Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 1991, **25**, N°1, 37-49

ANALYSE DE FOURIER DE LA FORME DE LA FEUILLE DE VIGNE. PREMIERE APPLICATION AMPELOMÉTRIQUE SUR UN ECHANTILLON DE 34 CÉPAGES IMPLANTÉS EN SARDAIGNE

G. DIAZ*, M. SETZU*, A. DIANA*, C. LOI**,
B. DE MARTIS**, M. PALA*** et M. BOSELLI****

* Dipartimento di Citomorfologia, Università di Cagliari (Italie)
** Istituto di Botanica, Università di Cagliari (Italie)
*** Centro Regionale Agrario Sperimentale, Regione Sardegna, Cagliari (Italie)
**** Cattedra di Viticoltura, Università Cattolica S.C., Piacenza (Italie)

Résumé : *L'analyse elliptique de Fourier a été appliquée à 142 feuilles de 34 cépages de Vitis Vinifera L., pour la plupart endémiques de la Sardaigne. Le principal avantage de l'analyse de Fourier consiste dans le fait qu'elle ne tient pas compte des composants structurels individuels de l'objet, mais en considère la forme globale et homogène.*

Pour une évaluation comparative de la méthode, le même échantillon de feuilles a été soumis à des mesures ampélométriques traditionnelles, et toutes les données ont été analysées en parallèle avec des techniques statistiques multivariates. Les résultats de l'analyse en composantes principales et de l'analyse discriminante montrent des différences sensibles entre les méthodes confrontées.

Toutefois, la classification des cépages obtenue avec les paramètres de Fourier ne semble pas être supérieure à celle tirée des paramètres ampélométriques comprenant les angles compris entre les nervures principales de la feuille.

INTRODUCTION

La morphologie de la feuille de vigne contient des éléments fortement corrélés avec l'empreinte phylogénétique variétale. L'estimation quantitative des caractères anatomiques (longueur et angle des nervures, distance des sinus latéraux au point pétiolaire, angle du sinus pétiolaire, nombre de dents du limbe foliaire, largeur et longueur du pétiole, surface totale de la feuille, etc...) donne donc d'importants renseignements d'intérêts ampélométrique (GOETHE, 1978; RAVAZ, 1902; RODRIGUES, 1942; RODRIGUES, 1952; GALET, 1985). Les données phyllométriques ne sont pas souvent directement utilisées, mais elles sont standardisées sous forme d'index, représentant la forme et donc l'expression des facteurs génétiques, mieux que la dimension absolue qui est plus influencée par les facteurs du milieu. De toute façon,

toutes les données exigent un traitement statistique, complexe en analyse multivariate, dans les divers buts descriptifs, classificatoires et discriminatoires.

Le but de cette étude est l'introduction et le contrôle d'une nouvelle approche ampélométrique qui ne tient pas compte des composants structurels de la feuille, mais on considère la forme comme une unique représentation numérique homogène. La méthode, qui repose sur l'analyse elliptique de Fourier (AEF), par contours fermés, a été déjà appliquée à la forme de la feuille du genre *Betula* (WHITE et *al.*, 1988) et elle est désormais consolidée par diverses études dans différents domaines de recherche (KUHL et GIARDINA, 1982; ROHLF et ARCHIE, 1984; LIN et HWANG, 1984). Dans notre laboratoire, la méthode a été récemment développée pour l'identification des formes cellulaires (DIAZ et *al*, 1989; DIAZ et *al*, 1990). Les résultats de l'AEF ont été confrontés avec d'autres résultats obtenus par des mesures traditionnelles en utilisant le même échantillon de feuilles et les mêmes techniques multivariates (ALLEWELDT et DETTWEILER, 1986).

MÉTHODES

L'échantillon comprenait 34 cépages de *Vitis Vinifera L,* dont certains nationaux, mais pour la plupart endémiques régionaux, qui faisaient partie d'un champs-collection du Centre Régional Agricole Expérimental. Il s'agit des cépages suivants : Alicante, Alicante di Mara, Argu Mannu, Axina de Francia, Axina de Tres Bias, Barbera, Bianca, Bovali, Bovali Mannu, Caddiu, Cannonau, Carenisca, Carignano, Gregu, Grillu, Licronaxiu, Malaga, Malvasia, Malvasia di Candia, Medrulinu, Mizu, Monica, Monica Bianca, Muristellu, Nasco, Nera, Nieddera, Pascal di Cagliari, Semidano, Tintillu, Trebbiano, Trebbiano romagnolo, Trebbiano toscano, Vertudi.

