Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 1992, **26**, N° 3, 129-154

TYPOLOGIE SENSORIELLE DU CABERNET FRANC ET INFLUENCE DU TERROIR. UTILISATION DE MÉTHODES STATISTIQUES MULTIDIMENSIONNELLES.

C. ASSELIN*, J. PAGES** et R. MORLAT*

*Institut National de la Recherche Agronomique,
Unité de Recherches sur la Vigne et le Vin du Centre d'Angers,
42 rue Georges Morel, 49071 Beaucouzé cedex (France)
**Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Rennes,
65 rue de St Brieuc, 35042 Rennes Cedex (France)

Résumé : *Une typologie sensorielle des vins de Cabernet franc lors du millésime 1988 en Val de Loire, provenant de terroirs définis par la notion de séquence écogéopédologique est effectuée.*

Le jeu de données (19 vins, 31 dégustateurs, 31 descripteurs) est traité selon des méthodes d'analyse multidimensionnelle. La pondération des groupes actifs (olfaction, vision, gustation) est nécessaire pour adapter une Analyse Factorielle Multiple (AFM).

Celle-ci particulièrement descriptive confirme une influence considérable du milieu naturel sur les critères organoleptiques des vins produits, elle amplifie même la typologie.

Une relation entre leurs caractéristiques sensorielles et les composantes de la vendange est tentée.

Il est montré l'importance du pouvoir anthocyanique et phénolique de la baie de Cabernet franc sur la notion de « Puissance et d'Harmonie », facteurs déterminants de la qualité des vins rouges en Val de Loire.

Une analyse fine de ces constituants nobles permettra au viticulteur de disposer de critères sélectifs qui seront à privilégier et concourront à l'originalité du produit. Il pourra de ce fait engager des techniques œnologiques appropriées afin de renforcer la typicité naturelle des vins de chaque terroir.

INTRODUCTION

Le concept de terroir est de plus en plus à l'ordre du jour. Depuis quelques années, il se dessine une volonté pour mieux gérer l'espace viticole et caractériser les vins. En France, la notion d'origine des vins, eaux-de-vie et, qui actuellement est étendue aux fromages, a largement fait ses preuves. Même si cette image est souvent très bonne, il est indispensable de la conforter.

Le but poursuivi de cette volonté est donc d'améliorer la typicité des vins, qui doit être un

signe pour le consommateur d'authenticité. La qualité intrinsèque est essentielle et elle le deviendra de plus en plus avec le développement des connaissances.

Certes, celle-ci est largement dépendante du choix variétal, cultural ou technologique que fait le viticulteur; d'autant plus que dans certaines conditions ses compétences sont déterminantes pour optimiser l'identité et la typicité du produit. Mais à terme, le vigneron s'appuiera et aura donc besoin de méthodes objectives de caractérisation du milieu naturel auquel par définition est étroitement liée l'origine. Celui-ci influe considérablement sur la vigne et les caractéristiques du raisin et du vin.

Parmi les diverses méthodes plus ou moins élaborées (SEGUIN, 1970; ASTRUC et *al.*, 1981; LAVILLE, 1990) il est constaté que l'ensemble des variables d'état et de fonctionnement de la plante et son influence sur le produit n'est pas pris en compte, bien qu'implicitement l'aspect qualitatif y est englobé.

L'Unité de Recherches Vigne et Vin de l'INRA d'Angers a développé depuis 1980 un thème original de caractérisation intégrée des terroirs viticoles basé sur la notion de séquence écogéopédologique (MORLAT, 1989). L'objectif de nos recherches est de tester la validité de cette méthode à partir d'un réseau de parcelles expérimentales dans les zones géographiques de production, Saumur Champigny, Bourgueil et Chinon où le Cabernet franc est largement présent. Le but est de suivre le comportement de la vigne, son fonctionnement et d'étudier le type de vin dans des conditions agroviticoles et œnologiques déterminées.

L'analyse sensorielle reste un point de passage obligatoire dans l'étude de produits alimentaires. Il n'en est pas moins vrai que, dans une optique scientifique, l'opinion d'un seul juge sur un seul aspect d'un produit n'a pas grande valeur même si elle reste néanmoins précieuse. Cette donnée hédonique ne peut être considérée comme reproductible pour une appréciation rigoureuse. D'où l'apparition de recueils de données nombreuses et par suite, la nécessité d'utiliser des méthodes statistiques.

Le but du présent travail est donc de réaliser une typologie descriptive à partir de ces données; et une relation avec les caractéristiques des moûts et des vins lors du millésime 1988 est tentée.

La recherche de méthodes objectives est un souci majeur et c'est dans ce sens que les statistiques multidimensionnelles apportent leur concours (ESCOFIER et PAGES, 1988).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I — ÉLABORATION D'UNE FICHE DE DÉGUSTATION.

De nombreuses fiches de dégustation ont été élaborées et comparées mais ne nous paraissent pas adaptées à l'objectif de l'essai. Celle que nous proposons permet une caractérisation des vins provenant de parcelles qui ne se différencient que par les conditions du milieu naturel (tableau I). Son but n'est pas de classer les vins produits, mais de permettre la mise en évidence de leurs différences.

TABLEAU I

Présentation des différentes séquences écogéopédologiques étudiées dans le cadre de l'essai terroir

VIGNOBLE	SAUMUR-CHAMPIGNY	CHINON	BOURGUEIL
Séquence écogéopédologique	*Type de profil géopédologique*	*Type de profil géopédologique*	*Type de profil géopédologique*
Craie sabloglauconieuse et micacée du Turonien moyen	Pararendzine à sol brun calcaire peu argilisé : 1DAM	Pararendzine à sol brun calcaire peu argilisé : 2BEAU, 1BEAU	Pararendzine à sol brun calcaire peu argilisé : 2BOUR, 1BEN
	variante colluviale : 2DAM	—	—
	Sol brun calcique argilisé : 1POY	—	Sol brun eutrophe argilisé : 1BOIS
Sables calcarogréseux coquilliers du Turonien supérieur	—	Sol brun calcique à rubéfaction : 1DOM	—
Sables argileux en place du Sénonien	Sol complexe brun faiblement lessivé / IIBt (g) ancien : 2EL	—	—
	Sol brun à faiblt lessivé avec horizons > colluv : 3EL	—	—
Sables d'origine sénonienne colluviaux sur roches diverses	—	—	Sol peu évolué acide resaturé / II(B) argilisé du Turonien moy : 1ING
	—	—	Sol brun faiblt lessivé/ II(B) argilisé du Turonien moy : 1GAR
	—	—	Sol brun très faiblement lessivé oligotrophe sur II(g) d'altération du Turonien supérieur : 2ING
Argiles sableuses à argiles du Sénonien en place	Sol lessivé à caractères hydromorphes : 4EL	—	—
Limons et argiles à silex du Sénonien en place	—	Sol lessivé à pseudogley de sub surface : 1VAU	—
Argiles épaisses de l'Eocène continental- en place	Sol lessivé resaturé complexe = planosolique : 1PER	Sol lessivé dégradé à pseudogley planosolique 1ROC	—
Grès et Poudingues des buttes de l'Eocène continental	Sol brun mésotrophe carbonaté anthropiquement: 1CHA	—	—
Alluvions gravelo sableuses de la basse terrasse de la Loire	—	—	Sol brun eutrophe à très faiblement lessivé : 1FON
Limons d'apport d'origine prépondérante éolienne	Sol brun lessivé : 1TUR	—	—

