INFLUENCE DE LA FUMURE AZOTÉE SUR UNE VIGNE DE *VITIS VINIFERA* L. var. MERLOT AVEC ENHERBEMENT PERMANENT (COMPOSITION AZOTÉE, NATURE ET TENEUR DES ACIDES AMINÉS DES MOÛTS ET DES VINS).

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZATION ON *VITIS VINIFERA* cv. MERLOT WITH PERMANENT GRASS COVER. (NITROGEN CONTENT, NATURE AND CONCENTRATION LEVELS OF SOME AMINO ACIDS OF MUSTS AND WINES).

Corine LARCHEVÊQUE*[1], A. CASANOVA*, V. DUPUCH** et R. RENARD**

*Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles de Bordeaux,
Unité de Recherche Chimie Analytique, B.P. 201, 33175 Gradignan Cedex (France).
Email : c-larcheveque@enitab.fr
**Chambre d'Agriculture de la Gironde, Service Vigne,
39, rue Michel Montaigne, 33290 Blanquefort (France).

Résumé : Depuis 1995, un essai de fumure azotée sur une parcelle enherbée a été mis en place pour déterminer les divers effets sur la fermentescibilité des moûts. Le cépage est le Merlot greffé sur le porte-greffe Riparia Gloire de Montpellier. L'effet de la fertilisation azotée, dans ce type de sol enherbé, est tributaire des conditions climatiques de printemps, et notamment du régime de précipitations. La durée de la fermentation alcoolique est liée à la teneur en composés azotés du moût, et plus particulièrement à celle en acides aminés. Ces derniers, par leur nature et leur concentration, permettent une différenciation significative des deux millésimes étudiés. En outre, pour une année donnée, l'écart entre le témoin et les autres modalités est bien marqué : cela est en accord avec les résultats de la dégustation.

Abstract : Since 1995, it has been running an experiment on the introduction of nitrogen fertilization on permanent grass cover. This has been done in order to determine both the role and the influence of nitrogen on the fermentability of the must. Located south of Saint-Emilion, the plot area studied has a regular, sandy, clayey soil 60 centimeters deep. The cultivar Merlot is grafted on the Riparia Gloire from Montpellier rootstock. Five N- fertilizations were compared : T (0 kg N/ha/year), A (30 kg N/ha/year), B (60 kg N/ha/year), C (90 kg N/ha/year), and D (45 kg N/ha at springtime and 45 kg N/ha at flowering period). For the different N-fertilizations, the number of clusters per vine was the same for the two experimental years. The mean cluster weight allowed for evaluating the nitrogen effect on the yield. Nitrogen fertilization on the permanent grass cover in the vineyard depends upon climatic conditions in the spring and, more specifically, upon the rainfall pattern. Varietal vigor can be increased or decreased with the level of nitrogen. However, in all cases studied, late contribution of nitrogen was found to be harmful. In fact, most nitrogen added at springtime was used by the grass cover and the competitiveness of the latter was increased. Only test « C » proved to be adequate to satisfy both vineyard and grass cover needs (this is shown in the study of the pruning wood weight variation compared to the standard « T »). The duration of alcoholic fermentation is quite closely correlated to the content of nitrogen composites in the must and more particularly in amino acids. The global amino acid contents of musts and wines were higher in 1996 than in 1995, but in this last case more numerous kinds of amino acids were present. However, for both years studied, proline represented at least 50 percent of the global amino acids content. A statistical analysis on the five N-fertilizations showed a clear differentiation between the two vintages studied ; that is to say, each vintage was identified by specific amino acid profiles. This « vintage » effect was proved by tasting results.

Mots-clés : fumure azotée, enherbement permanent, cinétiques de fermentation, acides aminés, millésime

Key words : nitrogen fertilization, permanent grass cover, fermentation kinetics, amino acids, vintage

1 : correspondance

J. Int. Sci. Vigne Vin, 1998, **32**, n°1, 27-43
©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

INTRODUCTION

Les trente dernières années ont vu évoluer sensiblement les modes d'entretien des sols viticoles. Pour des raisons économiques, le travail du sol a cédé sa place à de nouvelles techniques telles que le désherbage chimique ou l'enherbement.

Cette dernière technique est aujourd'hui largement employée à diverses fins : amélioration de la portance du sol, lutte contre l'érosion dans les vignes de coteaux, maîtrise de la vigueur de la vigne. Porteuse d'améliorations réelles, elle a cependant révélé ses limites dans certaines situations : si elle induit une diminution de vigueur trop importante, la composition des moûts s'en trouve modifiée et la cinétique des fermentations alcooliques dans certains cas ralentie (fermentations « languissantes »).

Des travaux de recherche ont mis en évidence le rôle et l'influence de l'enherbement sur la structure et la composition du sol : enrichissement des horizons de surface en matière organique (MORLAT *et al.*, 1984 ; MORLAT, 1987), amélioration de la porosité du sol et de la capacité de rétention en eau limitant les phénomènes d'érosion et de battance (MORLAT, 1981 ; MORLAT *et al.*, 1993), augmentation du rapport C/N et du pH.

De nombreux auteurs ont remarqué une modification de l'enracinement : le poids total des racines est peu affecté (ANCEL, 1986), mais le système racinaire se développant en profondeur, la vigne explore alors de nouveaux horizons et n'est plus concurrencée par l'enherbement (MORLAT *et al.*, 1984 ; DELAS *et al.*, 1992 ; DELAS, 1993).

En outre, LELIÈVRE (1981) constate que le volume de terre exploré par les racines se limite essentiellement au niveau du cavaillon, compte tenu de la concurrence exercée par l'enherbement de l'interligne. En sols superficiels et sous climat sec, la concurrence liée à l'enherbement est hydrique. Les racines de la vigne, ne pouvant coloniser des horizons plus profonds, entrent directement en concurrence avec le couvert végétal (MORLAT, 1987). On observe alors un stress hydrique préjudiciable à la pérennité du vignoble. En revanche, dans le cas où la profondeur du sol et la pluviométrie ne sont pas des facteurs limitants (cas des vignobles septentrionaux et bordelais), la concurrence est liée avant tout à l'azote et peu à l'eau : cela explique la réponse de la vigne à l'enherbement.

Ces divers paramètres font que la concurrence azotée est la plus importante lors de la mise en place et du développement d'un enherbement, les racines de la vigne exploitant les mêmes zones que ce dernier. L'expression végétative se trouve d'autant plus modifiée que l'enherbement est plus agressif (MORLAT, 1987) : poids des bois de taille largement affecté, surface foliaire totale diminuée. En revanche, la surface foliaire primaire est peu affectée, alors que la secondaire (entrecœurs) est fortement réduite par l'enherbement. Le couvert végétal y est donc moins entassé. Le microclimat ainsi établi au niveau des grappes crée un milieu hostile au développement de *Botrytis* et favorable à une bonne maturation du raisin (MORLAT *et al.*, 1993).

L'enherbement a une nette influence sur la composition chimique des moûts. Les teneurs en sucres, en anthocyanes et en polyphénols totaux sont souvent supérieures, tandis que l'acidité totale diminue (MORLAT *et al.*, 1993). Les teneurs en composés azotés (azote ammoniacal et azote aminé) peuvent être largement affectées. De nombreux auteurs ont constaté des diminutions notables de ces éléments conduisant à des cinétiques fermentaires anormalement lentes (CARSOULLE, 1995 ; MAIGRE, 1992 ; MAIGRE *et al.*, 1992 et 1995 ; SOYER *et al.*, 1995).

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'opportunité d'un apport d'azote minéral sur une parcelle enherbée afin d'atténuer les effets dépressifs de l'enherbement sur la vigne et de stimuler la cinétique fermentaire.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I - DESCRIPTION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

La parcelle étudiée est située dans la plaine sablo-graveleuse de la Dordogne, au sud du village de Saint-Emilion. Le sol possède une structure sablo-argileuse régulière sur une profondeur de 60 cm. Il est caractérisé par un fort taux de minéralisation, des teneurs faibles en matière organique et une capacité d'échange cationique faible.

La parcelle a été plantée en 1987. Le cépage est le Merlot greffé sur le Riparia Gloire de Montpellier. La densité de plantation est de 5 550 pieds par hectare. L'enherbement permanent à base de Ray-Grass anglais a été mis en place en 1991 pour remplacer les labours traditionnels et juguler l'excès de vigueur de la vigne. Présent dans tous les interlignes, il couvre environ 60 p. cent de la surface totale. Son entretien est assuré par des tontes régulières. Le cavaillon est désherbé chimiquement.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Pour les besoins de l'essai, la parcelle est découpée en quatre blocs (B1 à B4). Un bloc est formé de cinq rangs représentant les cinq modalités (constituées chacune par douze souches) recevant par hectare les apports d'azote suivants : T : 0 unité (témoin), A : 30 unités, B : 60 unités, C : 90 unités et D : 45 unités au printemps et 45 unités à la floraison.

L'azote est apporté au sol sous forme d'engrais ammoniaco-nitrique à 33 p. cent, au débourrement (Stade C de Baggiolini). L'épandage est manuel et couvre toute la largeur du rang (interligne et cavaillon).

II - DÉTERMINATION DE L'ÉVOLUTION DE L'AZOTE DANS LE SOL

On pratique, à l'aide d'une tarière, deux prélèvements par répétition. L'un est réalisé dans le sol (profondeur 0-30 cm), l'autre dans le sous-sol (profondeur 30-60 cm). Pour chacune des modalités, chaque répétition (ou bloc) a fait l'objet d'un prélèvement à quatre reprises en 1995 et à deux reprises en 1996 :

- au débourrement, avant tout apport de fumure azotée (point zéro) en 1995,

- au stade G en 1995,

- à la floraison en 1995 et 1996,

- à la véraison en 1995 et 1996.