Les feuilles, au nombre de 6 par cépage, ont été prélevées, à la véraison, en face de la grappe. Les feuilles endommagées (environ 30 %) et les feuilles présentant des morphologies extrêmement atypiques (moins de 3 %) ont été exclues de l'échantillon recueilli dans le vignoble. L'échantillon de 204 feuilles (6 feuilles par 34 cépages) a été réduit à 142 feuilles, avec une moyenne de 4 feuilles par cépage.

I — MESURES TRADITIONNELLES

Pour chaque feuille, on a procédé au relevé des coordonnées de 47 points caractéristiques. A partir de ces coordonnées, on a calculé les mesures suivantes (figure 1) :

a : longueur des 5 nervures principales (L_1, L_{2D}, L_{2S}, L_{3D}, L_{3S}) ;

b : longueur des 6 nervures secondaires L_{4D}, L_{4S}, L_{5D}, L_{5S}, L_{6D}, L_{6S}) ;

c : distance entre le point pétiolaire et le fond des 4 sinus latéraux supérieurs et inférieurs (OS_D, OS_S, OI_D, OI_S) ;

d : distance entre les extrémités des 5 nervures principales (D_{1D}, D_{1S}, D_{2D}, D_{2S});

e : ouverture des 4 angles compris entre les nervures principales (α_D, α_S, β_D, β_S)

Les mesures ont été ensuite introduites dans l'analyse multivariate, combinées en trois sélections différentes de 15 variables chacune (abc, abd, abe).

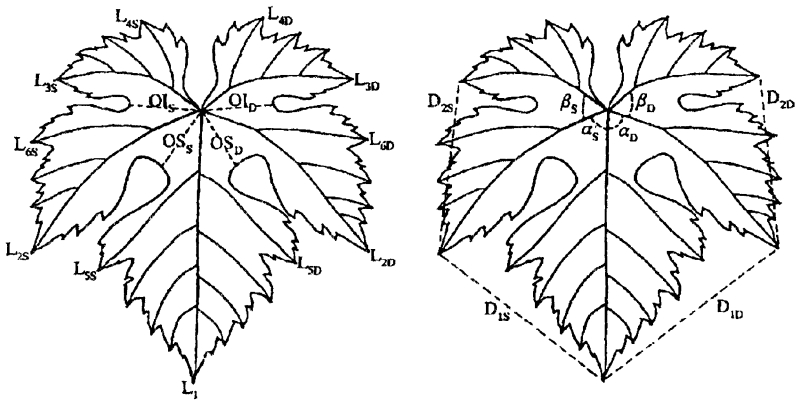


Fig. 1. — Schéma de la feuille de vigne.

D = Droit
G = Gauche
L_1 = nervure médiane
L_{2D}, L_{2S}, L_{3D}, L_{3S} = nervures principales
L_4 = nervure pétiolaire
L_{5D}, L_{5S}, L_{6D}, L_{6S} = nervures secondaires
D_{1D} = distance entre les extrémités des nervures L_1-L_{2D}
D_{1S} = distance entre les extrémités des nervures L_1-L_{2S}
D_{2D} = distance entre les extrémités des nervures L_{2D}-L_{3D}
D_{2S} = distance entre les extrémités des nervures L_{2S}-L_{3S}
α_D = angles compris entre les nervures L_1 et L_{2D}
α_S = angles compris entre les nervures L_1 et L_{2S}
β_D = angles compris entre les nervures L_{2D} et L_{3D}
β_S = angles compris entre les nervures L_{2S} et L_{3S}
OS_D, OS_S, OI_D, OI_S = distances des points pétiolaires au fond des sinus supérieur (OS) et inférieur (OI)

II — ANALYSE ELLIPTIQUE DE FOURIER (AEF)

De nombreux phénomènes physiques comme, par exemple, le son d'une note de musique, peuvent être décrits en termes de composantes harmoniques. D'une manière analogue, une courbe empirique peut être représentée comme la superposition de simples ondes sinusoïdales de période (longueur) décroissante ou de fréquence (nombre harmonique) croissante, et d'amplitude (hauteur) variable. Le polynôme des fonctions trigonométriques élémentaires de sinus et cosinus qui, ensemble, contribuent à définir la courbe est appelé série de Fourier. La courbe peut aussi être fermée. Dans un tel cas, il est possible d'utiliser une série de Fourier pour décrire une forme bidimensionnelle quelconque. Diverses méthodes de Fourier ont été développées et appliquées à l'analyse de formes biologiques (ROHLF et ARCHIE, 1984; DIAZ et *al*, 1989). La meilleure méthode, en se basant sur divers critères de comparaison, consiste en l'analyse elliptique de Fourier (AEF), décrite par KUHL et GIARDINA, 1982. Dans cette méthode, la première harmonique définit l'ellipse qui s'adapte le mieux au profil à examiner. Chaque harmonique suivant ajoute

une nouvelle ellipse qui tourne sur la première avec une périodicité égale à son nombre harmonique, produisant un contour non plus régulièrement harmonique mais qui, dans notre cas, tend à reproduire la forme originelle avec un niveau de précision qui dépend du nombre d'harmoniques utilisées.