URVV-INRA-ANGERS

ACTION TERROIR

CABERNET FRANC

NOM :_____ **DATE :**_____

ECHANTILLON N° : _____

EXAMEN OLFACTIF APRES AGITATION (11 critères)

				très faible 1				très forte 5
VOIE DIRECTE	10	Intensité globale olfaction franche	OIGF	☐	☐	☐	☐	☐
	11	Qualité globale des arômes	OQGA	☐	☐	☐	☐	☐
	12	Note fruitée	OFRU	☐	☐	☐	☐	☐
	13	Note florale	OFLO	☐	☐	☐	☐	☐
	14	Note épicée	OEPI	☐	☐	☐	☐	☐
	15	Note végétale	OVEG	☐	☐	☐	☐	☐
	16	Note phénolique	OPHE	☐	☐	☐	☐	☐
	17	Note animale	OANI	☐	☐	☐	☐	☐
VOIE RETRONASALE				1				5
	18	Intensité globale (note franche)	OIFR	☐	☐	☐	☐	☐
				0 - 2	3 - 4	5 - 6	7 - 8	> - 8
	19	Persistance aromatique	OPER	☐	☐	☐	☐	☐
	20	Qualité des arômes	OQLA	☐	☐	☐	☐	☐

	réduit	oxydé	moisi	bouchon	piqué	divers
défaut	☐	☐	☐	☐	☐	☐

arômes

odeur de marc	☐
cassis	☐
poivre	☐
pruneau	☐
noyau	☐
framboise	☐
tabac	☐
violette	☐
sous-bois, champignon	☐
animal (cuir, viscéral)	☐
minéral (terreux)	☐
hydrocarbure	☐

autres à préciser...
-
-
-
-
-

EXAMEN OLFACTIF AU REPOS (6 critères)

			très faible 1	faible 2	moyen 3	fort 4	très fort 5
1	Intensité globale olfaction franche	RIGF	☐	☐	☐	☐	☐
2	Qualité globale des arômes	RQGA	☐	☐	☐	☐	☐
3	Note fruitée	RFRU	☐	☐	☐	☐	☐
4	Note florale	RFLO	☐	☐	☐	☐	☐
5	Note épicée	REPI	☐	☐	☐	☐	☐
6	Note animale	RANI	☐	☐	☐	☐	☐

EXAMEN VISUEL (3 critères)

			1 très faible				5 très forte
7	Intensité colorante	VINT	☐	☐	☐	☐	☐
			orangé				violet
8	Nuance	VNVA	☐	☐	☐	☐	☐
			très faible				très forte
9	Impression de surface après agitation (larmes – jambes)	VSUR	☐	☐	☐	☐	☐

Qualité visuelle

	pâleur orgeon	groseille	rubis	rubis intense grenat	pourpre
nuance vive	☐	☐	☐	☐	☐
	pâleur orgeon	tuilé	brun roux	brun	brun rouge
nuance évoluée	☐	☐	☐	☐	☐

EXAMEN GUSTATIF (9 critères)

			très faible 1				très forte 5
21	Intensité d'attaque	GIAT	☐	☐	☐	☐	☐
22	Acidité en bouche	GACI	☐	☐	☐	☐	☐
23	Astringence en bouche	GAST	☐	☐	☐	☐	☐
24	Alcool–brûlant–chaleur en bouche	GALC	☐	☐	☐	☐	☐
			déséquilibré				très équilibré
25	Equilibre entre les 3 dominantes	GEQU	☐	☐	☐	☐	☐
26	Velouté	GVEL	☐	☐	☐	☐	☐
27	Amertume	GAME	☐	☐	☐	☐	☐
28	Intensité de fin de bouche	GIFB	☐	☐	☐	☐	☐
			creux	mince	lié	fondu	volumineux
29	Stucture - harmonie	GHAR	☐	☐	☐	☐	☐

JUGEMENT D'ENSEMBLE (2 critères)

			médiocre	insuffisant	moyen	bon	excellent
30	Qualité d'ensemble	EQLT	☐	☐	☐	☐	☐
			très faiblement 1				très fortement 5
31	Typicité du cépage	ETYP	☐	☐	☐	☐	☐

Observations _____

Fig. 1 — Fiche d'analyse sensorielle descriptive

Son élaboration résulte d'un travail de groupe comprenant des spécialistes de divers organismes vitivinicoles en Val de Loire. Les discussions ont porté sur le choix des critères ainsi que sur le vocabulaire à utiliser dont la mise au point a été faite après plusieurs dégustations de vins de Cabernet franc d'origine différente.

Cette fiche comprend 29 critères qualitatifs ordonnés : il s'agit de caractéristiques du vin dont le dégustateur doit apprécier l'intensité ou la qualité à l'aide d'une échelle en cinq modalités (très faible, faible, moyen, fort et très fort) qui ont été codés de 0 à 5 (figure 1).

Ces 29 critères composent des groupes élémentaires de la dégustation :

- examen olfactif au repos,
- examen visuel,
- examen olfactif après agitation par voies directe et rétronasale,
- examen gustatif,

auxquels il est demandé au jury un jugement d'ensemble composé de 2 critères relatifs à la qualité d'ensemble et à la typicité du cépage (ASSELIN et *al.*, 1983).

II — MÉTHODOLOGIE DE LA DÉGUSTATION.

1) Essai d'utilisation de la fiche

Lors d'une réunion préliminaire, après présentation de la fiche de dégustation et les modalités de son emploi, trois vins ont été soumis à trente-deux dégustateurs : viticulteurs originaires de la région et divers techniciens.

Les vins proviennent de minivinifications. Chaque lot des trois vins est homogénéisé au préalable afin d'éviter les éventuelles différences entre bouteilles et chaque dégustateur juge isolément.

Les vins sont présentés successivement. La dégustation est suivie d'une réunion au cours de laquelle chacun expose les difficultés qu'il a rencontrées. Certaines critiques sont émises et ont incité à un léger remaniement de la fiche.

Cette première dégustation a permis de constater une relative facilité d'utilisation de la fiche.

2) Application aux vins de la récolte 1988

La dégustation, des vins du millésime 1988, porte sur 17 vins issus des parcelles de l'essai (MORLAT, 1978 ; MORLAT et ASSELIN, 1990). Chaque vin est présenté à partir d'un lot homogène provenant du mélange de plusieurs bouteilles de façon anonyme. La plupart des 31 dégustateurs présents ont assisté à la réunion de dégustation et d'information.

Les vins, étant nombreux, sont divisés en deux groupes comprenant chacun un échantillon supplémentaire servant de témoin.

Dans un premier temps, un ensemble de dégustateurs (1 à 15) juge les vins du groupe 1, alors que le second ensemble déguste les vins du groupe 2. Après une pause de 1 heure environ, le premier jury (1 à 15) déguste les vins du second groupe, alors que l'autre, juge les vins du groupe 1. Chaque participant aura jugé tous les vins et deux fois le vin témoin.

III — TECHNIQUE DE VINIFICATION

Dans chaque parcelle 60 à 70 kg de raisins sont vendangés et vinifiés le même jour. Après pesée, la vendange est éraflée, puis foulée. Elle est ensuite additionnée d'anhydride sulfureux (3 g/hl) dans des cuves inox qui ont été remplies au préalable de gaz carbonique. Les minivinifications sont conduites dans un local à température stabilisée aux environs de 20-22°C.

La fermentation alcoolique est déclenchée par une même souche de levures exogènes (*saccharomyces cerevisæ*) afin de neutraliser relativement la flore indigène.

