Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 1995, **29**, N°2, 89-98

ESSAI DE CARACTÉRISATION DU CÉPAGE DES VINS PAR ANALYSE ISOTOPIQUE DES ÉLÉMENTS LÉGERS

CHARACTERIZATION OF THE VINE VARIETIES BY ISOTOPIC ANALYSES

YUNIANTA*, B.L. ZHANG*, G.J. MARTIN*, C. ASSELIN**
et M. SCHAEFFER***

*Université de Nantes, Laboratoire de RMN-RC, URA-CNRS 472,
2 rue de la Houssinière, 44072 Nantes cedex 03 (France)
**INRA, Unité de Recherche sur la Vigne et le Vin
42 rue Georges Morel, BP 57, 49071 Beaucouzé (France)
***INRA, 28 rue Herrlisheim, 68000 Colmar (France)

Résumé : Plusieurs séries de 8 ou 9 vins de cépages bien définis (Cabernet-Sauvignon, Carignan, Chasselas, Chardonnay, Grenache Noir, Riesling, Sauvignon, Syrah et Ugni Blanc) issus de l'essai d'écologie viticole organisé par l'INRA en Alsace, Bordelais et Languedoc en 1991 et en Anjou au cours de plusieurs années (1983, 1984 et 1988) ont été analysées par RMN du deutérium et Spectrométrie de Masse afin de déterminer leur composition isotopique ^{2}H, ^{13}C et ^{18}O. Il apparait que l'influence du cépage est significative mais nettement plus faible que celle de la région ou de l'année de production. Dans certains cas, il est possible de caractériser les groupes de cépages appartenant à une même époque, cultivés dans une région bien définie.

Summary : Several series of wines were prepared in standard conditions from well defined varieties (Cabernet-Sauvignon, Carignan, Chasselas, Chardonay, Grenache Noir, Riesling, Sauvignon, Syrah et Ugni Blanc) harvested in 1991 in three different regions of production in France (Alsace, Bordeaux and Languedoc). In order to study the influence of the year of production as well, the same varieties grown in Anjou were considered for three different periods of time : 1983, 1984 and 1988. The stable isotope composition of these wines was determined by 2H-NMR spectroscopy ($(D/H)_I$ and $(D/H)_{II}$ isotope ratios of ethanol) and by Mass Spectrometry for water (^{2}H and ^{18}O) and ethanol (^{13}C). The variations observed for the wines of the different varieties are explained in terms of the climatic conditions (temperature, precipitation and insolation) which governed the regions of production during the vine vegetation cycles considered. It is shown that similar behaviour is observed for the ^{2}H and ^{18}O contents of the water of musts and wines but they differ from the Craig relationship existing in meteorological waters. The early vine varieties cultivated in the different regions considered give wines with a higher concentration in the heavy isotopes than the later varieties as far as the ethanol $(D/H)_I$ parameter is concerned. However dry

Mots-clés : cépage - analyse isotopique

Key-words : vine variety - isotopic analysis

INTRODUCTION

La qualité d'un vin, abstraction faite des facteurs humains dépend de la région de production, caractérisée par un sol, un climat et un ou plusieurs cépages. Dans un travail précédent (DAY et *al.*, 1995b) les vins issus de « l'essai terroir » conduit par l'INRA en Moyenne Vallée de la Loire (MORLAT et *al.*, 1978 et 1983) ont été analysés par les techniques isotopiques et élémentaires qui permettent de caractériser la nature du sol et celle du climat du lieu et de l'année de production des raisins. Nous avons montré d'autre part (DAY et *al.*, 1994 et 1995a) que l'utilisation conjointe de la composition en isotopes stables (^{2}H, ^{13}C, ^{18}O) de l'eau et de l'éthanol d'un vin et en certains éléments présents en très faibles quantités (Ba, Sr, Rb...) permet d'identifier avec une bonne probabilité la région de production d'un vin pour un millésime donné et le millésime d'un vin pour une région de production donnée. Il restait à examiner l'influence de la nature du cépage sur les paramètres isotopiques d'un vin mais comme le comportement d'une variété végétale ne peut pas être dissociée de son environnement climatique, l'effet du cépage a été examiné pour différentes régions de production, en prenant comme support l'essai d'écologie viticole organisé par l'INRA (HUGLIN, 1972) c'est ainsi que nous avons pu examiner des moûts et des vins issus de mesures cépages cultivés en Alsace, Anjou, Bordelais et Languedoc.

Ces régions ont en effet des profils climatiques différents pour une même année, et *a fortiori*, pour des années différentes. Pour un cépage donné sous des climats différents, les stades phénologiques (nouaison, véraison et maturité) auront lieu à des dates différentes et on est en droit d'en attendre des modifications des paramètres isotopiques. De la même façon, dans une même région et au cours d'une même année, les différents cépages examinés seront soumis à des conditions climatiques différentes.

Nous avons analysé les vins issus des cépages suivants : Cabernet-Sauvignon (CS), Carignan (CG), Chardonnay (CH), Chasselas (HS), Gewurtztraminer (GW), Grenache Noir (GN), Muscat d'Alexandrie (MA), Pinot Noir (PN), Riesling (RI), Sauvignon (SV), Syrah (SY), Ugni Blanc (UB), soit dans le même vignoble, pendant plusieurs années, soit au cours de la même année dans plusieurs vignobles :

- en Anjou (F49) : 1983, 1984, 1988,
- en 1991 : Alsace (F68), Languedoc (F34), Bordelais (F33).