Pour l'AEF, on a employé un programme développé et consolidé au moyen de nombreuses applications précédentes en cytologie. Mis à part notre programme, il existe des programmes commercialisés qui exécutent l'AEF (par exemple NTSYS-pc, Applied Biostatistics, Inc., USA).

Les contours des feuilles ont été tracés par un appareil digitaliseur (Numonics 2210, Numonics Co., USA) connecté à un ordinateur PC, en suivant soigneusement les détails (figure 2). Le nombre des coordonnées, variable de feuille à feuille, a été standardisé par interpolation jusqu'à ce que 2.000 points équidistants pour chaque feuille aient été obtenus. puis les données ont été analysées par AEF pour l'extraction des coefficients des premières 200 harmoniques. Pour chacune des 200 harmoniques, on a calculé la contribution relative de la forme (DIAZ et *al.*, 1990). Il a été donc possible d'associer à chaque feuille un vecteur de 200 valeurs correspondant aux contributions des 200 harmoniques.

Considérant toutefois :
- qu'à des fins statistiques le nombre de 200 variables est sans doute excessif ;
- que pour la comparaison avec les méthodes classiques, il est bon d'utiliser le même nombre de variables ;
- que l'augmentation de définition du contour n'est pas linéairement corrélé avec la fréquence mais avec la période ;
la contribution des 200 valeurs a été redistribuée en 15 intervalles espacés logarithmiquement et comprenant (après les nécessaires approximations à l'entier) les harmoniques : 1, 2, 3, 4, 5-6, 7-8, 9-12, 13-17, 18-24, 25-34, 35-49, 50-69, 70-99, 70-99, 100-140, 141-200. Ces 15 intervalles représentent les 15 variables définitives destinées à l'analyse multivariate décrite au paragraphe suivant.

III — ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les données ont été au préalable soumises à l'analyse de la variance à un critère de classification. Le nombre de degrés de liberté *entre* et *dans* les groupes (respectivement 33 et 108) étant constant, le rapport entre les variances respectives obtenues pour chaque variable a été pris comme index comparatif du pouvoir discriminant de la variable.

Les 4 matrices de données (142 feuilles par 15 variables pour chacune des 4 sélections de variables) ont été soumises à l'analyse en composantes principales et à l'analyse discriminante (FIORINA et *al*, 1986). Pour l'analyse en composantes principales, les variables ont été au préalable standardisées pour éviter l'incohérence de divers types de mesure (par exemple, longueurs et angles) et des variations différentes de divers paramètres (par exemple, longueur des nervures primaires et secondaires).