Pendant la cuvaison, il est effectué deux remontages par jour. Après huit jours de macération, les jus de goutte sont séparés des jus de presse. Après égouttage et pressurage, les jus fermentés sont ensemencés à raison de 3 p. cent de lies de vins de Cabernet franc, minivinifiés et ayant terminé leur fermentation. Après consommation totale de l'acide malique les vins sont soutirés et additionnés de 5 g d'anhydride sulfureux par hectolitre.

Les vins ne subissent qu'un traitement physique de stabilisation, par deux passages successifs au froid, à une température voisine de 0°C. Les vins sont ensuite filtrés sur plaque de cellulose Kieselgur de type K200 dont la valeur de rétention est comprise entre 3 et 5 µm. Après contrôle de l'anhydride sulfureux et réajustage à 25 mg/l en libre, la mise en bouteilles est effectuée.

Les vins sont conservés dans une cave traditionnelle où la température subit peu de variation (12 à 14°C) avec une hygrométrie saturée. Après une année de stockage, la dégustation est effectuée et ne porte que sur les vins issus de l'égouttage.

IV — PRÉSENTATION DES DONNEES

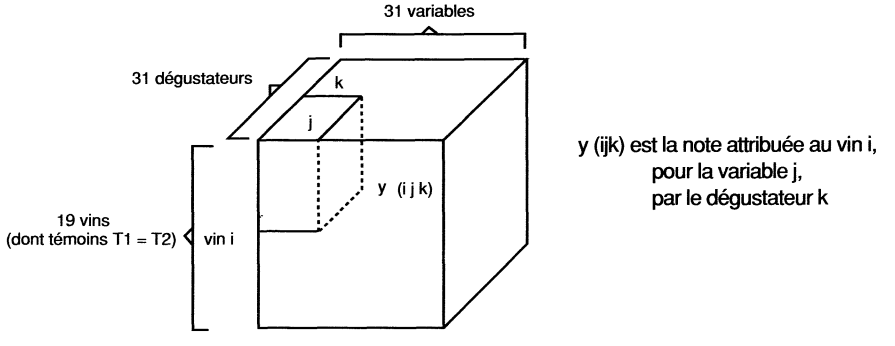


Fig. 2 — Tableau des données brutes

Nous ferons référence essentiellement aux données du type suivant : on étudie un ensemble de vins au travers d'un ensemble de variables qui constitue une fiche de dégustation. Il est demandé alors à un ensemble de juges de la remplir pour chaque vin. Ces données peuvent être schématisées par la figure 2 qui met bien en évidence les 3 ensembles mis en jeu (vins, variables et juges).

A partir de ces données, un fichier plus petit a été construit : pour chaque vin et chaque variable de la fiche, on a calculé la moyenne des appréciations de l'ensemble des juges (figure 3). Lorsqu'une donnée est manquante, elle n'intervient pas dans la moyenne. Les 3 variables caractérisant un éventuel défaut n'ont pas été conservées du fait du grand nombre de données manquantes.

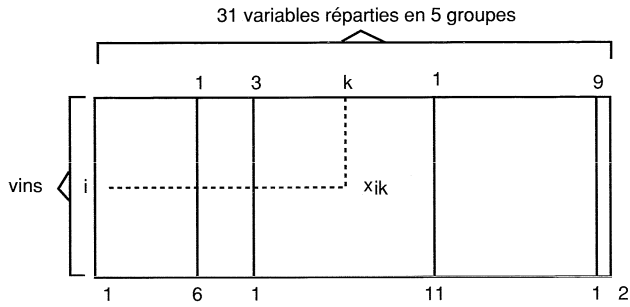


Fig. 3 — Fichier étudié

Pour les cinq premiers groupes, x_{ik} est la moyenne des appréciations des 31 juges sur le vin i à propos de la variable k. Le sixième groupe contient les indicatrices de 2 variables qualitatives. Pour ce groupe, x_{ik} vaut 1 ou 0 selon que le vin i possède ou non la modalité k.

V — DESCRIPTION DE LA PROBLÉMATIQUE

L'objectif général de cette recherche est la caractérisation des vins rouges de Cabernet franc issus de divers milieux viticoles lors de la récolte 1988. Pour cela on cherchera d'abord une typologie des vins permettant de répondre à des questions du type suivant :

Quels sont les vins qui globalement, c'est-à-dire du point de vue de l'ensemble des variables, se ressemblent?

La méthodologie factorielle est appropriée car elle met en évidence les principaux facteurs de variabilité et décrit les vins à l'aide de ces facteurs (ESCOFIER et PAGES,1983; 1984; 1985 et 1988).

Toutefois, l'examen un tant soit peu détaillé de la fiche de dégustation indique que les variables sont naturellement structurées en groupes. Tout d'abord les variables qualitatives qui caractérisent l'origine des vins jouent un rôle bien à part : elles ne doivent pas participer à la construction des principaux facteurs de variabilité mais simplement intervenir à titre illustratif. Cela étant, même parmi les critères sensoriels on distingue :

6 variables relatives à l'olfaction au repos,
3 variables relatives à la vision,
11 variables relatives à l'olfaction après agitation,
9 variables relatives à la gustation,
2 variables relatives à un jugement d'ensemble.

Nous ferons jouer avec les deux dernières variables un rôle illustratif.

Les variables sur lesquelles nous souhaitons appuyer principalement l'analyse sont donc structurées en 4 groupes (olfaction au repos, vision, olfaction à l'agitation et gustation). L'existence de cette structure pose d'abord un problème de nature technique : une ACP globale ne risque-t-elle pas d'être influencée de façon prépondérante par un seul groupe? Auquel cas, la prise en compte simultanée des 4 thèmes serait illusoire.

Deux éléments interviennent dans le rôle que peut jouer a priori un groupe de variables dans une analyse d'ensemble :

- le nombre de variables du groupe (plus ce nombre est important, plus grande est a priori l'influence du groupe),

- la structure du groupe (plus le groupe possède une structure forte, c'est-à-dire plus ses variables sont liées et plus son influence sera déterminante dans la construction des principaux facteurs de variabilité).

Ainsi, le premier problème posé par le traitement simultané de plusieurs groupes de variables est la pondération de ces groupes. L'analyse factorielle multiple peut être vue comme une analyse dans laquelle l'influence à priori des groupes de variables est équilibrée.

Mais, la prise en compte de la structure en groupes d'un ensemble de variables pose des problèmes nouveaux en considérant les objectifs. Ainsi, de même que l'on cherche à comparer des vins (en terme de ressemblance) ou des variables (en terme de liaisons) on peut chercher à comparer globalement les groupes de variables. On dira que deux groupes de variables se ressemblent si deux vins proches par l'un, par exemple l'aspect visuel, sont aussi proches de l'autre (par exemple, le goût). On cherchera donc à mettre en évidence, une typologie des groupes, c'est-à-dire des aspects sensoriels mis en jeu dans l'examen organoleptique. L'Analyse Factorielle Multiple fournit une telle typologie.

L'existence de groupes de variables conduit à vouloir décrire les vins, non seulement au travers de l'ensemble des variables mais aussi au travers de chacun des groupes. Pour cela, il est toujours possible de réaliser des analyses séparées des groupes.

Pour comparer ces typologies séparées, il est nécessaire de les situer dans un référentiel commun. L'AFM répond à ce problème en fournissant une représentation factorielle sur laquelle figurent les représentations des vins vus par chacun des groupes de variables.

L'Analyse Factorielle Multiple propose ainsi une solution technique au problème (la pondération des groupes) et fournit des représentations adaptées aux différents aspects de l'objectif (comparaison des groupes et comparaison des vins vus par chaque groupe).