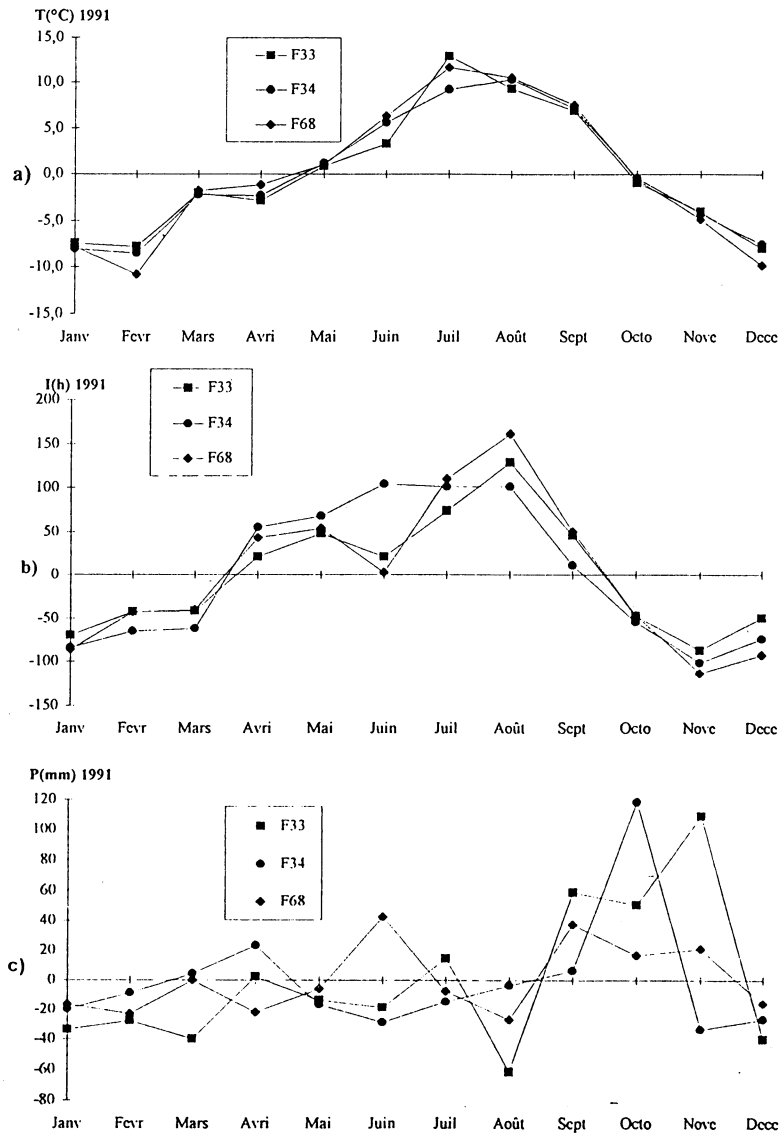


Fig. 1 — Profil météorologique mensuel, en données centrées par rapport à la moyenne de chacune des trois régions considérées en 1991 : Bordelais (F33), Languedoc (F34) et Alsace (F68) (valeurs extraites de la banque de données Météo-France)

a) moyenne des températures maxima et minima en °C : F33 : 13,6 - F34 : 14,8 - F68 : 10,2
b) insolation (h) : F33 : 176,2 - F34 : 219,0 - F68 : 139,1
c) précipitations (mm) : F33 : 74,1 - F34 : 44,7 - F68 : 36,9

TABLEAU I

Caractéristiques des moûts de l'essai d'Écologie Viticole en Anjou (1983, 1984 et 1988) : date des vendanges, concentration en sucres (g/l) et acidité totale en équivalent H_2SO_4 (g/l)

	Pinot noir (PN)	Riesling RI	Sauvignon blanc (SV)	Cabernet Sauvignon (CS)	Syrah (SY)	Grenache (GN)	Carignan (CG)	Ugni blanc (UB)
Vendange		04/10/88	04/10/88	13/10/88	04/10/88	13/10/88	13/10/88	13/10/88
Sucres		194	209	181	188	200	148	160
Acidité totale		6,90	5,95	6,25	6,75	6,40	8,65	9,20
Vendange	27/09/84	08/10/84	11/10/84	18/10/84	18/10/84	29/10/84	19/10/84	29/10/84
Sucres	184	151	165	158	157	133	123	112
Acidité totale	7,00	9,05	7,10	6,70	7,50	7,95	8,80	12,45
Vendange	03/10/83	—	03/10/93	13/10/83	10/10/83	03/11/83	03/11/83	13/10/83
Sucres	167	—	167	174	160	194	124	126
Acidité totale	16,00	—	8,60	5,85	7,15	6,60	9,25	10,30

Pour des raisons évidentes d'acclimatation délicate de certains cépages dans des régions inappropriées, il n'a pas été possible d'étudier toutes ces variétés dans les différents environnements spatio-temporels décrits. Nous avons cependant pu analyser au moins huit cépages dans les différentes situations rencontrées.

Ainsi, il est possible de comparer le comportement des paramètres isotopiques de vins issus de cépages cultivés sur la même parcelle et la même année, mais ayant ressenti des effets climatiques différents du fait de leur maturité plus ou moins précoce :

- cépages de 1° époque (précoces) : Pinot Noir, Chasselas, Gamay,
- cépages de 2° époque : Cabernet-Sauvignon, Sauvignon, Riesling, Syrah, Merlot,
- cépages de 3° époque (tardifs) : Grenache, Carignan, Ugni Blanc, Muscat d'Alexandrie.

