three cultivars) is studied. The analysis are carried out by gas chromatography. Results are treated by statistical methods : variance analysis, cluster analysis (hierarchical ascendant classification), correspondance factor analysis.

### ZUSAMMENFASSUNG

Der Amino-Säuregehalt von Rotweinen dreier vorschiedener Rebsorten wurde auf deren Abhängigkeit zur Maischedauer analysiert. Die Analysen wurden mit Hilfe der Gaschromatographie durchgeführt. Die Daten wurden statistisch bewerter : Varianzanalyse, Einteilung hierarchisch aufsteigend, Faktorenanalyse der Beziehung.

### RESUMEN

Se estudia la evolución de la concentración de los amino-acidos de los vinos tintos (3 variedades de cepas) en función del tiempo de maceración. Las analisis

se cumplieron con chromatografia de gases. Los resultados fueron tratados con metodos estadísticos : analysis de varianza, clasificacion jerarquica ascendente, analisis factorial de correspondencia.

## RIASSUNTO

Studiamo l'evoluzione della concentrazione degli aminoacidi dei vini rossi (3 vitigni) in funzione della durata di macerazione. Le analisi sono effettuate con cromatografia in fase gassosa. I risultati sono trattati con metodi statistici : analisi di variante, classificazione gerarchica ascendente, analisi fattoriale delle corrispondenze.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENZECRI *et al.*, 1980. Leçons sur l'analyse factorielle et la reconnaissance des formes et travaux du laboratoire de statistique de l'Université de Paris VI, Tome I : *La Taxinomie* ; Tome II *L'analyse des données*.
- GOROSTIZA (de) E.F., CABEZUDO M.D., MARTIN ALVARIZ P. et SUAREZ M.A., 1982. Modèles linéaires pour différencier des vins : première partie : vins de table, rouges et blancs. Feuilles verts O.I.V., N° 744,1048.
- LAVOUE G., 1976. *La chromatographie en phase gazeuse et ses applications*. Labo France éd., Paris.
- LEFEBVRE J., 1980. *Introduction aux analyses statistiques multidimensionnelles*, Masson éd., Paris.
- LHUGUENOT J.C., UDE L., DYMARSKI E. et BARON C., 1979. Analyse des acides aminés libres dans les vins et dans les moûts de raisins au cours de fermentation alcoolique par chromatographie gazeuse. *Ann. Fals. Exp. Chim.*, **72**, N° 775, 275-286.
- OOGHE W., KASTELION H. et WAELE E., 1981. Détermination de l'origine d'un vin rouge à l'aide du spectre des acides aminés. *Ann. Fals. Exp. Chim.*, **74**, N° 798, 381-408.
- SYMONDS P. et CANTAGREL R., 1982. Application de l'analyse discriminante à la différenciation des vins. *Ann. Fals. Exp. Chim.*, **75**, N° 805, 63-74.
- TORRES-ALLEGRE V., 1982. Formation des acides gras et autres produits secondaires au cours de la vinification. Interprétation statistique des résultats. *Thèse 3<sup>e</sup> cycle*, Bordeaux.