Ces prélèvements permettent de déterminer les teneurs initiales en éléments minéraux N, P, K, Mg et de suivre l'évolution de l'azote minéral par dosage des reliquats azotés. Ce suivi, pendant le cycle végétatif de la vigne, témoigne du devenir de la fumure azotée épandue sur la parcelle. L'azote est dosé par la méthode de Kjeldahl, les éléments minéraux par spectrophotométrie de flamme.

Ces analyses sont complétées par l'analyse du limbe et des feuilles (limbe et pétiole) pour l'année 1996. Deux séries de prélèvements sont effectuées : l'une à la floraison, l'autre à la véraison. Pour chaque modalité, cent feuilles sont prélevées au niveau des grappes et analysées.

III - CARACTÉRISATION DE LA VIGUEUR ET DE LA FERTILITÉ

Deux paramètres sont considérés :

- le rendement en raisin (nombre moyen de grappes par souche et poids moyen d'une grappe) est établi sur 24 des 48 souches de chaque modalité ;

- le poids des bois de taille est mesuré sur les quatre lots de 12 souches pour chaque modalité.

IV - SUIVI DE LA MATURATION

On prélève, par modalité, et au hasard, deux baies par souche et par face de rang (soit 192 baies). On détermine le poids de cent baies. La totalité des baies est ensuite centrifugée. Le jus, broyat de pellicules, de pulpes et de pépins est alors clarifié et analysé (analyses courantes). L'étude de l'évolution des teneurs en anthocyanes des baies permet de déterminer la date optimale de la récolte.

V - DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE DE VINIFICATION

Les traitements appliqués aux différentes modalités lors des vinifications sont strictement identiques.

La vendange est éraflée et foulée, puis placée dans des cuves en acier inoxydable d'une capacité de 100 l. Lors de l'encuvage, on mesure la densité et l'acidité totale. Un sulfitage à 4 g/hl et un levurage systématique (souches F 10 à 20 g/hl) sont réalisés.

Les lots sont chaptalisés : le Titre Alcoométrique Volumique Probable (TAVP) de chaque modalité est ajusté à 12,5 p. cent vol.

Un échantillon (250 ml) de chacun des moûts est prélevé afin d'être analysé.

Après écoulage et assemblage avec le jus de presse, la fermentation malolactique des différents lots a lieu dans des cuves en acier inoxydable (50 l), à une température de 20 °C.

Après cette fermentation, les vins sont soutirés et sulfités à 6 g/hl.

Quatre soutirages sont réalisés (décembre, février, avril, juin) jusqu'à la mise en bouteille (après filtration sur plaques).

Les vins sont alors analysés et dégustés.

VI - ANALYSES DES MOÛTS ET DES VINS (APRÈS FERMENTATION MALOLACTIQUE)

Deux types d'analyses ont été réalisés :

- les analyses courantes : titre alcoométrique, acidité totale, pH, Indice Polyphénols Totaux (IPT), anthocyanes, intensité colorante, teinte ;

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU I
Quantités de reliquats azotés dans le sol (en kg N / ha)*
(*) : valeur moyenne de 4 prélèvements de sol par modalité

Table I - Quantities of nitrogen remainders in the soil (kg N / ha)*
(*) : mean value of 4 soil samplings per N-fertilization test

	Modalités d'apport d'azote				
	A - 30 U	B - 60 U	C - 90 U	D - 2x45 U	T - 0 U
Période			**1995**		
Débourrement	10,0	7,2	5,2	5,4	8,7
Stade G	18,2	17,4	26,7	16,4	17,4
Floraison	20,2	19,6	43,3	24,2	15,5
Véraison	24,2	49,8	29,1	56,6	19,3
			1996		
Floraison	29,3	44,3	55,2	29,1	28,0
Véraison	16,4	14,7	32,2	30,1	12,0

- les analyses de trois cations (calcium, potassium, magnésium) par spectrophotométrie de flamme, de l'azote ammoniacal par la méthode de Kjeldahl et de différents acides aminés dosés par C.L.H.P. après dérivation au FMOC (9-Fluorénylméthyl chloroformate).

Cette étude a été complétée par une dégustation réalisée à l'aveugle par un collège de 14 personnes constitué d'œnologues, de techniciens et de viticulteurs. Pour chaque vin, le dégustateur doit décrire les caractères organoleptiques et donner une note de 0 à 20. Les données sont analysées statistiquement et interprétées à l'aide des tests de Kramer, Friedman et Newman-Keuls.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I - INFLUENCE DE L'APPORT D'AZOTE SUR L'ÉVOLUTION DE L'AZOTE DANS LE SOL

Les prélèvements de sol (réalisés avant et après les apports de fumure azotée) permettent de suivre l'évolution des reliquats azotés au cours du cycle végétatif de la vigne (du débourrement à la véraison) (tableau I).

Pour 1995, entre le débourrement et le stade G, la teneur en azote minéral pour la modalité C augmente tandis que pour les autres modalités cette tendance est faiblement marquée.

L'enrichissement en azote minéral de l'ensemble des modalités provient essentiellement de la minéralisation de la matière organique du sol. Ce processus a été favorisé par les conditions climatiques favorables des mois d'avril et de mai (températures moyennes respectives : 12°C et 15°C). Il est probable que l'azote minéral fourni par la fumure azotée est préférentiellement consommé par le ray-grass. Seul un apport important (modalité C) semble générer un reliquat dans le sol.

La période « stade G - floraison » montre, pour les modalités A, B, D, et T, une faible évolution des teneurs, l'azote produit par minéralisation assurant à la fois l'alimentation de la vigne (en phase de croissance) et de l'herbe.

Pour la modalité C, l'enrichissement du sol en azote stimule le processus de minéralisation de la matière organique et augmente ainsi la teneur en azote du sol.

De la floraison à la véraison, particulièrement au mois de juillet, la vigne et l'herbe subissent un ralentissement de croissance dû à des conditions climatiques défavorables (températures élevées, déficit hydrique). Les besoins en azote de la végétation en place se faisant moins conséquents, l'azote mis à disposition par apport (modalité D) ou, dans une moindre mesure, par minéralisation, s'accumule dans le sol. La nitrification est ralentie et une réserve d'azote ammoniacal se constitue.

La chute brutale de la teneur en azote minéral de la modalité C pourrait être la conséquence d'une meilleure capacité d'absorption résultant de la formation d'un chevelu racinaire dense et bien réparti.

En 1996, la période d'observation porte de la floraison à la véraison. La teneur en reliquats azotés du sol diminue nettement pour les modalités A, B, C et T. D'importantes précipitations entraînant un lessivage en sont la cause, tandis qu'elles n'ont pas eu d'incidence sur la modalité D en raison de l'apport tardif.

II — INFLUENCE DE L'APPORT D'AZOTE SUR LES TENEURS EN AZOTE, PHOSPHORE, POTASSIUM ET MAGNÉSIUM DES FEUILLES

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU II
Résultats des analyses foliaires
Table II - Leaf analysis results

1996 (% de M.S)			Modalités					Niveau
Période			A - 30 U	B - 60 U	C - 90 U	D - 2x45 U	T - 0 U	souhaitable
Floraison	Feuille	Azote	2,36	2,32	2,44	2,57	2,40	1,9 à 2,3
		Phosphore	0,30	0,21	0,19	0,22	0,37	0,16 à 0,20
		Potassium	1,59	1,25	1,49	1,52	1,57	1 à 1,30
		Magnésium	0,13	0,13	0,14	0,14	0,12	0,20 à 0,5
		K/Mg	12,23	9,62	10,64	10,86	13,08	3 à 7
	Limbe	Azote	2,31	2,62	2,67	2,32	2,47	1,9 à 2,3
		Phosphore	0,27	0,26	0,24	0,21	0,30	0,16 à 0,20
		Potassium	1,35	1,26	1,26	1,25	1,21	1 à 1,30
		Magnésium	0,12	0,13	0,11	0,13	0,14	0,20 à 0,5
		K/Mg	11,25	9,69	11,45	9,62	8,64	3 à 7
Véraison	Feuille	Azote	2,22	2,27	2,23	2,42	2,16	1,9 à 2,3
		Phosphore	0,24	0,19	0,19	0,18	0,25	0,16 à 0,20
		Potassium	1,57	1,55	1,38	0,94	1,77	1 à 1,30
		Magnésium	0,11	0,11	0,09	0,06	0,14	0,20 à 0,5
		K/Mg	14,27	14,09	15,33	15,67	12,64	3 à 7
	Limbe	Azote	2,41	2,50	2,53	2,70	2,56	1,9 à 2,3
		Phosphore	0,19	0,17	0,18	0,17	0,23	0,16 à 0,20
		Potassium	1,54	1,48	1,64	1,44	1,43	1 à 1,30
		Magnésium	0,12	0,09	0,12	0,12	0,12	0,20 à 0,5
		K/Mg	12,83	16,44	13,67	12,00	11,92	3 à 7

Les teneurs en azote des feuilles et des limbes, à la floraison et à la véraison, sont supérieures au niveau souhaitable (tableau II). Notons que d'autres auteurs ont constaté que le taux d'azote des feuilles tend à diminuer avec l'enherbement (MAIGRE *et al.*, 1991), ou lorsque la fumure azotée est diminuée voire supprimée (BELL *et al.*, 1979 ; CONRADIE et SAAYMAN ; 1989 ; SPAYD *et al.*, 1993 ; MAIGRE *et al.*, 1995).