Les profils climatiques annuels de l'Anjou pour les millésimes 1982 à 1990 ont été présentés par l'un de nous dans un article précédent (DAY et *al.*, 1995b) et il est intéressant maintenant de comparer les fluctuations mensuelles des paramètres météorologiques T(°C), P(mm) et I(h) pour les différentes régions considérées en 1991 (figure 1) et les fluctuations mensuelles de ces paramètres pour les trois millésimes de l'Anjou étudiés dans le cadre de l'essai d'écologie viticole (figure 2).

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Les raisins issus des cépages considérés ont été vinifiés dans des conditions standards et sans enrichissement. Les caractéristiques des moûts sont rassemblées dans le tableau I.

Les techniques analytiques utilisées ont été décrites dans un précédent travail (DAY et *al.*, 1995). Les rapports isotopiques R sont exprimés en ppm ou en δ‰ par rapport au V. SMOW pour ^2H et ^{18}O (BAERTCHI, 1953 ; HAGEMAN, 1970 ; GONFIANTINI, 1978) ou par rapport à la belemnite (PDB) pour ^{13}C (CRAIG, 1953) ; la correspondance entre les deux échelles est donnée par la relation (1)

$$\delta‰ = \left(\frac{R}{R_{smow}} - 1 \right) 1000 \qquad \text{(éq. 1)}$$

dans laquelle $^2H\ R_{(SMOW)} = 155{,}76$ ppm,
$^{13}C\ R_{(PDB)} = 11237{,}2$ ppm et
$^{18}O\ R_{(SMOW)} = 2005{,}2$ ppm

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les principales données météorologiques pour 1991 des trois différentes régions étudiées Alsace, Bordelais et Languedoc sont représentées sur les figures 1a à 1c. Il est intéressant de constater que les variations des températures avec le temps sont très comparables pour les trois régions entre les périodes de janvier à mai et de septembre à décembre, l'Alsace étant caractérisée par les températures les plus basses et le Languedoc par les températures les plus élevées. Cependant au cours des mois où la photosynthèse est la plus active, les températures et insolations relatives sont quasiment inverses, l'Alsace montrant un maximum de ces para-

mètres en juillet-août. Les précipitations dans les trois régions ont une allure beaucoup moins cohérente : les variations des hauteurs de pluie entre régions sont relativement faibles de janvier à août, mais de septembre à novembre on observe de très grandes différences par région, le sud (Languedoc et Bordelais) étant beaucoup plus humide que le nord de la France (Alsace). Le profil des heures d'insolation mensuelles est très semblable pour trois régions, le Languedoc se situant normalement très au-dessus des trois autres régions en valeur absolue.

I — LA RELATION DE CRAIG DANS LES EAUX DE PLUIE, DE MOÛTS ET DE VINS

Avant de discuter les variations des paramètres isotopiques de l'éthanol et de l'eau de vins issus des différents cépages, il est utile de préciser les relations d'interdépendance de certains rapports isotopiques entre eux et avec les paramètres climatiques. CRAIG a montré (1961) qu'il existait une relation étroite entre $\delta D‰$ et $\delta^{18}O‰$ d'eaux de précipitations recueillies dans un grand nombre de régions du monde.