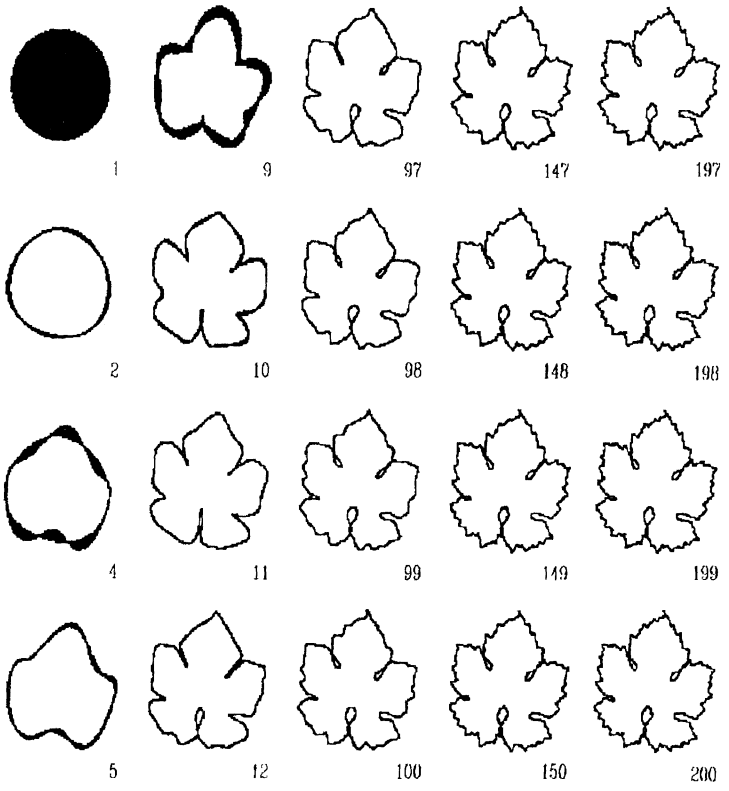


Fig. 2. — Synthèse de la forme d'une feuille de vigne parmi 200 harmoniques extraites par l'AEF. Il faut considérer le fait que la résolution de l'image originaire représente une limite pour le nombre d'harmoniques significatives (théoriquement la série de Fourier est infinie). D'autre part, la limite de la résolution graphique ne permet pas d'apprécier la contribution des harmoniques plus grandes, même si elles sont numériquement significatives.

Pour les applications statistiques, on a employé le "package Statgraphics" (Statistical Graphics Co., USA). A cause de la dimension considérable de la matrice, des observations (142 par 15, sujets par variables) et de la matrice de classification (15 par 35, variables par coefficients + constante), il a fallu élaborer la classification des feuilles séparément par un programme *ad hoc*. Tous nos programmes ont été rédigés en langage C (TurboC 2.0, Borland Int., Inc., USA) avec les valeurs en virgule-mobile en double précision. Les programmes ont été utilisés sur micro-ordinateurs PC 8088 et 80386 assistés par un coprocesseur mathématique.

TABLEAU I

Valeurs du test $F_{33, 108}$ obtenues par analyse de la variance à un critère de classification pour diverses variables (la description anatomique est donnée figure 1)

SYMBOLE	VARIABLES	TEST
a	**Longueur des nervures principales :**	
	latérale inférieure gauche (L_{3S})	3,84
	latérale supérieure gauche (L_{2S})	4,72
	médiane (L_1)	3,80
	latérale supérieure droite (L_{2D})	4,53
	latérale inférieure droite (L_{3D})	5,01
b	**longueur des nervures secondaires :**	
	pétiolaire gauche (L_{4S})	4,13
	émise de L_{2S} (L_{6S})	4,64
	gauche, émise de L_1 (L_{5S})	3,19
	droite, émise de L_1 (L_{5D})	4,81
	émise de L_{2D} (L_{6D})	4,80
	pétiolaire droite (L_{4D})	4,94
c	**distance entre les points pétiolaires et les fonds des sinus :**	
	latérale inférieure gauche (OI_S)	10,01
	latérale supérieure gauche (OS_S)	10,17
	latérale supérieure droite (OS_D)	5,84
	latérale inférieure droite (OI_D)	12,84
d	**distance entre les apex des nervures principales :**	
	latérales gauches (D_{S2})	2,78
	latérale supérieure gauche et médiane (D_{1S})	2,42
	médiane et latérale supérieure droite (D_{1D})	1,88
	latérales droites (D_{2D})	3,49
e	**angles compris entre les nervures principales :**	
	latérale inférieure et supérieure gauches (β_S)	2,63
	latérale supérieure gauche et médiane (α_S)	4,88
	médiane et latérale supérieure droites (α_D)	6,72
	latérale supérieure et inférieure droites (β_D)	1,84
AEF	**harmoniques :**	
	1	7,05
	2	2,90
	3	2,25
	4	2,60
	5-6	6,64
	7-8	5,91
	9-12	8,22
	13-17	6,13
	18,24	4,93
	25-34	8,28
	35-49	7,34
	50,69	7,65
	70-99	4,53
	100-140	3,84
	141-200	5,55

RÉSULTATS

Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification sont indiqués dans le Tableau I. En général, toutes les valeurs de F ont été statistiquement significatives ($P<0.005$). Cependant les valeurs les plus élevées de F concernaient les distances entre le point pétiolaire et le fond des sinus latéraux (dans 3 cas $F>10$). Celles-ci ont été suivies par les valeurs de F calculées par intervalles harmoniques (dans 5 cas $F>7$). Dans l'ensemble, toutefois, dans les sélections de variables classiques, ou dans celles obtenues par l'AEF, on a observé des valeurs élevées alternant avec des valeurs plus modestes de F.

Les résultats de l'analyse en composantes principales sont indiqués dans le Tableau II.