Les teneurs en phosphore et en potassium sont supérieures à la normale pour l'ensemble des modalités. L'influence positive de l'enherbement sur l'absorption du phosphore a déjà été signalée (CARSOULLE, 1995). L'excès de potassium induit une carence en magnésium (dont la teneur est deux fois inférieure au niveau souhaitable). Le rapport K/Mg est supérieur à ce qui est couramment rencontré en viticulture pour des vignes non carencées.

III - INFLUENCE DE L'APPORT D'AZOTE SUR LA FERTILITÉ ET LA VIGUEUR

Le nombre moyen de grappes par souche, pour les diverses modalités, ne présente pas de différences importantes. Notons que pour 1995, il n'est pas possible de mesurer l'incidence des apports de fumure azotée sur ce paramètre, puisque l'initiation des inflorescences a eu lieu l'année précédente (l'essai n'étant pas encore mis en place).

Le poids moyen d'une grappe nous permet de déterminer l'incidence de l'apport azoté sur le rendement. Les modalités sont semblables : il n'y a pas eu d'effet stimulateur ou dépressif de l'azote sur le rendement. La diminution de poids, observée sur toutes les modalités en 1996, est liée au phénomène de la coulure (tableau III).

Le poids de 100 baies (tableau IV) ne montre pas de différences importantes entre les modalités étudiées, pour aucune des deux années.

Ces résultats sont différents de la tendance observée par SPAYD *et al.* (1993), qui concluaient à une relation entre l'augmentation de la fumure azotée et l'augmentation des rendements.

La variation du poids des bois de taille par rapport au témoin (figure 1) classe les modalités, pour 1995, en deux groupes caractérisés par une vigueur : plus faible pour A, B, et D, et, plus forte pour C.

Il semble, dans le cas de A et B, que la baisse du poids des bois de taille soit inversement proportionnelle à la dose de fumure appliquée.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU III
Nombre de grappes par pied et poids moyen d'une grappe
Table III - Number of clusters/vine and mean cluster weight

Année	Modalité	Nombre de pieds	Nombre de grappes par pied	Poids d'une grappe (en g)
1995	A - 30 U	24	19,6	171
	B - 60 U	24	19,6	165
	C - 90 U	24	20,7	181
	D - 2x45 U	24	22,3	169
	T - 0 U	24	22,8	181
1996	A - 30 U	24	19,9	99
	B - 60 U	24	18,1	91
	C - 90 U	24	20,1	96
	D - 2x45 U	24	17,6	93
	T - 0 U	24	18,3	107

TABLEAU IV
Caractéristiques des moûts de 1995 et de 1996
Table IV - Must analysis (1995 and 1996)

	1995					1996				
	A	B	C	D	T	A	B	C	D	T
Acidité totale (g/l H_2SO_4)	2,9	3,0	3,0	2,9	2,9	3,5	3,6	3,8	3,8	3,8
pH	3,82	3,82	3,79	3,85	3,78	3,66	3,69	3,66	3,69	3,68
Sucres réducteurs (g/l)	216	214	214	216	215	205	207	202	208	207
Titre alcoométrique probable (% vol.)	12,3	12,2	12,2	12,3	12,2	11,7	11,8	11,5	11,8	11,8
Acide tartrique (g/l)	2,0	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,5	2,6	2,3	2,4
Indice de Polyphénols Totaux	12	11	11	12	11	13	13	11	12	13
Anthocyanes (mg/l)	185	182	192	190	180	200	205	201	201	199
Poids de 100 baies (g)	168	172	174	166	169	177	184	180	176	175

Pour D, l'effet dépressif est moins marqué, le second apport (45 unités/ha) à la floraison, alors que le couvert végétal était stressé par un déficit hydrique, a peut-être permis à l'azote de migrer dès les premières précipitations vers les racines de la vigne.

Dans tous les cas, une part importante de l'azote apporté au printemps a bénéficié à l'enherbement et ainsi renforcé l'effet de concurrence. Seule la modalité C est capable de satisfaire à la fois aux besoins de la vigne et de l'herbe.

En 1996, la diminution du poids des bois concerne uniquement la modalité A, mais elle est moindre qu'en 1995. Les modalités B, C, et D montrent un important regain de vigueur. La fumure appliquée au printemps a peu profité à l'enherbement car d'importantes précipitations ont donné lieu à une forte migration de l'azote dans le sol, qui, à proximité des racines s'est trouvé facilement assimilé par la vigne (en phase de croissance végétative active). L'importance du gain de vigueur est directement imputable à la quantité de fumure apportée et à la pluviométrie du printemps.

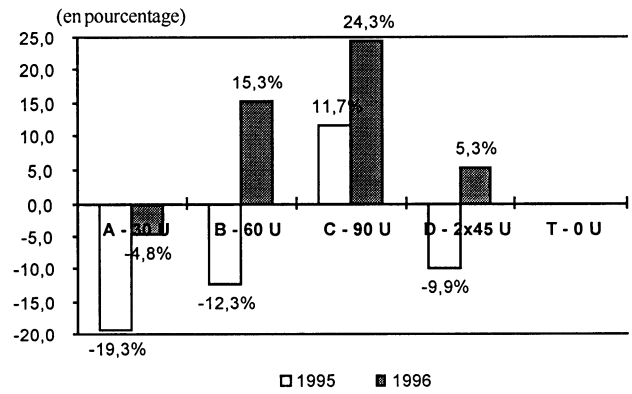


Fig. 1 - Variation du poids des bois de taille par rapport au témoin « T-0U »

Fig. 1 - Pruning wood weight variation compared to the standard « T-0U »

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

IV - INFLUENCE DE L'APPORT D'AZOTE SUR LES MOÛTS ET LES VINS

1) pH et acidité totale des moûts

Les modalités sont tout à fait comparables du point de vue du pH et de l'acidité totale (tableau IV). Cette observation correspond aux résultats obtenus par CONRADIE et SAAYMAN (1989) et par MAIGRE *et al.* (1995) dans certains de leurs essais. En revanche, ces auteurs ont montré dans un autre essai que le pH de la vendange a été souvent un peu plus bas pour les procédés enherbés sans fumure azotée. Cette constatation est en accord avec BELL *et al.* (1979), KLIEWER *et al.* (1991), RUHL et FUDA (1991) et SPAYD *et al.* (1993, 1994).

2) Cinétiques de fermentation

Les cinétiques fermentaires des moûts des différentes modalités ne présentent pas de différences ni en 1995, ni en 1996 (figures 2 et 3). Notons toutefois que la durée des fermentations alcooliques, en 1995, a été de 6 jours, et de 4 jours seulement en 1996. Cela peut être expliqué par la teneur en azote plus élevée dans le sol et le végétal qu'en 1995. Toutefois, il a été observé que l'influence de l'enherbement est peu marquée sur cépages rouges car le manque d'azote est amoindri par la technique de vinification en bordelais.

Il semble de ce fait intéressant d'analyser les teneurs en composés azotés des moûts, puis des vins, afin de pouvoir appréhender l'influence de la fumure.

3) pH, acidité et polyphénols des vins

En 1995, les différents paramètres étudiés ne semblent pas être influencés par les apports de fumure azotée (tableau V). En 1996, les constats sont semblables (tableau V).

En ce qui concerne le pH, si en 1995 il était plus élevé pour les apports d'azote importants, ceci est beaucoup moins marqué en 1996. Les vendanges plus précoces en 1996 (et de moindre maturité) ont présenté, pour toutes les modalités, des pH un peu plus bas qu'en 1995.

4) Teneurs en calcium, potassium et magnésium

Les teneurs en calcium (tableau VI) restent comparables entre les modalités pour chacune des deux années. L'apport de fumure azotée exerce vraisemblablement peu d'influence sur ce paramètre. Cette observation est également soulignée par MAIGRE *et al.* (1995).

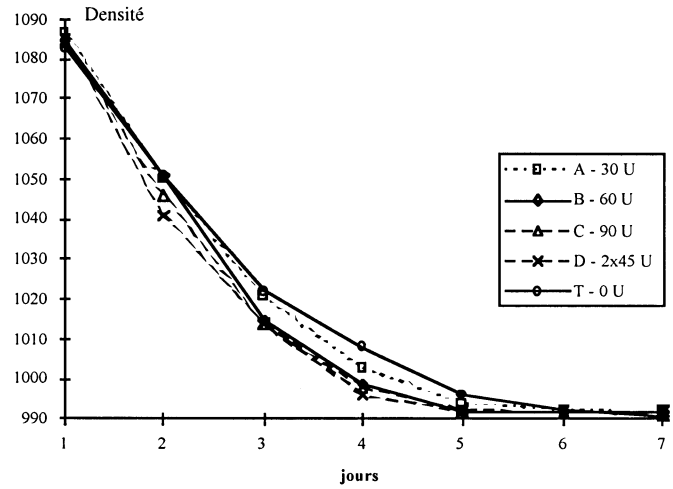


Fig. 2 - Courbes de fermentation des différentes modalités - millésime 1995

Fig. 2 - Fermentation curves for the different N-fertilizations vintage 1995

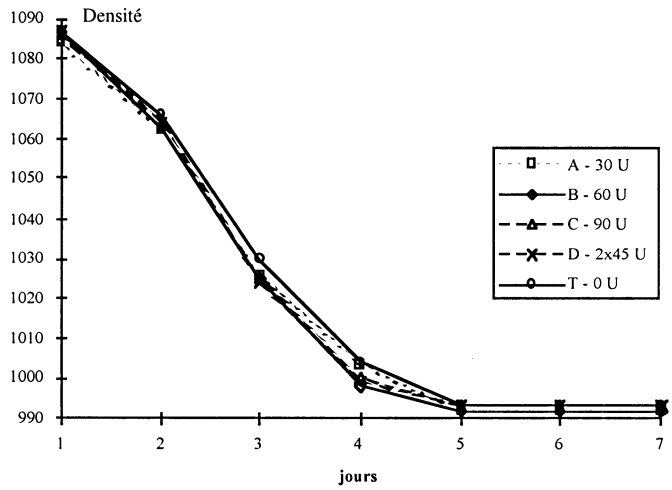


Fig. 3 - Courbes de fermentation des différentes modalités - millésime 1996

Fig. 3 - Fermentation curves for the different N-fertilizations vintage 1996

Les moûts et les vins de 1995 paraissent moins riches en potassium qu'en 1996 (tableau VII). Nos résultats diffèrent de la constatation de KLIEWER *et al.* (1991) qui ont montré que le taux de potassium du moût diminuait lorsque la fumure azotée augmentait.