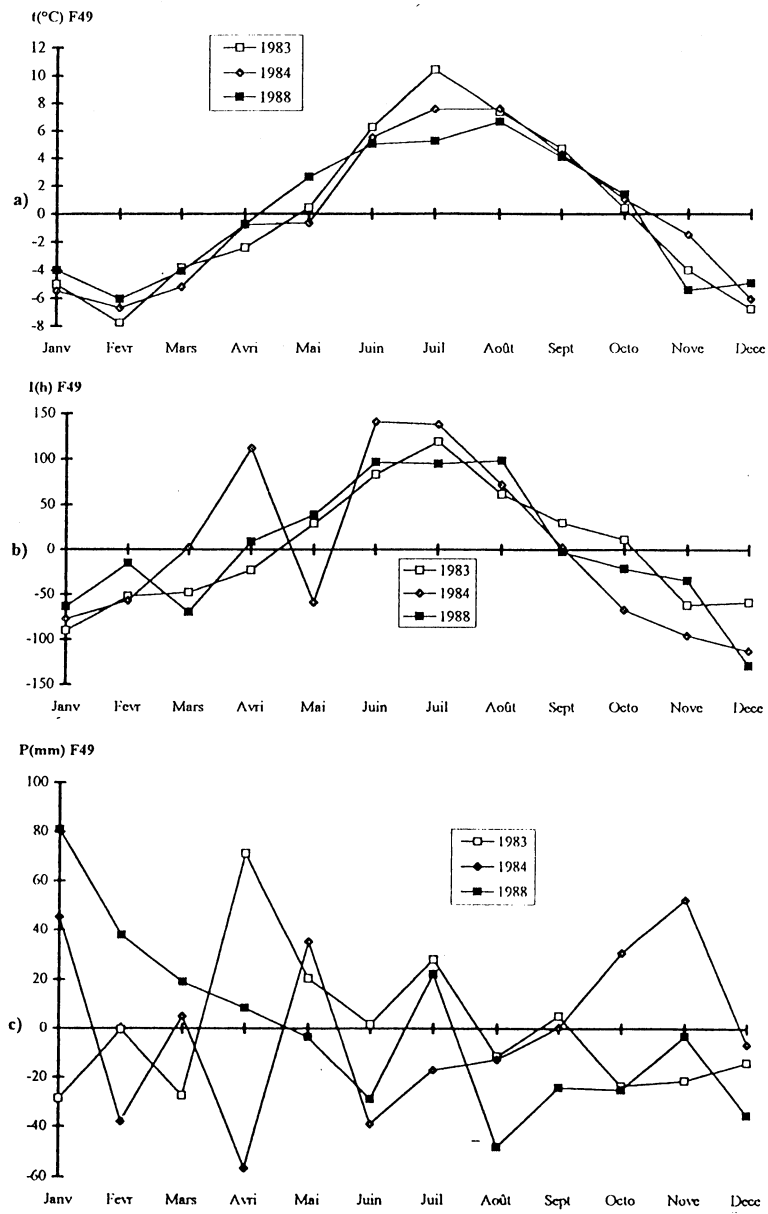


Fig. 2 — Profil météorologique mensuel, en données centrées par rapport à la moyenne de chacune des trois années considérées en Anjou : 1983, 1984 et 1988

a) Anjou (figure 2a)	1983 : 11,9	1984 : 11,5	1988 : 12,3
b) Anjou (figure 2 b)	1983 : 156,8	1984 : 169,3	1988 : 152,3
c) Anjour (figure 2 c)	1983 : 60,00	1984 : 60,7	1988 : 58,6

La relation calculée à partir des données de 74 stations affiliées à l'Agence Internationale de l'Energie Atomique à Vienne (YURTSERVER et GAT, 1981) est caractérisée par les valeurs suivantes :

$$\delta D‰ = 8,1(0,1)\ \delta^{18}O‰ + 9,2(0,5) \quad r = 0,995 \quad \text{(eq. 2)}$$

Nous avons représenté dans la figure 2 la même relation entre δD et $\delta^{18}O$ pour des eaux provenant de jus de raisins et de vins prélevées dans seize régions européennes pour lesquelles les températures normales annuelles varient entre 8,8°C (Sion) et 16,7°C (Gibraltar) et nous avons recalculé la relation de CRAIG

$$\delta D‰ = 8,2(\pm 0,24)\ \delta^{18}O‰ + 11,1(\pm 1,7) \quad r = 0,994 \quad \text{(eq. 3)}$$

Les valeurs des coefficients de cette relation de CRAIG restreinte sont les mêmes, à 95% de certitude, que la relation générale (eq. 2). Cependant, la linéarité rencontrée dans le cas des eaux de pluie ne se retrouve pas pour les eaux des moûts et des vins qui possèdent une allure de fonction puissance (figure 3). Ce comportement n'est pas inattendu, car si l'eau incorporée par les racines de la vigne est similaire à l'eau de pluie de la région considérée, les phénomènes de concentration isotopiques par évapotranspiration dans les feuilles et dans les baies suivent des lois non linéaires. La cohérence de ce comportement est vérifiée par le parallélisme entre les courbes représentant les eaux des vins et les eaux des moûts, car l'écart moyen en ^2H entre les deux courbes, 35‰ ou 6 ppm correspond effectivement au transfert de deutérium des sucres du moût dans l'eau du vin (MARTIN et *al.*, 1986)

$$\Delta(D/H) \propto 0,5\ t^Q$$

t^Q étant la teneur en sucres du moût exprimée en % v/v alcool potentiel.

L'interprétation climatique de la relation de CRAIG fait apparaître une augmentation des teneurs en isotopes lourds avec la température de la région de production, et dans une moindre mesure, avec son aridité. La dépendance de $\delta^{18}O$ (et de δD) avec T(°C) est vérifiée pour les eaux naturelles, de moûts et de vins des 16 régions considérées.

Le modèle linéaire $\delta^{18}O$ (ou δ^2H) = a + b, T est ainsi caractérisé par les paramètres suivants (n = 16 $r \geq 0,87$)

	$\delta^{18}O$		δ^2H	
	a	b	a	b
Eaux de pluie	- 12,9	0,54	- 93	4,2
Moûts	- 7,3	0,90	- 53	3,8
Vins	- 7,8	0,95	- 22	4,0

La comparaison des pentes des eaux de pluie et des eaux de moûts ou de vins démontre le rôle prépondérant de l'évapotranspiration des feuilles de vignes par rapport à l'influence climatique sur les eaux de précipitation. Une différence de température de 1°C entre deux régions entraîne une variation de 1 ‰ (4 ‰) des teneurs en ^{18}O (^2H) de l'eau du jus de raisin ou de l'eau du vin.

Comme on peut s'y attendre il est intéressant de noter que les paramètres isotopiques des eaux naturelles ou des eaux des vins de différentes régions varient dans le même sens que l'indice héliothermique (IH) de HUGLIN (1978). On observe en effet que IH augmente d'une vingtaine d'unités pour 1 ‰ d'augmentation de δD ‰ de l'eau des vins.