TABLEAU II

Pourcentage de la variance expliqué par les composantes principales (CP) des 4 sélections de variables.

CP	abc	abd	abe	AEF
1	65,56	54,35	47,08	49,05
2	11,40	11,89	14,66	15,74
3	5,71	7,50	11,14	8,81
4	3,92	6,29	6,30	6,02
5	3,11	4,83	4,70	3,91
6	2,29	3,54	4,16	3,44
7	1,93	2,82	3,15	3,08
8	1,36	2,12	2,11	2,29
9	1,03	1,74	1,89	1,75
10	0,95	1,55	1,65	1,37
11	0,76	1,14	1,02	1,20
12	0,64	0,71	0,70	1,08
13	0,58	0,66	0,61	1,00
14	0,46	0,51	0,52	0,91
15	0,31	0,33	0,31	0,35

Il a été possible d'observer une différence remarquable entre les 4 sélections de variables au niveau de la première composante. Une telle variation tend à être compensée par les composantes successives, mais sans doute elle dénote une différence considérable dans la structure des données.

La figure 3 montre la morphologie des feuilles disposées en marge, et au centre du plan formé par les deux premières composantes principales pour l'AEF.

Les résultats de l'analyse discriminante sont indiqués dans le Tableau III. Un certain contraste a été relevé entre les autovaleurs et le coefficient de la corrélation canonique des premières fonctions discriminantes. Comme dans l'analyse en composantes principales, les autovaleurs des sélections abc et abd ont été plus élevés que ceux des sélections abe et AEF. Toutefois, à juger le degré de signification des fonctions dérivées, les données de l'AEF et, à un moindre degré, celles de la sélection abe, reflétaient un pouvoir discriminant supérieur. Les résultats de la classification des feuilles obtenus sur la base des fonctions discriminantes pour les 4 sélections sont indiqués dans le Tableau IV.

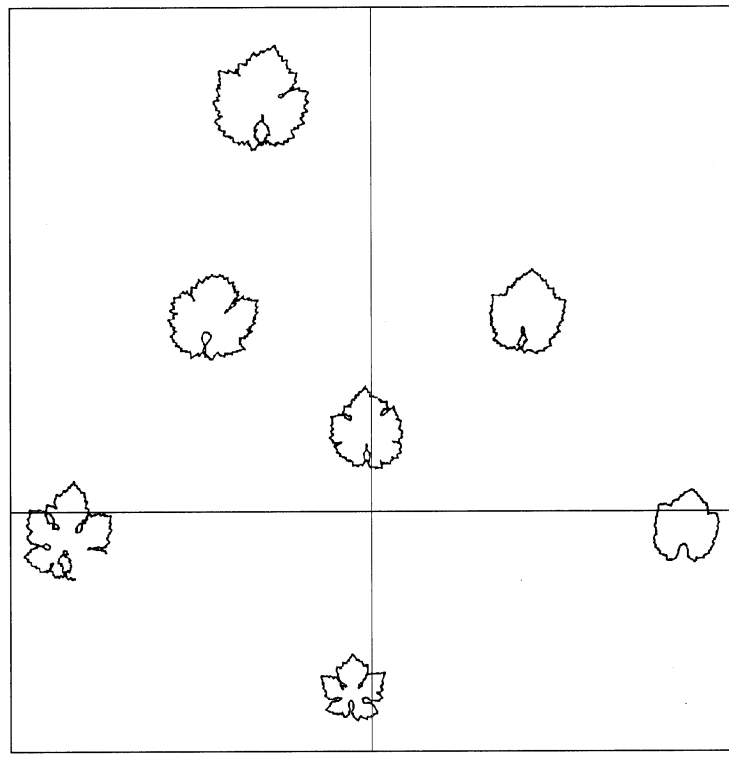


Fig. 3. — Position et forme des feuilles en marge et au centre de l'échantillon projeté sur le plan des deux premières composantes principales calculées par l'AEF.

On peut observer un certain rangement des feuilles selon la profondeur des sinus latéraux et selon la dimension.