La teneur en magnésium des moûts (tableau VIII) ne semble pas être modifiée par des apports différents de fumure azotée.

5) Influence de l'apport d'azote sur les teneurs en acides aminés des moûts et des vins.

MAIGRE *et al.* (1995) ont montré l'influence de l'enherbement et de la fumure azotée sur la teneur en

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU V
Caractéristiques analytiques des vins de 1995 et de 1996
Table V - Wine analysis (1995 and 1996)

	1995					1996				
	A	B	C	D	T	A	B	C	D	T
Titre alcoométrique (% vol.)	12,4	12,5	12,5	12,6	12,6	11,7	11,4	11,4	11,4	11,4
Acidité totale (g/l H_2SO_4)	2,4	2,4	2,4	2,3	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8
Acidité volatile (g/l H_2SO_4)	0,28	0,32	0,32	0,32	0,28					
pH	4,01	4,07	4,09	4,13	3,94	3,85	3,90	3,90	3,95	3,95
Indice de Polyphénols Totaux	45	44	44	44	44	49	50	51	49	50
Anthocyanes (mg/l)	559	512	541	575	553	585	595	618	615	581
Intensité colorante	0,61	0,61	0,63	0,62	0,60	0,87	0,91	0,96	0,91	0,94
Teinte	0,88	0,91	0,91	0,94	0,80	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71

TABLEAU VI
Teneurs en calcium (mg/l) des moûts et des vins de 1995 et de 1996
Table VI - Calcium contents (mg/l) of musts and wines (1995 and 1996)

Ca	Moûts					Vins				
	A	B	C	D	T	A	B	C	D	T
1995	43,4	43,5	44,9	44,4	45,9	46,8	39,9	48,8	45,2	45,9
1996	53,0	51,0	51,0	51,0	46,0	48,6	51,4	49,0	39,2	55,2

TABLEAU VII
Teneurs en potassium (mg/l) des moûts et des vins de 1995 et de 1996
Table VII - Potassium contents (mg/l) of musts and wines (1995 and 1996)

K	Moûts					Vins				
	A	B	C	D	T	A	B	C	D	T
1995	314	313	313	269	277	282	277	299	302	280
1996	930	1 280	1 050	1 220	870	1 342	1 310	1 374	1 370	1 408

TABLEAU VIII
Teneurs en magnésium (mg/l) des moûts et des vins de 1995 et de 1996
Table VIII - Magnesium contents (mg/l) of musts and wines (1995 and 1996)

Mg	Moûts					Vins				
	A	B	C	D	T	A	B	C	D	T
1995	50	50	60	50	50	50	50	60	50	50
1996	60	60	60	60	50	66	71	69	68	76

composés azotés des moûts : la présence d'enherbement (avec ou sans fumure azotée) ainsi que l'absence de fumure azotée en sol nu tendent à faire diminuer la valeur de l'indice « acides aminés » (MOORE et STEIN, 1954).

La présente étude montre que les teneurs en azote ammoniacal sont nettement plus faibles en 1995 qu'en 1996 (tableau IX).

Nous pouvons noter, en 1996, une diminution de la teneur en azote ammoniacal du moût au vin, alors qu'en 1995 les teneurs restent comparables pour ces deux états. Les modalités C et D sont les plus riches. La teneur la plus faible étant toujours celle du témoin.

De nombreux chercheurs ont déjà publié des observations analogues en considérant soit les composés azotés, soit l'azote total des moûts (BELL *et al.*, 1979 ; OUGH et BELL, 1980 ; MORLAT *et al.*, 1984 ; OUGH et KRIEL, 1985 ; CONRADIE et SAAYMAN, 1989 ; BELL, 1991 ; RUHL et FUDA, 1991 ; PORRO *et al.*, 1992 ; DELAS *et al.*, 1992 ; DELAS, 1993 ; SPAYD *et al.*, 1994).

a) Influence sur les teneurs globales

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU IX
Teneurs en azote ammoniacal (mg/l) des moûts et des vins de 1995 et de 1996

Table IX - Ammoniacal nitrogen contents (mg/l) of musts and wines (1995 and 1996)

	Moûts					Vins				
	A	B	C	D	T	A	B	C	D	T
1995	5,3	7,8	8,8	8,5	2,4	5,3	8,0	8,4	8,5	3,8
1996	82,6	95,2	82,3	102,5	76,7	26,3	25,8	31,4	29,1	26,0

TABLEAU X
Evolution des teneurs globales en acides aminés (mg/l) des moûts des deux années

Table X - Evolution of total amino acids contents (mg/l) of musts for two years

	Modalités				
	A	B	C	D	T
1995	575,85	1 044	918,3	923	595,8
1996	2 301,4	2 615	2 641,1	2 878,4	2 163,8

TABLEAU XI
Evolution des teneurs globales en acides aminés (mg/l) des vins des deux années

Table XI - Evolution of total amino acids contents (mg/l) of wines for two years

	Modalités				
	A	B	C	D	T
1995	918,15	1081	1090,5	1091	1003,2
1996	2496,35	2614,2	2901,4	2473	4053,3

Si les moûts de 1996 paraissent beaucoup plus riches (environ trois fois plus) que ceux de 1995 (tableau X), nous pouvons noter que, chaque année, la modalité D reste une des plus riches, tandis que la modalité A et le témoin sont les plus pauvres. Ces résultats marquent la même tendance que celle observée pour la teneur en azote ammoniacal des moûts. MIELE (1986) note une influence considérable de l'année sur les teneurs en acides aminés libres, ne pouvant s'expliquer que par une influence des facteurs externes (en particulier l'intensité lumineuse et la température).

La teneur en acides aminés des moûts semble être influencée par le niveau de fumure azotée.

En ce qui concerne les teneurs globales en acides aminés des vins (tableau XI), nous observons, comme pour les moûts, une plus grande richesse des vins de 1996 (environ deux fois plus).

La comparaison des modalités A, B, C montre que la teneur globale en acides aminés augmente avec le niveau de fumure azotée. En revanche, le témoin qui avait une teneur globale parmi les plus faibles en 1995, est le mieux doté en 1996. Le phénomène inverse est observé pour la modalité D.

La technique d'entretien du sol et la fumure azotée, en influençant le taux des composés azotés des moûts, peuvent surtout marquer des différences dans la durée des fermentations (CASTOR, 1953 ; INGLEDEW et KUNKEE, 1985 ; BELY *et al.*, 1991 ; MONTEIRO et BISSON, 1991, 1992 ; GOCKOWIAK et HENSCHKE, 1992 ; SPAYD *et al.*, 1995). Nous n'avons pas pu mettre en évidence, pour une année donnée, une influence particulière de la teneur globale en acides aminés sur la durée des fermentations entre les diverses modalités, comme ont pu le constater : OUGH *et al.* (1968) ; BELL *et al.* (1979) ; MAIGRE *et al.* (1995). En revanche, la teneur globale en acides aminés plus élevée en 1996 s'est accompagnée d'une durée de fermentation inférieure pour toutes les modalités.

b) Influence sur les principaux acides aminés

Comme on peut le remarquer, la diversité en acides aminés des moûts de 1995 est plus grande que celle des moûts de 1996 (tableaux XII et XIII). En effet, certains acides aminés présents en 1995 n'ont pas été mis en évidence en 1996 : acide cystéique, taurine, hydroxyproline, thréonine (pour les modalités A, B, C, D), phénylalanine, iso-leucine, leucine (sauf pour la modalité A), hydroxy-lysine, lysine et tyrosine (excepté pour la modalité D).

En revanche, les concentrations en 1996 sont globalement plus élevées, et plus particulièrement pour deux d'entre eux : l'arginine, absente en 1995, atteint environ 15 p. cent et l'alanine passe de 3-4 p. cent à 14 p. cent du total des acides aminés. Toutefois, un acide aminé est largement dominant les deux années : la proline, dont la teneur dépasse 50 p. cent du total des acides aminés, avec cependant 8 à 10 p. cent de moins en 1996.