II — L'INFLUENCE DU CÉPAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT SUR LA DISTRIBUTION ISOTOPIQUE DANS LES VINS

L'étroite dépendance du climat d'une région viticole et de la teneur isotopique des vins correspondants permet de mieux appréhender l'influence du cépage sur les paramètres isotopiques. Par suite de leur cycle végétatif différent dans le temps, les différents cépages d'une même région ne rencontrent pas les mêmes climats au cours d'une année donnée. Pour des raisons évidentes, un même cépage cultivé dans deux régions différentes conduira à deux vins qui différeront significativement par leurs paramètres isotopiques. Nous avons indiqué dans le tableau II les valeurs, en données centrées par rapport à la moyenne des paramètres isotopiques des différents vins de cépages du millésime 1991 produits en Alsace, Bordelais et Languedoc, et les valeurs centrées par rapport à la moyenne des paramètres isotopiques des vins d'Anjou produits en 1983, 1984 et 1988. Le comportement des cépages d'un même millésime est visualisé sur les figures 3 et 4 qui représentent respectivement l'influence de la région de production sur les paramètres isotopiques liés à l'eau $(D/H)_{WQ}$, $(D/H)_{II}$, et $\delta^{18}O_{WQ}$ et sur ceux qui dépendent des sucres du raisin $(D/H)_I$, $\delta^{13}C$. L'analyse de la variance réalisée sur les différents cépages montre que la région de production engendre des différences très significatives (99,9%) pour tous les paramètres isotopiques considérés. Par contre le millésime influence essentiellement la distribution du deutérium dans l'eau des vins (Vins d'Anjou de 1983, 1984 et 1988). L'examen des figures 4a, 4b et 4c révèle un comportement analogue des cépages dans les différentes régions considérées, mais avec un écart systématique entre les régions. Le parallélisme des courbes 3a, 3b et 3c confirme qu'il existe de bonnes corrélations entre δD_{WQ} et $\delta^{18}O_{WQ}$ et entre δD_{WQ} et $(D/H)_{II}$ (MARTIN et *al.*, 1988).

TABLEAU II

Moyennes centrées par rapport à la moyenne de la région d'Anjou (F49) des 23 vins de cépages appartenant aux trois millésimes considérés et moyennes centrées par rapport à la moyenne du millésime 1991 des 26 vins de cépages appartenant aux trois régions considérées

Environnements Spatio-temporels			$(D/H)_I$ ppm	$D/H)_{II}$ ppm	$(D/H)_{wq}$ ppm	$\delta^{18}O_{wq}$ (‰)	$\delta^{13}C$ (‰)
F49	1983		1,8	1,8	1,0	1,3	0,1
F49	1984		0,2	- 0,1	- 1,4	- 0,9	- 0,2
F49	1988		- 1,5	- 1,2	0,9	0,1	0,1
F49	toutes années	Moyenne	102,7	129,2	159,2	0,9	- 28,3
		Écart-type	1,5	1,6	1,6	1,1	0,6
F33	1991		0,1	0,5	0,3	- 0,1	- 1,1
F94	1991		1,1	3,0	3,7	3,5	1,0
F68	1991		- 1,1	-3,1	- 3,6	- 3,0	0,3
Toutes régions	1991	Moyenne	100,6	127,2	160,5	0,7	- 28,2
		Écart type	1,3	2,8	3,1	2,7	1,3

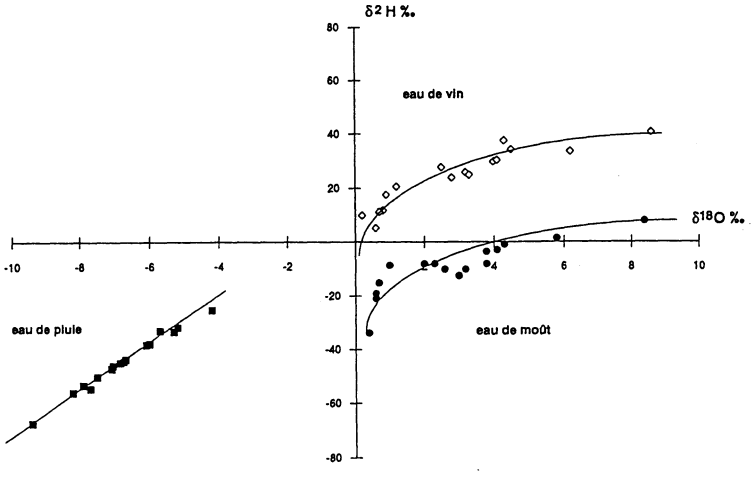


Fig. 3 — Relations entre δ^2H(‰) et $\delta^{18}O$(‰) des eaux de pluies (relation de CRAIG), des eaux de moûts et des eaux de vins de 16 régions viticoles européennes

La figure 5 montre les variations pour les différents cépages de $(D/H)_I$ et $\delta^{13}C$, liés aux sucres, en fonction de la région de production. Les profils sont moins réguliers et les différences entre les régions moins accentuées que pour les paramètres liés à l'eau des raisins et des vins.

Il est intéressant de regrouper les différents cépages étudiés dans une même région selon leur précocité relative. On aura par exemple trois groupes constitués du Pinot Noir et Chasselas (1ère époque), du Cabernet-Sauvignon, Cabernet Franc, Sauvignon et Syrah (2° époque) et du Grenache Noir, Carignan, Ugni Blanc et Muscat d'Alexandrie (3° époque). Les trois régions considérées ont subi en 1991 des conditions météorologiques très différentes, qui se répercutent nettement sur les paramètres isotopiques des eaux des vins. Les moyennes générales et les écarts-type des trois régions en 1991 étant respectivement égales à :

$(D/H)_I$ = 100,6 (0,9) ppm $(D/H)_{II}$ = 127,3 (1,1) ppm
$\delta^{13}C$ = -28,2 (0,8) ‰
$(D/H)_{WQ}$ = 160,5 (0,7) ppm et $\delta^{18}O$ = 0,7 (0,7) ‰

on observe les variations régionales suivantes pour les eaux des vins :

	Alsace	Bordelais	Languedoc
$\Delta(D/H)_{WQ}$ (ppm)	- 3,7	+ 0,2	+ 3,5
$\Delta(\delta^{18}O)_{WQ}$ (‰)	- 3,1	- 0,2	+ 3,3

Les différents cépages ont de ce point de vue un comportement similaire. Par contre, il apparait une différence significative sur le paramètre $(D/H)_I$ qui est relié à la nature des sucres (MARTIN et *al.*, 1986) et exprime d'une certaine manière les variations de fractionnement isotopique au cours de la photosynthèse. Ces variations de fractionnement isotopique photosynthétique sont en relation avec la nature du métabolisme (C_3) et de la physiologie de la plante.