TABLEAU III
Analyse discriminante pour les 4 sélections de variables

	abc			abd			abe			AEF			
FD	A	%	c	A	%	C	A	%	C	A	%	C	
1	6,85	41,00	0,93	5,91	37,06	0,92	6,17	35,06	0,93	5,59	31,18	0,93	
2	2,17	12,97	0,83	2,36	14,78	0,84	3,96	22,51	0,89	3,57	18,58	0,88	
3	2,03	12,17	0,82	1,90	11,90	0,81	1,93	10,97	0,81	2,22	11,57	0,83	
4	1,60	9,55	0,78	1,60	10,01	0,78	1,47	8,36	0,77	2,05	10,70	0,82	
5	0,99	5,94	0,71	1,05	6,61	0,72	0,90	5,16	0,68	1,45	7,59	0,77	
6	0,83	4,97	0,67	0,86	5,37	0,68	0,76	4,31	0,66	1,04	5,44	0,72	
7	0,60	3,62	0,61	0,57	3,56	0,60	0,63	3,57	0,62	0,65	3,42	0,63	
8	0,42	2,49	0,54	0,43	2,73	0,55	0,40	2,26	0,53	0,59	3,11	0,61	
9	0,34	2,03	0,50	0,35	2,20	0,51	0,36	2,04	0,51	0,43	2,27	0,55	
10	0,24	1,45	0,44	0,28	1,77	0,47	0,34	1,95	0,51	0,39	2,06	0,53	
11	0,18	1,07	0,39	0,19	1,18	0,40	0,19	1,07	0,40	0,23	1,21	0,43	
112	0,17	1,01	0,38	0,14	0,90	0,35	0,15	0,88	0,37	0,17	0,91	0,39	
13	0,14	0,81	0,35	0,13	0,84	0,34	0,13	0,72	0,34	0,15	0,81	0,37	
14	0,08	0,47	0,27	0,09	0,59	0,30	0,11	0,64	0,32	0,12	0,63	0,33	
15	0,07	0,43	0,26	0,08	0,48	0,27	0,09	0,52	0,29	0,09	0,50	0,30	
Fd	Wilks lambda	Chi Square	P=	Wilks Lamda	Chi Square	P=	Wilks Lamda	Chi Square	P=	Wilks Lamda	Chi Square	P=	GDL
0	0,00020	989	0,0000	0,00021	985	0,0000	0,00015	1026	0,0000	0,00006	1137	0,0000	495
1	0,00160	749	0,0000	0,00146	760	0,0000	0,00107	797	0,0000	0,00040	910	0,0000	448
2	0,00508	615	0,0000	0,00491	619	0,0000	0,00530	610	0,0000	0,00185	733	0,0000	403
3	0,01541	486	0,0000	0,01424	495	0,0000	0,01551	485	0,0000	0,00595	597	0,0000	360
4	0,04000	374	0,0159	0,03697	384	0,0066	0,03831	380	0,0099	0,01818	466	0,0000	319
5	0,07968	294	0,2627	0,07595	300	0,1939	0,07308	304	0,1478	0,04471	362	0,0006	280
6	0,14579	224	0,7999	0,14107	228	0,7457	0,12841	239	0,5613	0,09148	278	0,0569	243
7	0,23395	169	0,9758	0,22114	175	0,9475	0,20894	182	0,8982	0,15159	219	0,2761	208
8	0,33145	128	0,9959	0,31731	133	0,9900	0,29215	143	0,9599	0,24225	165	0,6936	175
9	0,44405	94	0,9993	0,42882	98	0,9981	0,39704	107	0,9884	0,34790	123	0,8956	144
10	0,55186	69	0,9996	0,55005	69	0,9996	0,53319	73	0,9988	0,48567	84	0,9846	115
11	0,65096	50	0,9996	0,65387	49	0,9997	0,63333	53	0,9988	0,59887	59	0,9909	88
12	0,76127	31	0,9997	0,74774	33	0,9992	0,73146	36	0,9970	0,70359	40	0,9859	88
13	0,86430	16	0,9995	0,84836	19	0,9979	0,82411	22	0,9882	0,81380	24	0,9787	40
14	0,93270	8	0,9855	0,92846	8	0,9789	0,91688	10	0,9502	0,91214	10	0,9331	19

FD: fonction discriminante; A: autovaleur; %: pourcentage; C: corrélation canonique; Fd: fonction dérivée; P: niveau de signification; GDL: Degrés de liberté

TABLEAU IV

Classification des feuilles par l'analyse discriminante. Les valeurs indiquent le pourcentage de classement exact des cépages dans les 4 sélections de variables.