RÉSULTATS

Le traitement des données contenues dans le cube génère un système de représentation par des axes d'inertie orthogonaux non corrélés dont la projection deux à deux donne naissance à des plans factoriels. Sur ces derniers, on dispose d'une cartographie des projections des variables actives et supplémentaires, ainsi que des individus actifs en supplément. On va chercher à caractériser les vins par les variables actives (critères de la fiche) et tenter de les relier aux caractéristiques physico-chimiques.

I — TYPOLOGIE DES VINS ET PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIABILITE : CAS DU MILLÉSIME 1988.

Les variables ont pour coordonnées leurs corrélations avec les facteurs. Leur représentation quantitative est pondérée et ont toutes le même poids.

Pour ce millésime étudié, on remarque que les 2 premiers facteurs totalisent 72 p. cent de l'inertie du nuage ou de la variation des données (figure 4). Les facteurs 1 et 2 indépendants, en représentent respectivement 57,7 et 14,6 p. cent. Nous limiterons l'interprétation à ce premier plan factoriel ainsi la typologie des vins sera abordée préférentiellement sur celui-ci.

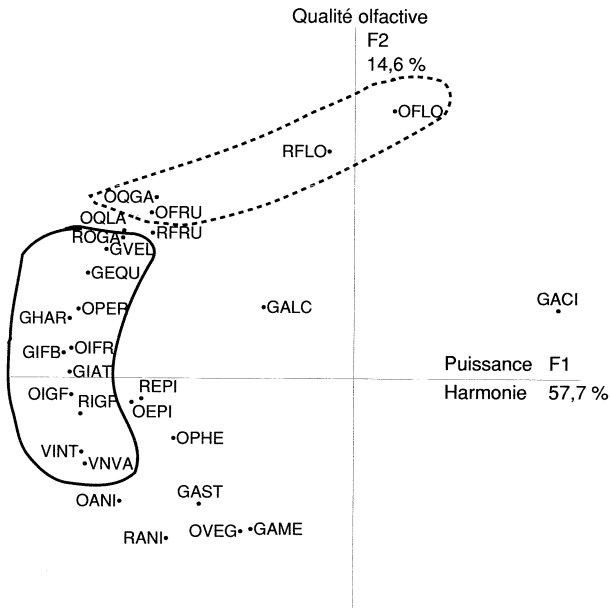


Fig. 4 — Représentation des variables actives (par leur corrélation avec les axes) sur le plan factoriel 1,2. Année 1988.

TABLEAU II

Qualité de représentation (QLT) ou de corrélation (COR) des variables actives pour les facteurs 1 et 2. Cas du millésime 1988.

		QLT1 COR F1	QLT2 COR F2			QLT1 COR F1	QLT2 COR F2
Examen olfactif au repos				**Examen gustatif**			
1 Intensité globale olfaction franche	RIGF	0,795	0,009	21 Intensité d'attaque	GIAT	0,898	0
2 Qualité globale des arômes	RQGA	0,643	0,206	22 Acidité en bouche	GACI	0,434	0,042
3 Note fruitée	RFRU	0,477	0,231	23 Astringence en bouche	GAST	0,296	0,161
4 Note florale	RFLO	0,021	0,528	24 Alcool-brûlant chaleur en bouche	GALC	0,108	0,048
5 Note épicée	REPI	0,526	0,003	25 Equilibre entre les 3 dominantes	GEQU	0,787	0,092
6 Note animale	RANI	0,455	0,277	26 Velouté	GVEL	0,695	0,159
				27 Amertume	GAME	0,153	0,256
Examen visuel				28 Intensité de fin de bouche	GIFB	0,920	0,005
7 Intensité colorante	VINT	0,830	0,063	29 Structure-harmonie	GHAR	0,876	0,036
8 Nuance	VNVA	0,798	0,083				
9 Impression de surface après agitation (larmes - jambes)	VSUR	0,777	0,046				
				Jugement d'ensemble			
				30 Qualité d'ensemble	EQLT	0,818	0,089
Examen olfactif après agitation				31 Typicité de cépage	ETYP	0,771	0,140
10 Intensité globale olfaction franche	OIGF	0,885	0,005				
11 Qualité globale des arômes	OQGA	0,488	0,290				
12 Note fruitée	OFRU	0,475	0,274				
13 Note florale	OFLO	0,011	0,717				
14 Note épicée	OEPI	0,570	0,006				
15 Note végétale	OVEG	0,180	0,254				
16 Note phénolique	OPHE	0,389	0,037				
17 Note animale	OANI	0,635	0,169				
18 Intensité globale (note franche)	OIFR	0,875	0,005				
19 Persistance aromatique	OPER	0,822	0,025				
20 Qualité des arômes	OQLA	0,557	0,233				

1) La représentation des variables

a) pour le premier facteur : la représentation au sens critères sensoriels de la fiche est bonne. Le paramètre « qualité de représentation» (QLT) (tableau II), peut être interprété comme un coefficient de corrélation multiple entre une variable et les facteurs. Plus il est élevé, plus le critère est lié. Pour les groupes actifs, ceux qui contribuent le plus au premier sont :

- pour l'olfaction au repos

l'intensité globale	RGIF
la qualité globale	ROGA

- pour la vision

l'intensité colorante	VINT
la nuance	VNUA
l'impression de surface	VSUR

- pour l'olfaction après agitation

l'intensité globale par voie directe	OIGF
l'intensité globale par voie rétronasale	OIFR
la persistance aromatique	OPER

- pour la gustation

l'intensité d'attaque	GIAT
l'équilibre	GEQU
l'intensité de fin de bouche	GIFB
la structure et l'harmonie	GHAR

- pour le groupe supplémentaire

la qualité d'ensemble	EQLT
la typicité du cépage	ETYP

Les variables d'intensité (vision, olfaction et gustation), d'équilibre, de velouté et d'harmonie participent le plus à l'inertie totale.

Ce premier axe recouvre des notions classiquement regroupées sous les termes puissance et harmonie qui possèdent des connotations nettement positives. Ces deux termes ne sont absolument pas synonymes en général, mais sont pour la population des vins étudiés, très liés.

b) pour le second facteur :

Cet axe ne prend en compte que 14,6 p. cent de l'inertie totale. Ces principaux critères liés à ce facteur sont :

- pour l'olfaction au repos

note florale	RFLO

- pour l'olfaction après agitation

note florale	OFLO
qualité des arômes	OQGA
note fruitée	OFRU

Ce deuxième axe est lié à la reconnaissance d'une particularité perçue à l'olfaction par de nombreux juges comme la caractéristique florale ou fruitée.

Cet axe correspond donc à une connotation de qualité olfactive.

2) La représentation des vins

Le premier axe est interprété par les termes « Puissance et Harmonie », le second par une « qualité olfactive », on peut distinguer 4 groupes de vins (figure 5) en tenant compte de leurs coordonnées.

Les parcelles 1POY, 3EL, 4EL et 1PER donnent des vins d'une forte intensité visuelle, 4,03 sur l'échelle ordonnée de 5 (tableau III). L'attaque et la fin de bouche sont considérées comme importantes, ils possèdent un velouté et une harmonie indéniables. Ils ont globalement une bonne structure et qui plus est, sont équilibrés. Ces vins ont des caractéristiques olfactives intéressantes avec des notes intenses de « fruité ».