Les différences des cépages d'une même époque par rapport à la moyenne des cépages d'une même région ont, par exemple, les valeurs suivantes pour le rapport $(D/H)_I$:

Cépage	Alsace	Bordelais	Languedoc
1° époque	0,2	0,4	1,2
2° époque	0,8	-0,3	-1,2
3° époque	-1,0	-0,1	0,0

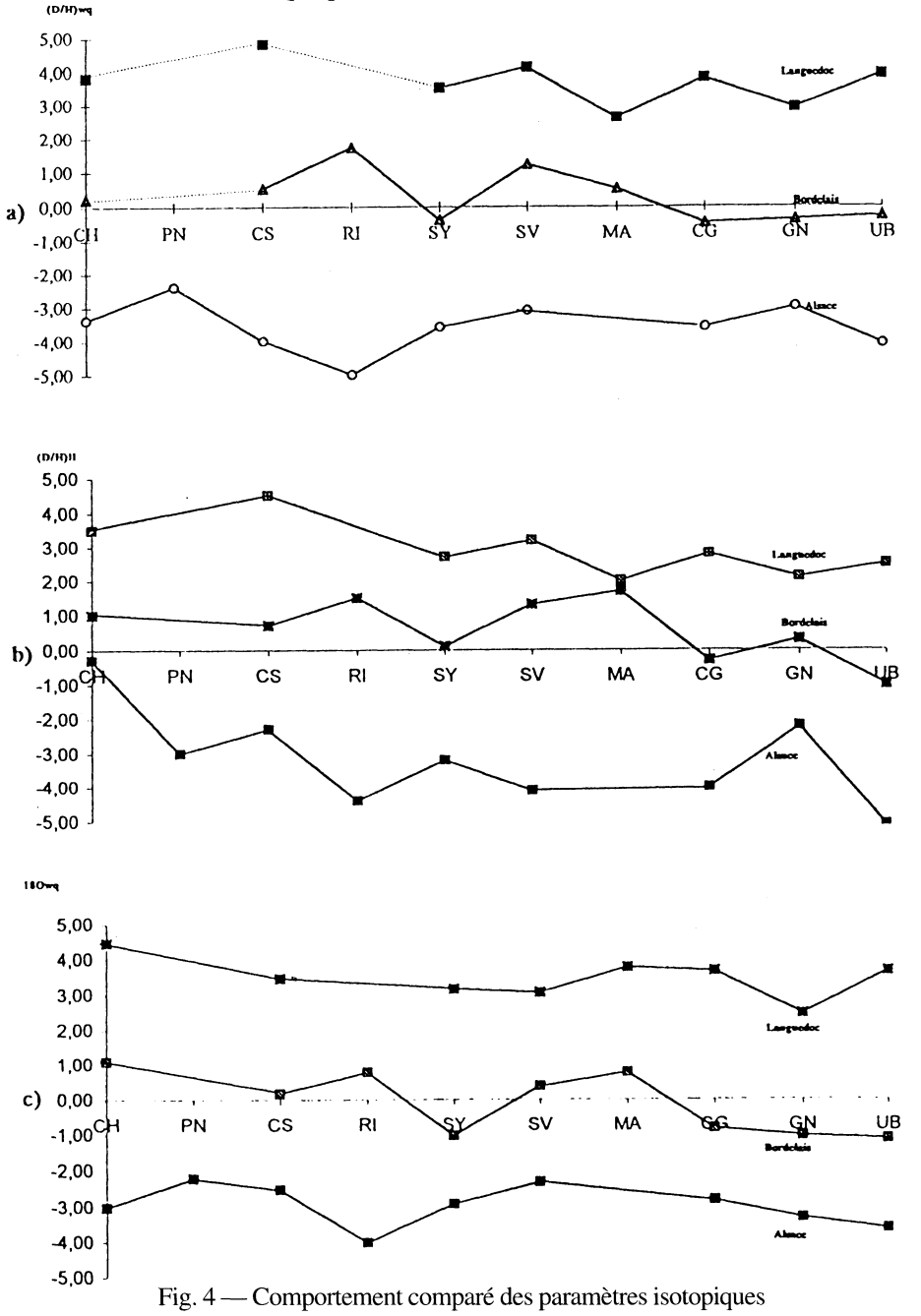


Fig. 4 — Comportement comparé des paramètres isotopiques
reliés à la nature des eaux-de-vies de vins de cépages cultivés en Languedoc, Bordelais et Alsace en 1991