Ces résultats sont en accord avec les premières recherches sur les acides aminés libres des moûts (LAFON-LAFOURCADE et PEYNAUD, 1959 ; LAFON-LAFOURCADE et GUIMBERTEAU,

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU XII
Teneurs en acides aminés (%) des moûts et des vins de 1995
Table XII - Amino acids contents (%) of musts and wines (1995)

1995	PSER	PTHR	Ac. CYS	TAU	ARG	ASP/GLU	OH PRO	SER	Ac.ASP	Ac.GLU	THR	GLY
Moût T	1,2		1,7	2,2		1,4	2,7	1,6	4,8	1,4	1,0	2,1
Moût A	1,0		1,7	1,6		1,5	3,0	2,0	5,4	1,7	1,0	2,3
Moût B	1,0		0,8	0,9		0,8	1,8	1,6	3,9	1,6	0,7	1,8
Moût C	0,9		0,8	0,5		1,1	2,7	1,4	4,3	1,7	0,7	1,8
Moût D			0,9			1,1	3,1	1,6	4,8	1,9	0,7	1,9
Vin T	1,3		0,9	0,9		1,0	1,9	1,2	3,4	1,1	0,6	1,6
Vin A	1,2		0,9			1,0	2,4	1,6	4,0	1,4	0,6	1,6
Vin B	1,2		0,8	0,5		0,8	2,5	1,8	3,8	1,5	0,5	1,9
Vin C	1,0		0,9			0,8	2,7	1,6	4,0	1,7	0,5	1,8
Vin D			1,0			0,9	3,2	2,0	4,9	2,0	0,5	2,0

(suite)	ALA	PRO	MET	VAL	PHE	ILEU	LEU	OH-LYS	HIS	LYS	TYR
Moût T	3,3	54,9		1,4	4,0		3,6	1,1	3,7	5,8	2,2
Moût A	4,3	62,2	0,7	1,7	2,9		3,0	0,9	3,0		
Moût B	3,0	64,7		1,1	3,2		3,8	2,5	2,8	2,6	1,6
Moût C	3,6	64,1		1,6	3,6	1,9	2,8	1,4	3,1		1,9
Moût D	3,6	63,2		1,8	3,9	2,2	3,4	0,9	3,1		1,9
Vin T	2,5	64,4		0,9	2,6		2,4	1,5	3,3	7,5	1,1
Vin A	2,9	69,8		1,1	3,1		3,0	0,8	3,3	1,5	
Vin B	2,9	59,4		1,1	3,0		3,2	1,4	3,6	9,3	0,8
Vin C	3,0	67,6		1,2	2,7		3,1	1,2	3,1	3,3	
Vin D	3,5	66,0	0,7	1,4	3,2		3,9	0,5	3,5	0,7	

PSER : phosphosérine ; PTHR : phosphothréonine ; Ac.CYS : acide cystéique ; TAU : taurine ; ARG : arginine ; ASP/GLU : asparagine/glutamine ; OH-PRO : hydroxy-proline ; SER : sérine ; Ac.ASP : acide aspartique ; Ac.GLU : acide glutamique ; THR : thréonine ; GLY : glycine ; ALA : alanine ; PRO : proline ; MET : méthionine ; VAL : valine ; PHE : phénylalanine ; ILEU : iso-leucine ; LEU : leucine ; OH-LYS : hydroxy-lysine ; HIS : histidine ; LYS : lysine ; TYR : tyrosine.

1962), qui ont montré qu'à maturité chez le Cabernet Sauvignon et le Merlot, la proline était l'acide aminé le plus important. KLIEWER (1968 et 1969) le vérifie chez la plupart des 28 cultivars qu'il a étudié, tandis que CANTAGREL *et al.* (1982), sur les moûts de 8 cépages rouges donnent toujours l'arginine comme acide aminé principal. MIELE (1986) corrobore ces résultats et montre que la proline et l'arginine représentent environ 65 p. cent du total des acides aminés libres du moût. Il ajoute que les autres acides aminés importants sont l'alanine, l'acide glutamique, l'acide γ-aminobutyrique et la glutamine : avec les deux premiers, ils constituent près de 83 p. cent du total des acides aminés libres des moûts étudiés. En outre, MIELE (1986) souligne le fait que l'augmentation de la proline dans le raisin et la diminution concomitante de l'arginine observée dès la fin de la véraison ou au début de la maturation (selon l'année) pourraient indiquer que l'arginine est effectivement susceptible d'être un précurseur de la proline (KLIEWER, 1968 et 1970). Les résultats obtenus pour les moûts de 1996 nous montrent une diminution de la teneur en proline du même ordre de grandeur que l'augmentation de celle en arginine. Il semblerait que la biosynthèse de la proline en 1996 ait été moins complète , d'autant plus que nous pouvons également noter que les teneurs en acide glutamique sont plus importantes pour cette année (tableau XIII). Cet acide aminé peut aussi intervenir dans la biosynthèse de la proline (NASSAR et KLIEWER, 1966 ; KLIEWER et OUGH, 1970). Ajoutons que pour MIELE (1986), l'influence de l'année porte sur l'ensemble des acides aminés, exceptés ceux appartenant à la famille de la sérine et de l'acide pyruvique (BRYAN, 1976) qui ne semblent pas subir de variation. Nos résultats diffèrent pour : la leucine (qui est absente en 1996), la sérine, la phosphosérine et l'alanine dont les concentrations augmentent dans les moûts de 1996 alors qu'elles diminuent pour la glycine.

Nous avons également constaté une augmentation de la teneur en proline des moûts avec l'apport d'azote, excepté pour D, dont la fumure azotée réduite à 45 unités au débourrement semble affecter la teneur

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU XIII

Teneurs en acides aminés (%) des moûts et des vins de 1996

Table XIII - Amino acids contents (%) of musts and wines (1996)

1995	PSER	PTHR	Ac. CYS	TAU	ARG	ASP/GLU	OH PRO	SER	Ac.ASP	Ac.GLU	THR	GLY
Moût T	3,4				15,2	0,4		3,4	1,3	3,5	6,3	0,3
Moût A	2,4				15,5	0,6		3,7	1,3	3,5		0,3
Moût B	2,1				16,0	0,5		4,2	1,4	3,9		0,5
Moût C	1,4				16,1	0,5		4,7	1,5	3,7		
Moût D	4,9				14,4	0,4		3,9	1,1	3,0		
Vin T	1,6				0,7	0,1		2,1	0,9	1,3		0,9
Vin A	5,0				2,3			2,5		2,1		0,9
Vin B	2,9							1,7		2,0		0,8
Vin C	4,5				1,3	0,2		2,0		2,0		0,7
Vin D	3,8							2,2		2,0		0,7

(suite)	ALA	PRO	MET	VAL	PHE	ILEU	LEU	OH-LYS	HIS	LYS	TYR
Moût T	13,4	49,3		1,0					2,5		
Moût A	14,5	52,4		1,1	1,3		0,8		2,5		
Moût B	13,6	56,7		1,1							
Moût C	14,8	57,5									
Moût D	11,7	50,2		1,0					3,7		5,8
Vin T	1,4	36,0		0,6	1,9	0,6	0,9		11,5	1,8	37,7
Vin A	4,7	71,4							8,7	2,6	
Vin B	4,6	74,5							10,8	2,7	
Vin C	3,9	61,2							13,4	2,0	8,9
Vin D	4,8	72,4							11,3	2,2	

du moût en cet acide aminé, en dépit du deuxième apport d'azote. OUGH et STASHAK (1974) remarquent que la proline pourrait s'accumuler dans les raisins lorsqu'il y a un excés d'azote.

MAIGRE *et al.* (1995) insistent sur l'importance de la proline, et notent un comportement comparable à celui de l'indice « acides aminés ». Cette observation est confirmée par les travaux de BELL *et al.* (1979) ; OUGH et BELL (1980) ; SPAYD *et al.* (1994).

Pour les vins, on observe une tendance analogue à celle des moûts. Certains acides aminés présents en 1995 n'ont pas été mis en évidence en 1996 : acide cystéique, taurine, hydroxy-proline, acide aspartique, thréonine, méthionine, hydroxy-lysine, et valine, phénylalanine, iso-leucine, leucine (sauf pour T).

Les concentrations des acides aminés sont globalement plus élevées en 1996, surtout pour l'histidine dans toutes les modalités (qui passe de 3 p. cent en 1995 à 11 p. cent en 1996), et pour la tyrosine pour certaines modalités. La proline est toujours l'acide aminé dominant pour les deux années, où elle représente plus de 50 p. cent du total des acides aminés. Ce composé n'est pratiquement pas utilisé comme source d'azote par les levures (INGLEDEW *et al.*, 1987 ; HUANG et OUGH, 1991 ; MAIGRE *et al.*, 1995).

En 1996, les acides aminés prépondérants montrent un changement par rapport à 1995 :

- pour les moûts, ce n'est plus l'acide aspartique mais l'arginine qui occupe la seconde position avec des teneurs voisines de 15 p. cent, puis en troisième position l'alanine avec une teneur d'environ 14 p. cent de la teneur totale en acides aminés.

- pour les vins, l'histidine (avec environ 10 p. cent de la teneur globale) occupe la seconde place, excepté pour le témoin qui a une forte teneur en tyrosine (37 p. cent).

c) Etude statistique des résultats

Les tableaux X et XI nous permettent de comparer les teneurs globales des acides aminés pour 1995 et 1996 d'une part, et des modalités d'autre part.

Afin de faire ressortir des différences entre les années et entre les modalités, nous avons utilisé deux méthodes statistiques complémentaires : l'analyse en compo-

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

santes principales (ACP) et les distances euclidiennes sur données centrées réduites.