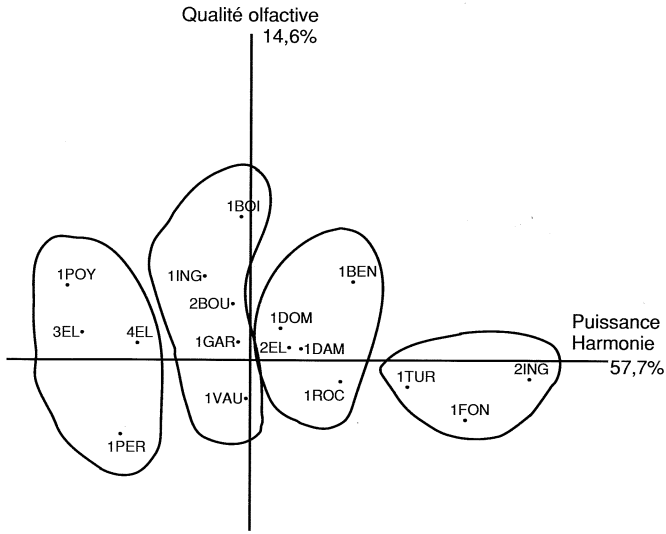


Fig. 5 — Représentation des vins de Cabernet franc pour l'année 1988 sur le plan factoriel (1,2)

Le groupe des vins moyens : 1VAU, 1GAR, 2BOUR, 1ING et 1BOIS au centre du plan factoriel est mal représenté sur l'axe 1. Les vins sont de fait très difficiles à définir et n'ont pas de caractéristiques organoleptiques bien déterminées. Ils sont tout de même de qualité positive, relativement harmonieux, avec une intensité visuelle forte. Le vin de la séquence 1BOIS a une nuance olfactive assez fruitée, il contribue le plus à l'axe 2.

TABLEAU III

Valeurs moyennes obtenues sur l'échelle normée 0-5 pour quelques variables de dégustation, pour le groupe des vins « puissants et harmonieux »

RIGF	ROGA	RFRU	VINT	OIGF	GVEL	GHAR
3,60	2,95	3,35	4,03	3,78	3,18	3,17

Il existe un groupe 1DOM, 2EL, 1DAM, 1BEN et 1ROC avec des coordonnées un peu plus négatives sur l'axe 1. Il possède malgré tout une intensité visuelle jugée très peu différente des autres vins. L'olfaction directe ou rétronasale est moyenne avec une dominante fruitée. Ces vins ont une structure souple, sans qu'elle soit fortement charpentée. L'intensité de fin de bouche parait être correcte mais d'une persistance faible à moyenne.

Enfin, 1TUR, 1FON, et 2ING sont des vins qui s'opposent au groupe de ceux qui sont jugés harmonieux et puissants. Leur intensité visuelle est la plus faible. Ils ont une olfaction même après agitation liée à une qualité très moyenne. Ces vins sont très différents de l'ensemble de ceux étudiés. Ils sont très marqués par leur acidité au niveau de la gustation, ce qui leur confèrent un manque de velouté et d'harmonie.

Il est à remarquer que ces vins ont des caractéristiques atypiques. Ce constat voudrait-il générer que la typicité dans ce cas se réfèrerait à un vin idéal et non à un vin aux connotations moyennes ou faibles.

3) Les représentations simultanées des vins.

La typologie obtenue des vins s'appuie jusqu'ici sur l'ensemble des variables. Une fois ce résultat global analysé, on est conduit tout naturellement à une étude plus fine des données qui prend en compte les vins vus par chacun des groupes de variables. Dans cette représentation simultanée, chaque vin figure cinq fois : quatre fois en tant que vin perçu au travers des quatre groupes actifs (olfaction au repos, vision, olfaction à l'agitation, gustation) et une fois en tant que vin moyen. Pour chaque vin, ce point figure au centre de gravité des quatre premiers.

Les vins des milieux 1POY, 4EL, 1BOIS et 1TUR sont ici pris comme exemple (figure 6).

Le vin 1POY, particulièrement harmonieux et puissant, a des caractéristiques olfactives et gustatives très intenses comparativement à sa vision (1PO2) qui est de moindre intensité.

Le vin 4EL, s'il possède des propriétés visuelles et gustatives intéressantes, est plus marqué par ses caractères olfactifs intenses qui s'expriment en particulier au repos (4EL1).

Le point moyen du vin 1BOIS a une coordonnée nulle sur l'axe 1; globalement, il a été caractérisé dans le groupe des vins moyens; c'est particulièrement sa vision qui l'a positionné. Les groupes de variables gustation (1BO4) et olfaction l'ont replacé dans les bons vins moyennement puissants et harmonieux. Il est à noter qu'il possède des caractéristiques olfactives très intéressantes et complexes avec des notes fruitées et florales, auxquelles s'associent un caractère épicé. C'est par son olfaction, appréciée au repos ou après agitation (1BO1, 1BO3), que ce vin contribue le plus à l'axe 2.

Le vin de la séquence 1TUR possède relativement de meilleures notations olfactives (1TU1, 1TU3) que visuelles (1TU2) ou gustatives (1TU4). L'appréciation globale gustative l'a fait désapprécier avec un manque d'équilibre et une notion acide.

II — RELATION TYPOLOGIE SENSORIELLE ET CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES MOUTS ET DES VINS. ANNÉE 1988.

L'analyse factorielle multiple permet à partir d'un fichier important de données de répondre dans ce cas, à un besoin de caractérisation des vins.

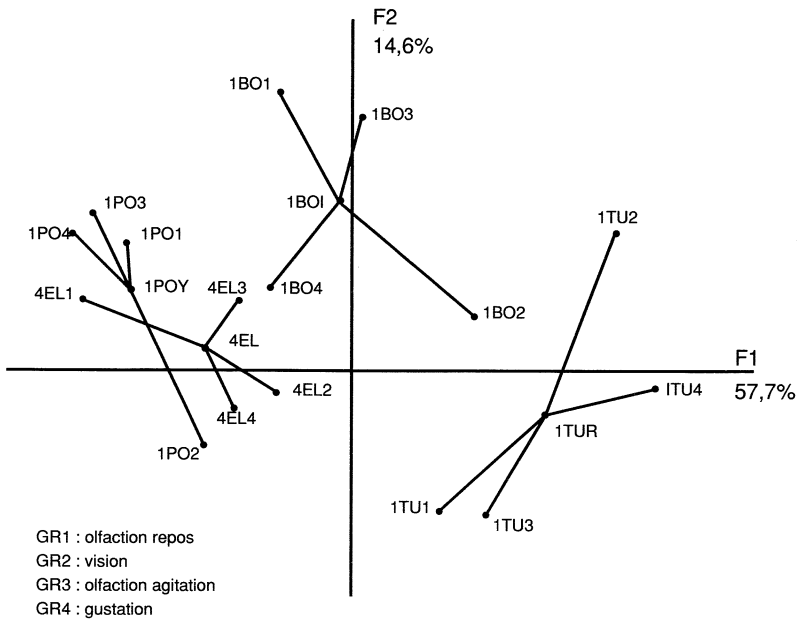


Fig. 6 — Typologie ou représentation simultanée des vins de Cabernet franc pour l'année 1988 sur le plan factoriel (1,2) au travers des groupes actifs.

TABLEAU IV

Caractéristiques physico-chimiques des vins Année 1988.
Analyses effectuées en mai 1990, au moment de la dégustation.