a) $(D/H)_{wq}$ eau b) $(D/H)_{II}$ éthanol c) $\delta^{18}O_{wq}$ eau

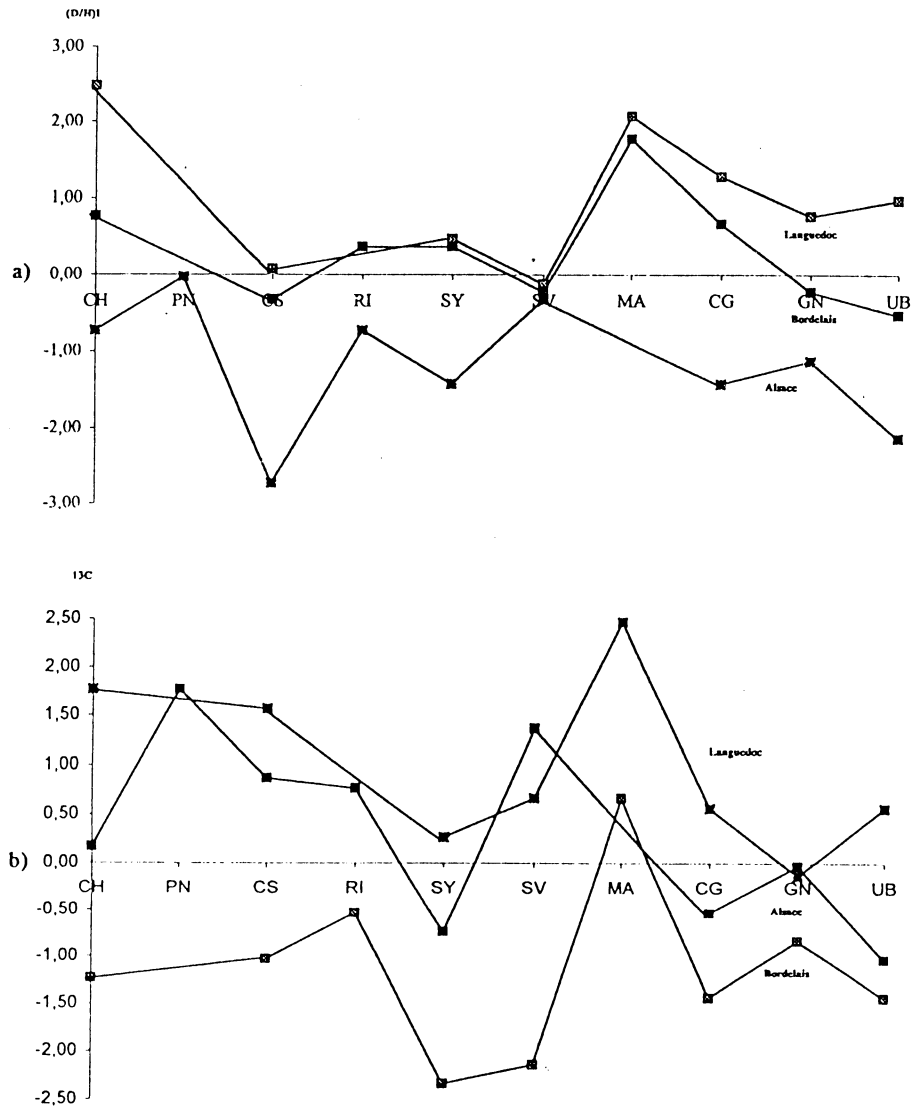


Fig. 5 — Comportement comparé des paramètres isotopiques gouvernés par la nature des sucres du raisin, de vins de cépages cultivés en Languedoc, Bordelais et Alsace en 1991

a) $(D/H)_I$ éthanol b) $\delta^{13}C$ éthanol

On constate bien un enrichissement en isotopes lourds dans l'éthanol des vins issus de cépages précoces et cette observation confirme les résultats obtenus sur les sucres d'un même cépage et d'un même vignoble, prélevés à différents stades de maturité (MARTIN et *al.*, 1989). Pour une même région et une même espèce de plante, les sucres élaborés précocément à l'époque où l'insolation est maximum, sont enrichis en ^2H par rapport à ceux qui sont obtenus plus tardivement.

Le cas des variations $\delta^{13}C$ est aussi intéressant à discuter. Comme cela a été discuté par ailleurs (DAY et *al.*, 1995) la photosynthèse de la vigne, comme celles de toutes les plantes de métabolisme C_3, est sensible à l'alimentation en eau. C'est ainsi qu'en périodes sèches et chaudes, la teneur en ^{13}C a tendance à augmenter et elle diminue fortement sous des régimes humides.

D'une façon générale, les cépages précoces sont plus exposés à subir des périodes de chaleur et de sécheresse dans les régions tempérées de l'hémisphère nord que les cépages tardifs. Ceci doit être évidemment modulé selon les années et les régions, mais un tel comportement peut être vérifié dans cette étude. En 1991, le Languedoc a eu un régime de précipitations moyen entre juillet et septembre, une forte augmentation en octobre et une pointe thermique en juillet-août : on observe effectivement une différence de 0,9 ‰ entre la teneur ^{13}C des vins des cépages tardifs et ceux de cépages précoces. Dans le Bordelais, l'année 1991 était nettement plus humide que les deux autres régions avec une pointe des pécipitations entre septembre et octobre et on constate une différence de 1,4 et 2,1 ‰ entre les vins de Bordelais et ceux du Languedoc et de l'Alsace. L'Alsace a eu une pluviosité relativement constante de juillet à octobre et tous les vins de cette région ont des valeurs $\delta^{13}C$ voisines (± 0,1 ‰).