	CEPAGES	abc	abd	abe	AEF
1	Alicante	100	100	100	100
2	Alicante Mara	100	75	100	75
3	Argu Mannu	25	50	50	100
4	Axina de Tres Bias	100	100	100	100
5	Axina de Francia	80	60	60	60
6	Barbera	80	80	80	100
7	Bianca	100	100	100	100
8	Bovali	75	75	75	100
9	Bovali Mannu	100	75	100	75
10	Caddiu	100	100	100	75
11	Cannonau	75	75	75	100
12	Carenisca	50	100	75	100
13	Carignano	66	33	100	66
14	Gregu	100	100	100	100
15	Grillu	60	60	80	100
16	Licronaxiu	66	66	66	100
17	Malaga	80	80	100	80
18	Malvasia	100	100	100	100
19	Malvasia di Candia	100	100	100	100
20	Mefrulinu	100	100	66	100
21	Mizu	60	80	100	100
22	Monica	80	80	80	60
23	Monica Bianca	100	100	100	100
24	Muristellu	75	100	100	100
25	Nasco	75	50	100	100
26	Nera	100	75	100	75
27	Nieddera	100	100	100	100
28	Pascal di Cagliari	100	100	100	75
29	Semidano	100	100	100	100
30	Tintillu	100	100	100	50
31	Trebbiano	40	60	80	60
32	Trebbiano Toscano	50	75	75	75
33	Trebbiano Romagnolo	80	60	80	80
34	Vertudi	100	100	100	100
	Nombre de feuilles correctement classées sur 142	117	118	126	125

DISCUSSION

Grâce à l'analyse de la variance (différences statistiquement significatives), on confirme la forte relation entre l'anatomie de la feuille et la différenciation variétale de la vigne.

Toutefois, il faut considérer que l'analyse de la variance ne révèle pas la répartition des différents groupes dans l'échantillon, à tel point qu'il est possible qu'un résultat positif puisse découler de la diversité d'un certain cépage par rapport à tous

les autres. Même si cette éventualité est très improbable, un certain degré de redondance (colinéarité) entre les variables résulte évidemment du fait que les valeurs les plus fortes de F sont associées à des groupes de variables (abc) apportant une modeste contribution discriminante.

L'examen des résultats montre la supériorité discriminante de la sélection abe, qui inclut les angles compris entre les nervures principales, de celle basée sur l'AEF. Toutefois, dans l'ensemble, même les autres sélections des variables donnent des résultats satisfaisants du fait qu'elles réussissent à attribuer exactement aux cépages d'appartenance plus de 80 % des feuilles. Cette donnée est importante si on considère le nombre élevé de cépages inclus en même temps dans l'analyse.

En ce qui concerne l'AEF, son pouvoir discriminant semble à peu près équivalent à celui de la sélection abe. Il est toutefois opportun de rappeler, parmi les avantages de l'AEF, le fait qu'avec elle :

- il n'est nécessaire ni de normaliser les données par rapport à des grandeurs de référence - comme dans le cas des mesures rapportées à la longueur de la nervure médiane - ni de standardiser les variables car les harmoniques sont métriquement homogènes ;

- on ne risque pas d'avoir une colinéarité élevée entre les variables car les harmoniques sont vectoriellement orthogonales (indépendantes) ;

- on peut analyser des formes irrégulières, comme celles représentées par les profils de feuilles avec lobes superposés.

Le nombre de 200 harmoniques prises en compte par l'AEF est sans doute plus élevé que celui jusqu'à présent employé dans n'importe quelle recherche analogue antérieure. On pense toutefois qu'un tel nombre est nécessaire et approprié pour l'examen de la forme de la feuille de vigne de façon à tenir compte des nombreux et moindres détails du profil, même si le nombre des dents du bord foliaire dépasse rarement le nombre de 100.

Il est malheureusement impossible de présenter en forme graphique les données des 142 feuilles projetées sur les axes des divers composantes principales ou des différentes fonctions discriminantes. A titre d'exemple, la figure 3 montre la morphologie des feuilles qui délimitent la distribution de l'échantillon sur le plan des deux premières composantes principales des données AEF. Comme on peut le remarquer, les deux composantes reflètent, même un peu obliquement, la profondeur des sinus latéraux et la dimension globale de la feuille.

On a souvent considéré la possibilité que - pour des raisons historiques ou géographiques ou même tout simplement par erreur - différents noms soient attribués au même cépage et la possibilité que, pour des facteurs génétiques, un certain cépage ait donné naissance dans le temps à des lignes différenciées conservant le même nom.