	Parcelles																	
	1DAM	1DOM	1FON	1VAU	1PER	1POY	1TUR	1ROC	1GAR	1BEN	1BOIS	2BOUR	1ING	2ING	2EL	3EL	4EL	T1T2
Masse volumique à 20°C	990,1	990,9	990,6	990,6	990,1	991,2	990,7	989,7	990,8	989,8	991,1	990,8	990,7	990,6	990,8	990,6	990,8	991
Extrait sec densimétr. (g/l)	19,2	20,3	19,6	19,6	18,4	18,4	18,7	18,5	19,0	17,0	21,4	20,2	19,8	18,7	20,2	20,3	23,5	20,1
Titre alcoométrique (%vol, 20°C)	11,8	11,5	11,5	11,5	11,5	11,3	11,1	11,9	11,1	11,3	11,7	11,5	11,4	11,2	11,5	11,7	11,7	11,5
Sucres (g,l)	0,90	0,91	0,91	0,82	0,80	0,90	0,84	0,81	0,94	0,82	0,90	0,87	0,88	0,72	0,81	0,81	0,75	0,90
SO_2 libre(mg/l) (mg/l) - ASOL-	30	30	32	20	32	32	38	36	30	32	32	24	30	36	32	28	36	16
SO_2 total (mg/l)	86	62	80	116	144	90	132	102	118	148	64	98	118	108	68	112	72	62
Acidité volatile (g H_2SO_4 par l) - AACV -	0,32	0,33	0,34	0,36	0,56	0,50	0,53	0,49	0,39	0,37	0,36	0,36	0,31	0,34	0,36	0,32	0,36	0,31
Acidité totale (g H_2SO_4 par l) - AACT -	3,50	3,75	3,60	3,85	3,50	3,40	3,75	3,70	3,65	3,70	3,40	3,80	3,40	3,25	3,00	3,25	3,25	3,55
pH - ApH -	3,50	3,40	3,45	3,40	3,55	3,60	3,45	3,45	3,40	3,30	3,50	3,30	3,50	3,60	3,60	3,55	3,60	3,40
Ac. tartrique (g/l) - ATAR -	2,38	2,55	2,38	2,55	2,38	2,42	2,64	2,30	2,51	2,47	2,30	2,94	2,30	2,08	2,25	2,42	2,30	2,00
Couleur Intensité - ACOL -	0,520	0,695	0,520	0,660	0,750	0,760	0,450	0,520	0,570	0,506	0,527	0,603	0,599	0,334	0,614	0,716	0,506	0,977
Nuance - ANVA -	0,660	0,570	0,610	0,560	0,650	0,590	0,660	0,653	0,620	0,640	0,671	0,579	0,656	0,734	0,633	0,616	0,714	0,570
Indice de phénols	12,6	18,1	33,4	20,6	23,2	23,0	11,9	18,3	18,8	19,6	25,7	26,7	34,2	27,0	30,3	30,4	38,3	42
Anthocyanes (mg/l) - AANT -	346	388	339	297	352	424	334	334	322	268	352	303	335	257	384	412	323	291

La subjectivité due à l'analyse sensorielle est présente mais amortie. Afin de conforter la démarche, il est indispensable de mettre en relation ces données avec les analyses physico-chimiques. Ceci, à terme, doit aboutir à l'établissement de normes qualitatives de production et de typicité pour chaque produit.

L'essai terroir qui est développé à l'INRA d'Angers, s'appuyant sur des compétences multidisciplinaires voire intersectorielles, intègre par définition tous les éléments de la chaine de la qualité.

L'influence d'une séquence écogéopédologique sur le comportement de la plante, la composition de la vendange et des vins, permet de répondre en partie à ce type d'approche.

1) Typologie sensorielle et analyse physico-chimique des vins

Les caractéristiques des vins portent essentiellement sur les déterminations classiques suivantes : degré alcoolique, extrait densimétrique, dosage du SO_2 libre et total, acidités totale et volatile exprimées en g d'H_2SO_4 par litre, pH, acide tartrique, intensité colorante, nuance, indice polyphénolique ainsi que le dosage global des anthocyanes (tableau IV).

a) Représentation des variables

Les cinq premiers axes représentent près de 80 p. cent de la variation existant entre les données sensorielles et analytiques des 17 vins de l'essai terroir. Cette indication montre une grande dispersion des données, qui sont de fait, faiblement structurées. Nous tenterons, malgré tout, une interprétation en ne tenant compte que du plan factoriel composé des deux premiers axes qui représente 50 p. cent de l'inertie totale. Les 2 facteurs ne sont pas très indépendants, le premier représente quant à lui 29,3 p. cent et le second 20,4 p. cent de la variation totale (figure 7).

Seule la variable analytique « Intensité Colorante » (ACOL=0,824) est prépondérante à l'axe 1 (tableau V). Il est satisfaisant de remarquer que cette détermination intervient au même titre que le critère « Intensité Visuelle » (VINT) appréciée par le jury.

L'acidité totale (AACT) est le critère analytique déterminant pour le 2ème axe. Il est heureux de constater que le pH (ApH) lui est opposé (faible acidité - fort pH).

Les critères d'intensité de l'olfaction, de la vision, de la gustation, d'harmonie et d'équilibre apportent leur concours au premier facteur. Celui-ci peut également, et comme précédemment, être interprété comme un axe de « Puissance et d'Harmonie ».

La forte contribution de la variable « Nuance de la vision » (VNUA) à l'axe 1, met en évidence un point très important. L'appréciation de cette nuance et sa caractéristique analytique (ANVA) sont en opposition sur ce plan factoriel. On peut affirmer, lorsqu'une typologie visuelle est demandée qu'un juge est influencé systématiquement par l'intensité pour caractériser cette nuance. Nous savons pourtant qu'il n'y a pas de relation étroite, ceci est bien démontré par la situation de ces deux critères sur le plan.

Il est constaté d'autre part que les liaisons entre la notion acide perçue par dégustation

(GACI) et les valeurs analytiques acidité totale (AACT), acidité volatile (AACV) et acide tartrique (ATAR) sont relativement faibles et donc une relation proche existe.

b) Représentation simultanée de quelques vins de l'essai

Dans cette représentation (figure 8), chaque vin figure trois fois, deux fois en tant que vin perçu au travers des groupes actifs (GR1 : données sensorielles et GR2 : données analytiques) et une fois en tant que point moyen qui figure au centre de gravité des 2 premiers groupes.

TABLEAU V

Qualité de représentation (QLT) ou de corrélation de quelques variables sensorielles et physico-chimiques actives pour les facteurs 1 et 2 des vins de Cabernet franc. Cas du millésime 1988.

Variables sensorielles	QLT1 COR F1	QLT2 COR F2	Variables physico-chimiques	QLT1 COR F1	QLT2 COR F2
RIGF	0,607	0,010	SO_2 total ASOL	0,485	0,107
VINT	0,859	0,008	Acidité volatile AACV	0,038	0,107
VNVA	0,838	0,038	Acidité totale AACT	0,011	0,759
OIGF	0,732	0,019	pH ApH	0	0,598
OIFR	0,789	0	Acide tartrique ATAR	0,043	0,205
GIAT	0,816	0,016	Intensité couleur ACOL	0,824	0,042
GACI	0,381	0,141	Nuance ANUA	0,396	0,314
GEQU	0,630	0,034	Anthocyanes AANT	0,107	0,057
GIFB	0,770	0,013			
GHAR	0,753	0,011			
EQLT	0,665	0,020			

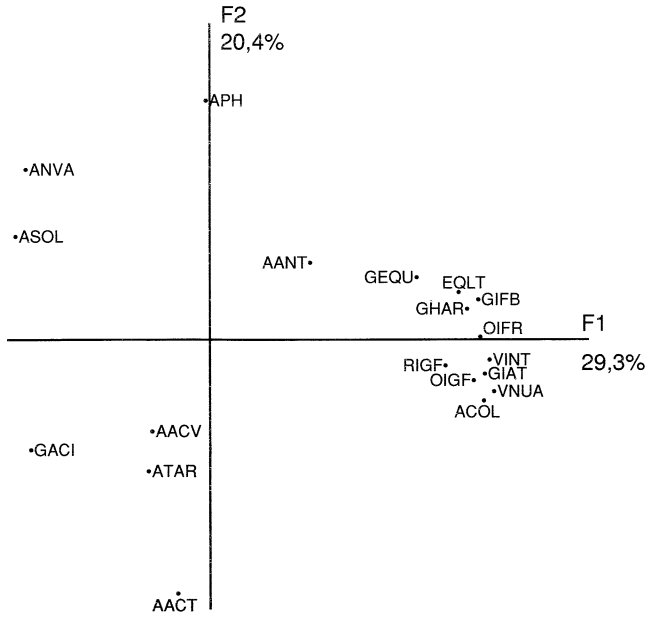


Fig. 7 — Représentation sur le plan factoriel (1,2) de quelques variables sensorielles et physico-chimiques des vins de Cabernet franc de divers terroirs. Cas du millésime 1988.