- Comparaison des deux années

La comparaison par ACP des moûts des deux années fait apparaître deux groupes distincts d'individus : celui des moûts de 1995 et celui des moûts de 1996 (figure 4). Le plan 1-2 permet de mettre en évidence une séparation très nette des deux années sur l'axe 1. L'étude des variables les plus liées à cet axe (matrice des corrélations des variables) fait ressortir deux groupes d'acides aminés, fortement corrélés, en opposition :

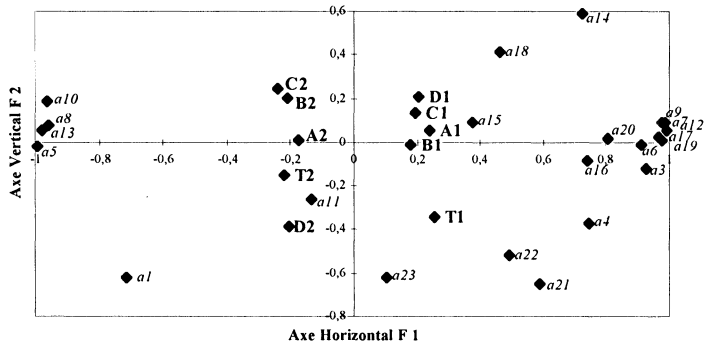


Fig. 4 - Analyse en composantes principales réalisée sur les moûts de 1995 et de 1996

Fig.4 - Principal component analysis on musts (1995 and 1996)

année 1995 : T1, A1, B1, C1 et D1 ;
année 1996 : T2, A2, B2, C2 et D2
a1 : phosphosérine ; a2 : phosphothréonine ; a3 : acide cystéique ; a4 : taurine ; a5 : arginine ; a6 : asparagine/glutamine ; a7 : hydroxy-proline ; a8 : sérine ; a9 : acide aspartique ; a10 : acide glutamique ; a11 : thréonine ; a12 : glycine ; a13 : alanine ; a14 : proline ; a15 : méthionine ; a16 : valine ; a17 : phénylalanine ; a18 : iso-leucine ; a19 : leucine ; a20 : hydroxy-lysine ; a21 : histidine ; a22 : lysine ; a23 : tyrosine.

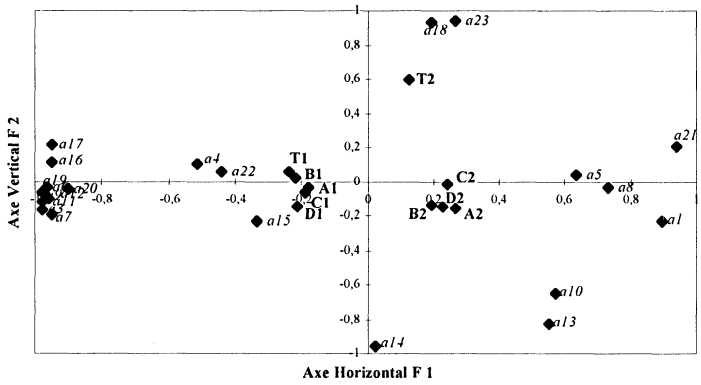


Fig. 5 - Analyse en composantes principales réalisée sur les vins de 1995 et de 1996

superposition des points : a19, a6 et a9
a12 et a11

Fig. 5 - Principal component analysis on wines (1995 and 1996)

superposition of the points : a19, a6 and a9
a12 and a11

- asparagine/glutamine, hydroxy-proline, acide aspartique, glycine, phénylalanine, leucine, hydroxy-lysine, par leurs teneurs élevées différencient les moûts de 1995 ;

- arginine, sérine, acide glutamique, alanine, caractérisent les moûts de 1996.

La même méthode appliquée aux vins conduit aussi à la distinction de deux groupes en opposition sur l'axe 1 : celui des vins de 1995 et celui des vins de 1996 (figure 5).

Deux groupes de variables expliquent cette opposition : les vins de 1995 sont riches en acide cystéique, asparagine/glutamine, hydroxy-proline, acide aspartique, thréonine, glycine, valine, phénylalanine, leucine, hydroxy-lysine, alors que ceux de 1996 n'en contiennent quasiment pas. En revanche, ils se distinguent par des teneurs relativement élevées en phosphosérine, alanine, et histidine.

Cette étude statistique nous a permis de constater que l'axe 1 établit nettement une différence entre les deux années, sur les moûts comme sur les vins. Ainsi, l'année 1995 est marquée par des teneurs relativement élevées en asparagine/glutamine, hydroxy-proline, acide aspartique, glycine, phénylalanine, leucine, et hydroxy-lysine. L'année 1996 ne montre qu'un acide aminé commun aux moûts et aux vins : l'alanine.

On peut conclure à la mise en évidence d'un effet millésime, caractérisé par une plus ou moins grande richesse en acides aminés communs aux différentes modalités de l'année considérée.

- Comparaison des différentes modalités

L'étude des distances euclidiennes des variables centrées réduites effectuée sur les moûts et les vins de chacune des années, nous a permis de comparer deux à deux les modalités et de repérer celles qui sont les plus proches (ou les plus éloignées) du point de vue de la composition en acides aminés. L'ACP complète ces informations en différenciant les diverses modalités par la nature et la concentration des acides aminés.

Les modalités C et D des moûts de 1995 sont les plus proches (tableau XIV), la plus grande distance est enregistrée pour A et B, T et D étant relativement éloignés.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU XIV

Comparaison des distances euclidiennes sur données centrées réduites des moûts et des vins de 1995

Table XIV - Comparison of euclidean distances on centred-reduced data of musts and wines (1995)

Moûts 95	C - D	B - C	T - C	B - D	A - C	T - A	A - D	T - B	T - D	A - B
Distances euclidiennes	14,2	31,2	50,8	51,7	57,1	58,1	58,3	58,8	60,7	84
Vins 95	A - C	B - C	A - B	T - A	T - B	C - D	T - C	A - D	B - D	T - D
Distances euclidiennes	19,8	23,8	32	40,6	44,6	45,3	48	56	65,1	125

L'ACP (figure 6) fait ressortir un groupe de variables fortement corrélées, qui évoluent dans le même sens (acide cystéique, asparagine/glutamine, sérine, acide aspartique, thréonine, glycine, méthionine) et qui expliquent l'axe 1.

La modalité A est riche en ces composés tandis que B en est très pauvre.

Les individus T et D, bien représentés sur l'axe 2, expliqués par des variables (acide glutamique et lysine) fortement corrélées négativement, se caractérisent par une richesse en lysine pour T et en acide glutamique pour D. La modalité C se rapproche de D.

La distance euclidienne la plus élevée des vins de 1995 est obtenue pour les modalités T et D (tableau XIV). Les modalités B et A sont également très éloignées de D. Les vins les plus proches sont issus des modalités A et C.

Le plan principal de l'ACP (figure 7) confirme l'éloignement des modalités T et D. La matrice des corrélations fait apparaître deux groupes de variables évoluant en sens inverse. T se caractérise surtout par des teneurs en phosphosérine et hydroxy-lysine importantes, et des teneurs plutôt faibles en variables du groupe opposé (hydroxy-proline, sérine, acide aspartique, acide glutamique, alanine, valine, leucine, méthionine) ; D présente la tendance inverse.

En conclusion, on note une différence très nette entre les modalités T et D sur les moûts et les vins. Cette différence est moindre pour les autres modalités. Les moûts sont différenciés par les variables acide glutamique et lysine; tandis que pour les vins, le nombre de variables intervenant est beaucoup plus important.

Point commun entre les moûts et les vins de 1995 : D est riche en acide glutamique et T plutôt pauvre.

Pour les autres modalités, il est plus difficile d'expliquer les positions par les variables (les différences n'étant pas assez significatives).

L'étude des moûts de 1996 (tableau XV) met en évidence une modalité D qui sort nettement du groupe. La plus grande distance est obtenue par la comparaison C-D, les plus proches semblent être B et C. Il est nécessaire d'utiliser les plans 1-2 et 1-3 de l'ACP (figure 8) pour expliquer les différentes modalités. On confirme l'éloignement des individus C et D : D se caractérisant plutôt par des teneurs en phosphosérine, histidine, et tyrosine importantes, et de faibles teneurs en arginine, acide aspartique, acide glutamique, alanine et proline; ces observations s'opposent à celles de la modalité C.

B occupe une position intermédiaire mais tend à se rapprocher de C ; A présente une place particulière de par sa richesse en phénylalanine et leucine. Le plan 1-3 marque l'opposition entre les modalités T et D : cette

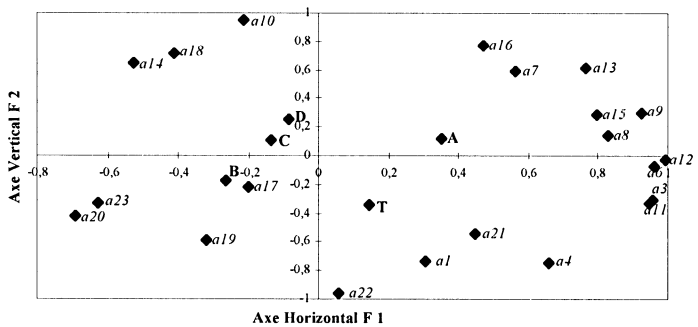


Fig. 6 - Analyse en composantes principales réalisée sur les moûts de 1995

Fig. 6 - Principal component analysis on musts (1995)

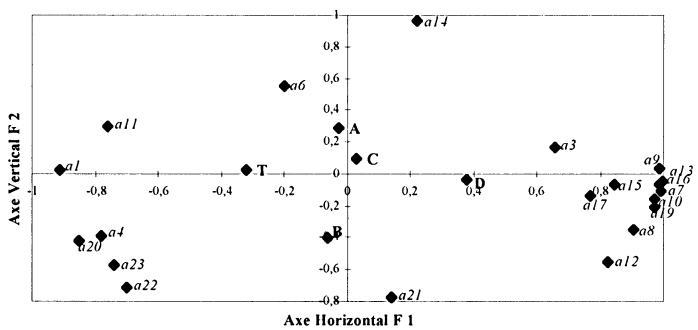


Fig. 7 - Analyse en composantes principales réalisée sur les vins de 1995

Fig. 7 - Principal component analysis on wines (1995)

J. Int. Sci. Vigne Vin, 1998, **32**, n°1, 27-43

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU XV

Comparaison des distances euclidiennes sur données centrées réduites des moûts et des vins de 1996.