Dans l'échantillon considéré, il n'y a pas de répétition du même cépage ; la seule possibilité est la présence de noms différents pour des cépages équivalents. Cette incertitude est normale dans le domaine ampélographique. Il est nécessaire toutefois de considérer que cette incertitude a des effets négatifs aussi bien sur l'analyse en composantes principales que sur l'analyse discriminante. En effet, l'analyse en composantes principales tend à ordonner les données par rapport à leur plus grande dispersion dans l'espace multivariate, dans l'espoir de révéler des caractéristiques particulières de la structure de la population, mais on ne peut pas dire que cette configuration des données soit en rapport avec les paramètres de la différenciation des cépages. D'autre part, l'analyse discriminante se base sur la classification *a priori* des données, fondée sur des classes typologiques hiérarchiquement équivalentes. Donc la présence d'hétérogénéités dans l'échantillon, telles que les synonymies, les redondances et les affinités entre cépages, obligent l'analyse à rechercher de fausses répartitions qui altèrent l'équilibre des fonctions discriminantes. Ceci pourrait vraisemblablement se produire dans le cas où l'échantillon contiendrait des variétés pour la plupart endémiques et seulement quelques unes non-endémiques. C'est une explication possible pour le groupe Trebbiano qui semble réfractaire à toutes les méthodes de classification.

Au delà de l'égale efficacité discriminante totale, l'inégal succès entre les méthodes abe et AEF souligne la capacité de chaque méthode à reconnaître différentes caractéristiques structurelles de la feuille. Pourtant l'avantage principal de l'AEF consiste dans le fait qu'elle représente bien des aspects morphologiques importants en ampélographie, tels que la forme des dents de la feuille, la forme des sinus latéraux et pétiolaire, etc..., qui ne trouvent pas une codification précise par mesures individuelles.

Les résultats et les conclusions présentés dans cette étude préliminaire seront vérifiés au cours d'une seconde analyse qui concernera un échantillon formé par les cépages considérés et une représentation de cépages de référence internationale, avec 12 feuilles par cépage. Il serait également intéressant de combiner les données de l'analyse de Fourier avec les variables de la sélection abe, ce qui, très probablement, permettrait d'accéder à une haute capacité de discrimination, grâce à l'apport d'informations complémentaires sur le contour externe ainsi que sur la structure interne de la feuille.

REMERCIEMENT

Nous remercions Monsieur le Professeur Mario FREGONI pour la révision critique du manuscrit; Monsieur Mauro MASCIA et Mademoiselle Maria Giuseppina SANNA pour la traduction en français. Ce travail a été financé par le "Credito Industriale Sardo".

Manuscrit reçu le 14 février 1991 ; accepté pour publication le 6 Mars 1991.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLEWELDT G. et DETTWEILER E., 1986. Ampelographic studies to characterize grapevine varieties. 4° Simp. Intern. Genetica della Vite, Verona. *Vignevini*, **13**, 56-59.

DIAZ G., ZUCCARELLI A., PELLIGRA I. et GHIANI A., 1989. Elliptic Fourier analysis of cell and nuclear shapes. *Comput. Biomed. Res*,. **22**, 405-414.

DIAZ G., QUACCI D. et DELL'ORBO C., 1990. Recognition of cell surface modulation by elliptic Fourier analysis. Comput. *Meth. Prog. Biomed.*, **31**, 57-62.

FIORINA M., ARMANINO C. et UBIGLI M., 1986. Multivariate data analysis as a discriminating method of the origin of wines. *Vitis*, **25**, 189-201

GALET P., 1985. Précis d'ampélographie pratique. Déhan, Montpellier.

GOETHE I., 1878. Handbuch der Ampelographie. Leykam-Josefsthal, Graz

KUHL F.P. et GIARDINA C.R., 1982. Elliptic Fourier Features of a closed contour. Comput. *Graph Image Proc.*, **18**, 236-258

LIN C.S. et HWANG C.L., 1984. Visual identification using elliptic features. Proc. Int. Conf. Robotics. IEEE Comput. Soc. Press. Atlanta, U.S.A.

RAVAZ L., 1902. Les vignes américaines. Coulet et fils, Montpellier.

RODRIGUES A., 1942. O Polimofismo foliar e os estudos de filometria. Aplicaçao pratica de un mètodo ampelometrico Agron. *Lusitana*, **4** (4), 33P-35P.

RODRIGUES A., 1952. Un mètodo filomètrico de caracterizaçao ampelografica. Fundamentos, descriçao, tècnica operatoria. Direcçao General Serviços Agricolos, Lisboa.

ROHLF F.J. et ARCHIE J.W. , 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes. *Syst. Zool.*, **33**, 302-317.

WHITE R.J., PRENTICE H.C. et VERWIJST T., 1988. Automated image acquisition and morphometric description. *Can J.Bot.*, **66**, 450-459.