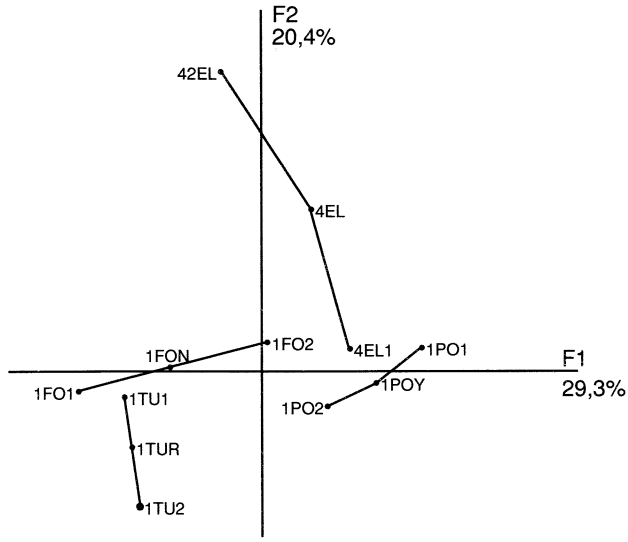


Fig. 8 — Typologie sur le plan factoriel (1,2) de quelques vins de Cabernet franc de divers terroirs. Relation entre les aspects sensoriel et analytique. Cas du millésime 1988.

TABLEAU VI

Principales caractéristiques des vendanges. Année 1988.

	PARCELLES																	
	1DAM	1DOM	1FON	1VAU	1PER	1POY	1TUR	1ROC	1GAR	1BEN	1BOIS	2BOUR	1ING	2ING	2EL	3EL	4EL	T1T2
Poids 1000 baies (g)	1.469	1.440	1.623	1.630	1.690	1.561	1.790	1.369	1.821	1.598	1.516	2.005	1.594	1.798	1.617	1.702	1.540	1.633
Sucres (g/l)	187	193	182	170	190	193	177	176	180	177	177	184	186	158	182	184	178	192
Titre alcoométrique (% vol, 20°C)	10,7	11,0	10,4	9,7	10,9	11,0	10,1	10,1	10,3	10,1	10,1	10,5	10,6	9,0	10,4	10,5	10,2	11,0
Acidité totale (g H_2SO_4 par l)	5,75	5,70	4,75	5,25	5,80	5,40	5,60	5,00	5,65	5,50	5,65	5,65	5,00	5,50	5,60	5,50	5,80	5,55
Acide tartrique (g/l)	4,8	5,5	4,4	4,5	5,1	4,9	5,0	4,6	5,0	5,3	5,0	5,7	4,4	4,5	5,1	5,0	5,0	4,8
Acide malique (g/l)	3,75	3,25	2,75	3,65	3,80	3,45	3,95	3,00	3,50	3,40	3,80	3,05	3,45	4,25	3,80	3,25	3,40	2,90
pH	3,22	3,17	3,24	3,19	3,26	3,26	3,24	3,19	3,19	3,20	3,24	3,16	3,27	3,28	3,22	3,21	3,20	3,22
Anthocyanes (mg/100g de baies)	135	183	146	135	189	199	120	159	180	136	168	129	150	107	157	196	145	159
Indice de phénols (indice/100g baies)	23	29	26	24	30	31	20	28	28	22	27	22	24	20	24	28	24	27

1POY, vin très harmonieux, très puissant, très typique a pourtant comparativement à son appréciation, des caractéristiques physico-chimiques relativement de moins bonne qualité.

La situation de 1FON sur le plan est largement expliquée par les données analytiques qui l'ont favorisé en regard de sa typologie sensorielle.

La justification du point moyen 4EL, vin puissant et harmonieux est liée essentiellement à des caractéristiques de souplesse. La contribution de son pH est forte, sa valeur est élevée (3,6 pour 3,47 de pH moyen pour l'ensemble des vins).

Le cas de 1TUR, vin maigre, peu intense, atypique est en opposition avec le vin 4EL. Il contribue au même titre que l'appréciation gustative acide. En effet sa teneur en acide tartrique, son acidité totale sont supérieures à celle de tous les vins.

2) Typologie sensorelle et déterminations analytiques des vendanges

Les déterminations analytiques effectuées au moment des vendanges sur les raisins après échantillonnage préalable des diverses séquences de l'essai, sont les suivantes : poids de 1.000 baies, sucres totaux, acidité totale en g d'H_2SO_4 par litre, acides tartrique et malique, pH, anthocyanes et indice polyphénolique exprimés en mg pour 100 g de baies (tableau VI).

a) Représentation des variables

Quatre axes expriment près de 80 p. cent de la variation, lorsque la conjugaison statistique entre les données sensorielles et les analyses des potentiels vendanges est effectuée. Le plan factoriel (1,2) exprime quant à lui 54,7 p. cent de cette variation (figure 9), ce qui est satisfaisant, d'autant plus que les deux axes sont assez indépendants (38,7 p. cent pour le 1er et 16 p. cent pour le second).

Dans cette relation, à nouveau, les critères sensoriels d'intensité contribuent largement à l'explication « Puissance et Harmonie » du premier axe (tableau VII).

A ces notions « d'intensité » se rattachent des teneurs en sucres (RSUC), en indice polyphénolique (RBLY) et à un degré moindre, en anthocyanes (RANT) les plus élevées. Les caractères « Puissance et Harmonie » sont donc, dans ce cas, et pour le millésime 1988 en relation très étroite avec de fortes potentialités au moment des vendanges. Cette observation nous parait très rassurante.

Le 2ème axe peut être expliqué par les caractéristiques physico-chimiques liées à l'acidité. En effet, l'acidité totale (RACI), les teneurs en acides tartrique (RTAR) et malique (RMAL) ont des contributions fortes sur celui-ci.

Il est aussi à remarquer que la notion gustative acide (GACI) participe autant que la variable RMAL au premier facteur. L'acide malique est dans ce cas un marqueur préférentiel du caractère acide apprécié par la dégustation.

TABLEAU VII

Qualité de représentation (QLT) ou de corrélation de quelques variables actives sensorielles des vins et physico-chimiques des moûts de Cabernet franc pour les facteurs 1,2. Cas du millésime 1988

Variables sensorielles	QLT1 COR F1	QLT2 COR F2	Variables physico-chimiques	QLT1 COR F1	QLT2 COR F2
RIGF	0,606	0,102	Sucres totaux RSUC	0,759	0,012
VINT	0,864	0,036	Acidité totale RACI	0,074	0,609
OIGF	0,742	0,031	Acide tartrique RTAR	0,109	0,544
OIFR	0,737	0	Acide malique RMAL	0,258	0,319
GIAT	0,804	0	pH RpH	0,049	0,046
GACI	0,244	0,017	Anthocyanes RANT	0,262	0,119
GEQU	0,641	0,041	Polyphénols totaux RBLY	0,540	0,075
GIFB	0,760	0,037			
GHAR	0,776	0,034			
EQLT	0,701	0,058			

b) Représentation simultanée de quelques vins de l'essai.