Table XV - Comparison of euclidean distances on centred-reduced data of musts and wines (1996)

Moûts 1996	B - C	A - B	T - B	T - D	T - A	A - C	T - C	A - D	B - D	C - D
Distances euclidiennes	17,3	24,9	25,4	27,6	29,2	38,1	42,7	48,8	54,5	66,5
Vins 1996	B - D	C - D	A - D	B - C	A - B	A - C	T - C	T - D	T - B	T - A
Distances euclidiennes	7,75	13,2	18,8	21,6	22,9	30,7	62,5	69,2	71,2	82,2

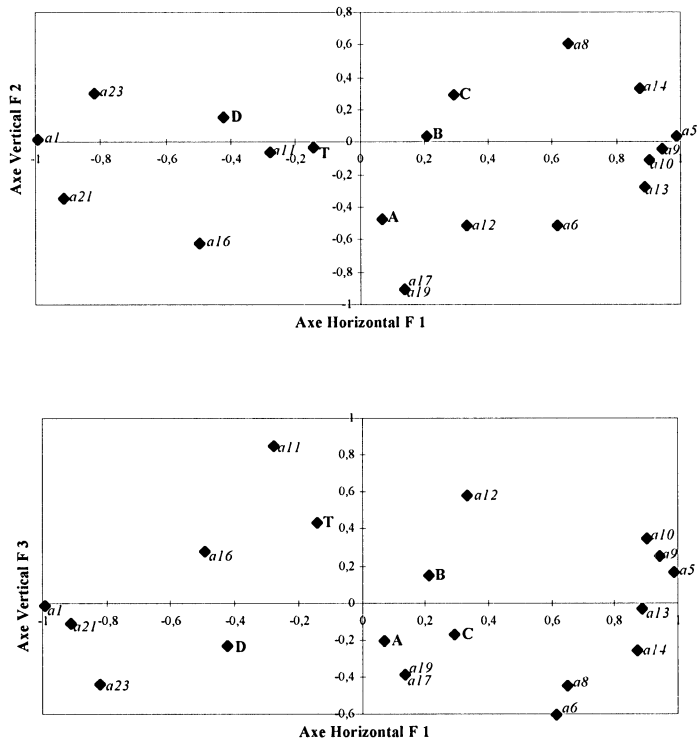


Fig. 8 - Analyse en composantes principales réalisée sur les moûts de 1996

Fig. 8 - Principal component analysis on musts (1996)

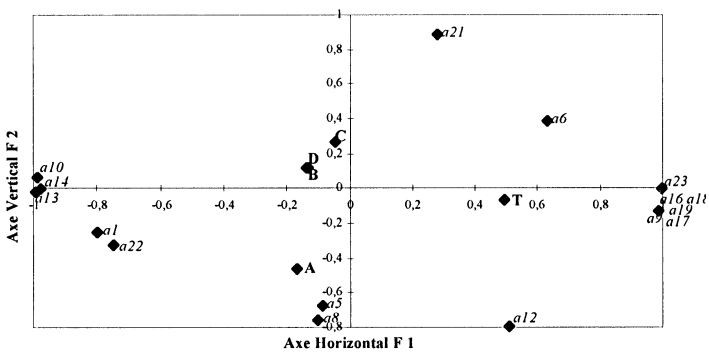


Fig. 9 - Analyse en composantes principales réalisée sur les vins de 1996

Fig. 9 - Principal component analysis on wines (1996)

dernière est riche en phosphosérine, tyrosine, et histidine alors que la première est riche en thréonine.

La comparaison des distances euclidiennes entre les modalités des vins de 1996 montre que T sort nettement du groupe. Les modalités les plus proches sont B et D, puis C et D.

Le plan 1-2 de l'ACP (figure 9) met en évidence l'opposition entre T et D sur l'axe 1 : T apparaît riche en acide aspartique, valine, phénylalanine, iso-leucine, leucine, et tyrosine, tandis que D en est quasiment dépourvu. En revanche, ce dernier contient des quantités notables d'acide glutamique, alanine, proline, et phosphosérine. Les individus A et C s'opposent sur l'axe 2 (A contient plutôt de la glycine et peu d'histidine, c'est le cas inverse pour C). Ils occupent cependant des positions intermédiaires par rapport à T et D, tout en étant plus proches de D. Il en est de même pour B.

Les ACP réalisées sur les moûts et les vins de 1996 font apparaître que T est vraiment différent des autres modalités ; cette différence est d'autant plus marquée vis-à-vis de D. Les autres modalités sont relativement proches du point de vue composition en acides aminés.

L'approche statistique conduite pour ces deux années fait bien apparaître une opposition constante entre les modalités T et D.

T contient peu d'acide glutamique et d'alanine sur les deux ans, peu d'hydroxy-proline et sérine en 1995, et peu de proline et de phosphosérine en 1996.

D est plutôt bien pourvu en acide glutamique et alanine sur les deux ans, riche en acides aminés qui font défaut à T.

6) Dégustation

Afin de déceler les écarts entre modalités, les résultats sont analysés statistiquement par les tests de Kramer, Friedman et Newman-Keuls.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

TABLEAU XVI
Résultats du test de Kramer - Dégustations des vins de 1995 et de 1996
Table XVI - Kramer test results - Tastings of wines (1995 and 1996)

14 dégustateurs	T - 0U	A - 30U	B - 60U	C - 90U	D - 2x45U
1995					
Somme	62,5	42	38,5	35	32
95% 33-51*	c	b	b	b	a
Classement	5	4	3	2	1
1996					
Somme	50	39,5	44,5	39	37
95% 33-51*	b	b	b	b	b
Classement	5	3	4	2	1

(*) : a : significativement plus apprécié à la dégustation
b : différence non significative
c : significativement moins apprécié

En 1995, deux modalités marquent des différences significatives : D est préférée aux autres et T nettement moins appréciée (tableau XVI).

Il ne ressort pas de différences significatives entre les modalités A, B, C. Le test de Friedman montre des modalités B, C, D significativement supérieures à T. Toutefois, la modalité D n'apparaît pas supérieure aux modalités A, B, et C. Ceci est confirmé par le test de Newman-Keuls qui fait ressortir deux groupes homogènes : d'une part les modalités A, B, C, D, d'autre part la modalité T.

En 1996, si le classement des vins semble conservé (tableau XVI), les différences entre les modalités ne sont pas significatives.

CONCLUSION

Le but de cette expérimentation était de déterminer l'influence d'une fumure azotée dans une parcelle de vigne enherbée, afin de limiter l'effet dépressif de l'enherbement sur la vigne et d'améliorer la cinétique fermentaire.

Ces deux années d'essai, pour ce type de sol, ont montré que la fertilisation azotée, dans les conditions ci-dessus énoncées, s'avérait être une technique délicate à mettre en œuvre. Le régime des précipitations au printemps paraît être un facteur prépondérant. Selon le niveau de fumure, la vigueur peut être soit diminuée, soit augmentée. Mais dans tous les cas, les apports tardifs sont préjudiciables. Dans ce contexte, et dans l'incertitude de connaître le régime des précipitations de printemps, la localisation de la fumure azotée peut être une technique intéressante à l'avenir.

Parmi les paramètres œnologiques étudiés, les composés azotés, et plus particulièrement les acides aminés jouent un rôle important sur la durée des fermentations alcooliques. Une teneur plus élevée se traduit par une fermentation plus rapide (1996), la diversité en acides aminés n'étant pas l'élément déterminant. Cependant, les différentes modalités ne présentent pas de différences significatives quant aux cinétiques fermentaires. Il semblerait qu'une année donnée soit caractérisée par un ensemble d'acides aminés spécifiques communs aux différentes modalités (effet « millésime »), comme le mettent en évidence les analyses statistiques.

En outre, l'étude des diverses modalités montre pour les deux années, une différence très nette entre le témoin (T) et les autres individus : l'opposition la plus grande étant observée pour T et D.

Remerciements : Nous remercions très vivement le Conseil Régional d'Aquitaine, l'Office National Interprofessionnel des Vins et Monsieur A. VAUTHIER (Château Moulin Saint-Georges, Saint-Emilion).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANCEL J., 1986. Effets de la non-culture sur le système racinaire de la vigne et sur quelques caractéristiques du sol. Annales ANPP, *2e Symp. Int. sur la non-culture de la vigne et les autres techniques d'entretien du sol*, Montpellier (France), 26-28 novembre 1986, 337-344.

BELL A., OUGH C.S. and KLIEWER W.M., 1979. Effects on must and wine composition, rates of fermentation, and wine quality of nitrogen fertilization of *Vitis vinifera* var. Thompson Seedless grapewines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **30**, 124-129.

BELL S.J., 1991. The effect of nitrogen fertilization on growth, yield and juice composition of *Vitis vinifera*

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

cv. Cabernet Sauvignon grapevines. In The American Society for Enology and Viticulture, ed. J.M. RANTZ, *Proc. Symp. on Nitrogen in grapes and wine*, Seattle (USA), 206-210.