Les différentes variétés d'une même espèce botanique ont le même métabolisme photosynthétique mais ont souvent des morphologies et des physiologies très particulières. Dans le cas de *Vitis vinifera,* le millier de cépages qui produisent effectivement des vins de consommation ont des structures folliaires et des adaptations climatiques bien spécifiques (GALET 1985). Il n'est donc pas surprenant que la composition isotopique de l'eau des feuilles et des sucres qui résultent de la photosynthèse reflète l'environnement spatio-temporel des cépages. Cependant, les fluctuations de composition isotopique des vins de différents cépages cultivés dans uns même région sont de second ordre par rapport aux fluctuations observées pour un même cépage cultivé dans différentes régions et au cours de différentes années. Ainsi, les écarts-type des paramètres isotopiques dépendant du climat $(D/H)_{WQ}$ et $(D/H)_{II}$, $\delta^{18}O_{WQ}$ et dans une moindre mesure $\delta^{13}C$ sont deux fois plus importants pour les trois régions d'un même millésime que pour les différents millésimes d'une même région (tableau I). Sur le plan analytique, le cépage n'introduit que des effets isotopiques mineurs qui ne sont pas de nature à modifier très significativement la détermination de l'origine d'un vin ou l'examen de son degré d'enrichissement. Ainsi, on peut considérer que les cépages précoces et tardifs d'Alsace et du Languedoc sont significativement différents (écart de plus de 0,8 ‰ pour $\delta^{18}O_{WQ}$ et $\delta^{13}C$. Par contre le climat océanique du Bordelais n'introduit pas de grandes différences entre les valeurs isotopiques des cépages. C'est pourquoi, l'étude du fractionnement isotopique naturel dans les vins issus de l'essai d'écologie viticole est essentiellement du domaine de la physiologie végétale. Une caractérisation plus fine du cépage par les méthodes isotopiques pourrait être attendue de l'analyse des composés volatils et une étude exploratoire est en cours.

Remerciements : Nous remercions M. R. WAGNER (INRA, Montpellier) et M. R. POUGET (INRA Bordeaux) pour nous avoir procuré les vins issus des cépages de l'essai d'Ecologie Viticole.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BAERTSCHI P., 1953. Die Fraktionierung der natürlichen Kohlenstoffisotopen im Kohlendioxydstoffwechsel grüner Pflanzen. *Hel. Chim. Acta*, **36**, 773-781.

CRAIG H., 1953. The geochemistry of the stable carbon isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **3**, 53-92.

CRAIG H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, **133**, 1702.

DAY M.P., ZHANG B.L. and MARTIN G.J., 1994. The use of trace element data to complement stable isotope methods in the characterization of grape musts. *Am. J. Enol. Vitic.*, **45**, n°1, 79-85.

DAY M.P., ZHANG B.L. and MARTIN G.J., 1995a. Determination of the geographical origin of wine using joint analysis of elemental and isotopic composition II. Differentiation of the principal production zones in France for the 1990 vintage. *J. Sci. Food Agricult.*, **67**, 113-123.

DAY M.P., ZHANG B.L., MARTIN G.J., ASSELIN C. et MORALT R., 1995b. Essai de caractérisation du millésime et de la zone de production des vins à l'aide de traceurs métalliques et isotopiques. *J. Intern. Sci. Vigne Vin*, **29**, n°2, 75-87.

GALET P., 1985. *Précis d'ampélographie pratique* (et références citées) 5° édition Ed. C. Dehan, Montpellier.

GONFIANTINI R., 1978. Standards for stable isotope measurements in natural compounds. *Nature* (GB), **271,** 534-536.

HAGEMAN R., NIEFF G. and ROTH E., 1970. Absolute isotopic scale for *deuterium* analysis of natural waters. Absolute (D/H) ratio for SMOW. *Tellus*, **6**, 712-715.

HUGLIN P., 1972. Caractéristiques écologiques des cépages et des vignobles. *Bull. O.I.V.,* 7-25.

HUGLIN P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *C.R. Acad. Agric.* 1117-1126.

MARTIN G.J., GUILLOU C., MARTIN M.L., CABANIS M.T., TEP Y. and AERNY J., 1988. Natural factors of isotope fractionation and the characterization of wines. *J. Agricult. Food Chem.*, **36**, 316-322.

MARTIN G.J., ODIOT D., GODINEAU V., NAULET N., MORLAT R., ASSELIN C. and ROBICHET J., 1989. Natural isotope tracers and water filiation in the vine ecosystem. *Applied Geochemistry*, **4**, 1-11.

MARTIN G.J., ZHANG B.L., NAULET N. and MARTIN M.L., 1986. *Deuterium* transfer in the bioconversion of glucose to ethanol studied by specific isotope labelling at the natural abundance level. *J. Amer. Chem. Soc.*, **108**, 5116-5122.

MORLAT R., 1978. Contribution à l'étude des séquences géopédologiques sédimentaires du vignoble saumurois essai sur une méthodologie pour la caractérisation d'un milieu viticole de cru. *Connaissance Vigne Vin*, **12**, n°4, 219-243.

MORLAT R., ASSELIN C., PAGER P., LÉON H., ROBICHET J., REMANE M., SALETTE J. et CAILLE M., 1983. Caractérisation intégrée de quelques terrains du Val de Loire. *Connaissance Vigne Vin,* **17**, 219-246.

YURTSEVER Y. and GAT J.R., 1981. Atmospheric waters in stable isotope hydrology. *Technical Reports series n° 210* Ed. Gat J.R. Gonfiantini R. IAEA Vienna.

Manuscrit reçu le 15 novembre 1995 ;
accepté pour publication le 31 mars 1995.