BELY M., SABLAYROLLES J.M. and BARRE P., 1991. Automatic detection and correction of assimilable nitrogen deficiency during alcoholic fermentation under enological conditions. In The American Society for Enology and Viticulture, ed. J.M. RANTZ, Proc. *Symp. on Nitrogen in grapes and wine*, Seattle (USA), 211-214.

BRYAN J.K., 1976. Aminoacid biosynthesis and its regulation. *In : Plant biochemistry.* BONNER J. et VARNER J.E. ed. 3.ed. New York, Academic Press, 525-560.

CANTAGREL R., SYMONDS P. et CARLES J., 1982. Composition en acides aminés du moût en fonction du cépage et de la technologie et son influence sur la qualité du vin. *Sci. Alim.*, **2**, 109-142.

CARSOULLE J., 1995. L'enherbement permanent du vignoble. Influence sur la production viticole et son environnement. *Phytoma*, **478**, 38-41.

CASTOR J.G.B., 1953. The free amino acids of must and wines. II. the fate of amino acids of must during alcoholic fermentation. *Food Res.*, **18**, 146-151.

CONRADIE W.J. and SAAYMAN D., 1989. Effects of long-term nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on Chenin Blanc vines. II. Leaf analyses and grape composition. *Am. J. Enol. Vitic.*, **40**, 91-98.

DELAS J., MOLOT C. et SOYER J.P., 1992. Influence du porte-greffe et de la fertilisation azotée sur la composition des baies de Merlot. C.R. *4e Symp. Int. Physiol. Vigne*, Torino, 397-400.

DELAS J., 1993. Nutrition azotée, composition des baies et des moûts. *Progr. Agric. et Vitic.*, **110**, 139-142.

GOCKOWIAK H. and HENSCHKE P.A., 1992. Nitrogen composition of grape juice and implication for fermentation : results of a survey made in N-E Victoria. *The Australian Grape-grower and Winemaker. Annual Technical Issue.*

HUANG Z. and OUGH C.S., 1991. Amino acid profiles of commercial grape juices and wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **42**, 261-267.

INGLEDEW W.M. and KUNKEE R.E., 1985. Factors influencing sluggish fermentations of grape juice. *Am. J. Enol. Vitic.*, **36**, 65-76.

INGLEDEW W.M., MAGNUS C.A. and SOSULSKI F.W., 1987. Influence of oxygen on proline utilization during the wine fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.*, **38**, 246-248.

KLIEWER W.M., 1968. Changes in the concentration of free amino acids in grape berries during maturation. *Am. J. Enol. Vitic.*, **19**, 166-174.

KLIEWER W.M., 1969. Free amino acids and other nitrogenous substances of table grape varieties. *J. Food Sci.*, **34**, 274-278.

KLIEWER W.M., 1970. Free amino acids and other nitrogenous fractions in wine grapes. J. *Food Sci.*, **35**, 17-21.

KLIEWER W.M. and OUGH C.S., 1970. The effect of leaf area and crop level on the concentration of amino acids and total nitrogen in Thompson Seedless grapes. *Vitis*, **9**, 196-206.

KLIEWER W.M., BOGDANOFF C. and BENZ M., 1991. Response of Thompson Seedless grapevines trained to single and divided canopy trellis systemes to nitrogen fertilization. *In The American Society for Enology and Viticulture*, éd. J.M. RANTZ, Proc. Symp. on Nitrogen in grapes and wine, Seattle (USA), 282-289.

LAFON-LAFOURCADE S. et PEYNAUD E., 1959. Dosage microbiologique des acides aminés des moûts de raisin et des vins. *Vitis*, **2**, 45-66.

LAFON-LAFOURCADE S. et GUIMBERTEAU G., 1962. Evolution des amino acides au cours de la maturation des raisins. *Vitis*, **3**, 130-135.

LELIEVRE B., 1981. Influence de quelques modes d'entretien du sol (enherbement, désherbage) sur le développement du système racinaire d'une jeune vigne plantée sous plastique. *Maîtrise de Biophysiologie appliquée aux productions végétales*, Université d'Angers.

MAIGRE D., 1992. L'enherbement : réalité pour le vignoble septentrional de l'Europe. *Phytoma*, **444**, 34-39.

MAIGRE D., 1992. Influence de différentes techniques d'entretien du sol sur le comportement de la vigne et la qualité du vin en Suisse romande. *IX. Kolloquium des Internat Arbeits-kreises « Begrünung im Weinbau »*. Bad Kreuznach. 71-80.

MAIGRE D. et MURISIER F., 1991. Comparaison de techniques d'entretien du sol dans trois sites pédoclimatiques différents. *IIIe Symp. Int. sur la non-culture de la vigne et les autres techniques d'entretien des sols viticoles*. Montpellier. 281-288.

MAIGRE D. et MURISIER F., 1992. Essai d'entretien d'un sol viticole dans une région à faible pluviosité. Un bilan après 16 ans d'expérimentation en Valais. *Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **24**, 271-278.

MAIGRE D., AERNY J. et MURISIER F., 1995. Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas : influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée. *Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **27**, 4, 237-251.

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.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

MONTEIRO F.F. and BISSON L.F., 1991. Biological assay of nitrogen content of grape juice and prediction of sluggish fermentations. *Am. J. Enol. Vitic.*, **42**, 47-57.

MONTEIRO F.F. and BISSON L.F., 1992. Nitrogen supplementation of grape juice. I- Effect on amino acid utilization during fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.*, 43, 1-10.

MOORE S. and STEIN W.H., 1954. A modified ninhydrin reagent for photometric determination of amino acids and related compounds. *J. Biol. Chem.*, **211**, 907-913.

MORLAT R., 1981. Effets comparés de deux techniques d'entretien du sol sur l'enracinement de la vigne et sur le milieu édaphique. *Agronomie*, **10**, 887-896.

MORLAT R., ROBICHET J., SIGOGNE M., REMOUE M., VENIN G., LEON H. et ASSELIN C., 1984. Influence de la densité de plantation et du mode d'entretien du sol sur l'alimentation minérale de la vigne. *Connaissance Vigne Vin*, **18**, 83-94.

MORLAT R., 1987. Influence du mode d'entretien du sol sur l'alimentation en eau de la vigne en Anjou. Conséquences agronomiques. *Agronomie*, **7**, 183-191.

MORLAT R., JACQUET A. et ASSELIN C., 1993. Principaux effets de l'enherbement permanent contrôlé du sol, dans un essai de longue durée en Anjou. *Progr. Agric. Vitic.*, **110**, 19, 406-410.

NASSAR A.R. and KLIEWER W.M., 1966. Free amino acids in various parts of *Vitis vinifera* at different stages of development. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, **89**, 281-294.

OUGH C.S., LIDER L.A. and COOK J.A., 1968. Rootstock-scion interactions concerning wine making. I. Juice composition changes and effects on fermentation rate with St. George and 99 R. rootstocks at two nitrogen fertilizer levels. *Am. J. Enol. Vitic.*, **19**, 213-327.

OUGH C.S. and STASHAK R.M., 1974. Further studies on proline concentration in grapes and wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **25**, 7-12.

OUGH C.S. and BELL A.A., 1980. Effects of nitrogen fertilization of grapevines on amino acid metabolism and higher-alcohol formation during grape juice fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.*, **31**, 122-123.

OUGH C.S. and KRIEL A., 1985. Ammonia concentrations of musts of different grape cultivars and vineyards in the Stellenbosch area. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **6**, 7-11.

PORRO D., STEFANINI M., FAILLA O., BERTRAMINI M. e STRINGARI G., 1992. Interpretazione fisiologica degli effetti della disponibilità d'azoto sull'acidità del mosto e sulla qualità del vino in tre vignetti del trentino. *C.R. 4e Symp. Int. Physiol. Vigne*, Torino, 231-234.

RUHL E.H. and FUDA A.P., 1991. Effect of potassium and nitrogen supply on organic acid concentration and pH of grape juice : preliminary results. *In* : The American Society for Enology and Viticulture, ed. J.M. RANTZ, *Proc. Symp. on Nitrogen in grapes and wine*, Seattle États-Unis, 312-314.

SOYER J.P., DELAS J., MOLOT C., ANDRAL P. et CASTERAN P., 1984. Techniques d'entretien du sol en vignoble bordelais. Conséquence sur la vigne (production, vigueur, enracinement, nutrition) et sur le sol après 20 ans d'expérimentation. *Progr. Agric. Vitic.*, **101**, 315-320.

SOYER J.P., MOLOT C., BERTRAND A., GAZEAU O., LOVELLE B.R. et DELAS J., 1995. Influence de l'enherbement sur l'alimentation azotée de la vigne et sur la composition des moûts et des vins. Ed. Lavoisier. *Ve Symp. Int. Œnol.*, Bordeaux, France, 81-84.

SPAYD S.E., WAMPLE R.L., STEVENS R.G., EVANS R.G. and KAWAKAMI A.K., 1993. Nitrogen fertilization of White Riesling in Washington : Effects on petiole nutrient concentration, yield, yield components and vegetative growth. *Am. J. Enol. Vitic.*, **44**, 378-386.

SPAYD S.E., WAMPLE R.L., EVANS R.G., STEVENS R.G., SEYMOUR B.J. and NAGEL G.W., 1994. Nitrogen fertilization of White Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. *Am. J. Enol. Vitic.*, **45**, 34-42.

Manuscrit reçu le 12 novembre 1997 ;
Accepté pour publication le 13 mars 1998.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)