Dans cette représentation (figure 10), là aussi, chaque vin figure trois fois, deux fois en tant que vin perçu au travers des groupes actifs (GR1 : données sensorielles et GR2 : données vendanges) et une fois en tant que vin moyen qui figure au centre de gravité des deux premiers groupes.

Le vin de la séquence 1POY possède des critères sensoriels puissants et harmonieux (1PO1). Les déterminations effectuées au moment des vendanges ont laissé envisager un vin équilibré, charpenté et souple. Il possède effectivement les plus fortes teneurs en sucres totaux et en anthocyanes. L'indice polyphénol et le pH sont les plus élevés.

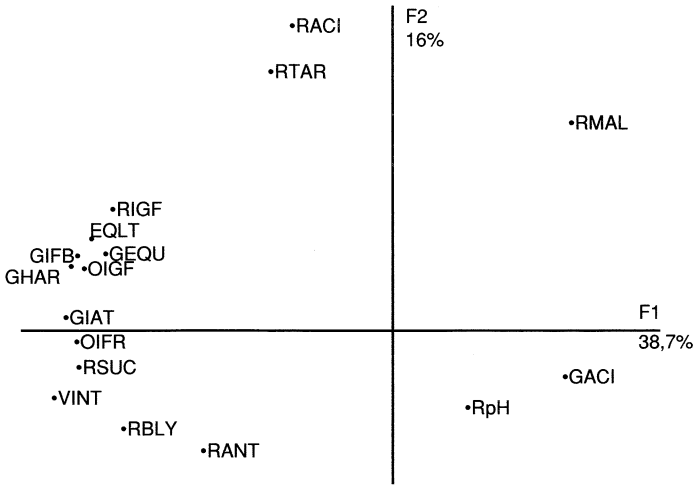


Fig. 9 — Représentation sur le plan factoriel des données sensorielles des vins de Cabernet franc de divers terroirs et des caractéristiques de leurs moûts. Cas du millésime 1988.

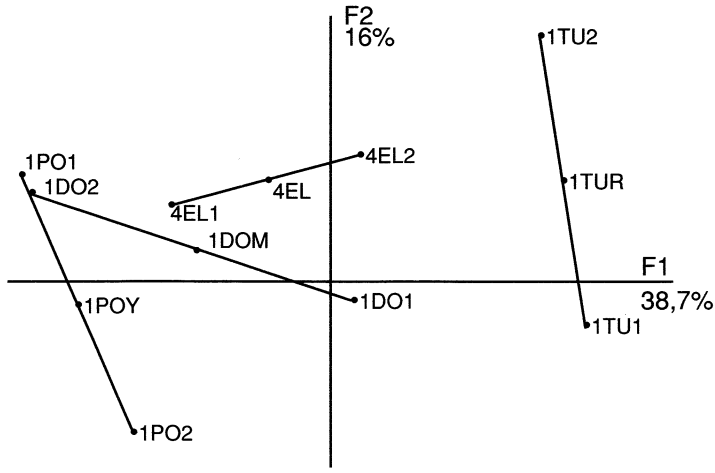


Fig. 10 — Représentation sur le plan factoriel 1,2 des données sensorielles des vins de Cabernet franc de divers terroirs et des caractéristiques de leurs moûts. Cas du millésime 1988.

Le cas du vin 1DOM, pris comme exemple vient en contradiction. Il a une forte potentialité (1DO2), ses caractéristiques sensorielles (1DO1) l'ont désavantagé et il se trouve dans le groupe des vins sans critères prépondérants.

Au contraire le vin 4EL, avec des teneurs qualitatives au moment de la vendange, moyennes (4EL2), produit un vin très correct. Il participe en effet largement à la définition organoleptique « Puissance et Harmonie » du premier axe (4EL1).

On peut constater que le vin 1TUR, de qualité déficiente (forte acidité - forte teneur en acide malique - faible degré alcoolique potentiel - indice polyphénolique et anthocyanes de faibles niveaux) a effectivement produit un vin avec peu de structure, acide et manquant de typicité.

CONCLUSION

En France, la connaissance des terroirs viticoles et leur influence sur les vins a surtout été empirique.

L'Unité de Recherches sur la Vigne et le Vin de l'INRA d'Angers a eu la volonté d'apporter sa contribution dans ce domaine.

L'essai terroir a permis de vérifier la validité de la méthode de caractérisation intégrée, basée sur la notion de séquence écogéopédologique, au travers d'un réseau de parcelles expérimentales.

La typologie des vins issus de Cabernet franc est effectuée à partir d'un fichier de données sensorielles ou les principaux groupes actifs de la dégustation ont le même poids. L'Analyse Factorielle Multiple (AFM) permet de résoudre ce problème. Cette analyse descriptive confirme une influence considérable du milieu naturel sur les caractéristiques organoleptiques des vins produits.

L'analyse multifactorielle dégage un facteur prépondérant lié aux critères d'Harmonie et de Puissance. Elle amplifie la description et contribue grandement à la résolution des hypothèses qui ont été formulées.

La relation entre la typologie sensorielle et les caractéristiques physico-chimiques des vins et des vendanges correspondantes a été abordée.

Dans le cas du millésime 1988 et parmi les paramètres analysés des vins, l'intensité colorante est en relation directe avec les caractères visuels déterminés par l'ensemble du jury. Ce point particulier a un poids considérable lors de la définition de la notion de « Puissance et d'Harmonie », facteur primordial de la qualité.

De plus, aux vendanges, l'analyse des sucres totaux, la détermination de l'indice polyphénolique et à un degré moindre, la potentialité anthocyanique sont des marqueurs à pri-

vilégier, ils contribuent grandement à la notion de typicité. Cette typologie effectuée fait remarquer plus particulièrement que le pouvoir anthocyanique ou polyphénolique de Cabernet franc est plus déterminant au moins dans le contexte de l'étude, que le potentiel acquis sur le vin correspondant.

Les perspectives d'une telle démarche sont nombreuses. Il n'est pas illusoire, par une analyse fine des constituants nobles de la baie du Cabernet franc de déterminer des marqueurs préférentiels (les polyphénols en particulier) qui doivent contribuer à une définition objective de la qualité.

Dans ce contexte, le viticulteur aura à sa disposition des critères sélectifs qui seront facteurs d'originalité sur les vins produits. Il utilisera, par exemple, sur des vendanges parfaitement caractérisées, les techniques œnologiques les mieux appropriées afin de renforcer objectivement la typicité naturelle des vins de chaque terroir.

Ainsi, au travers de cette diversité qui est une grande richesse de la France, une typicité alliée à une authenticité seront déterminantes. A terme, elles seront un guide pour le consommateur.

Manuscrit reçu le 21 octobre 1991; accepté pour publication le 10 juillet 1992

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASSELIN C., MORLAT R., LEON Huguette, ROBICHET Jacqueline, REMOUE M. et SALETTE J., 1983. Méthode d'analyse sensorielle adaptée à la caractérisation des vins rouges issus de terroirs différents. *Sc. Aliments*, **3**, 245-263.

ASTRUC H., JACQUINET J.C. et HERITIER J., 1981. Un exemple de zonage synthétique: l'Aude. Séminaire Agrométéorologique/Vigne. Bordeaux. *Numéro spécial Vignes et Vins*, septembre 1982.

ESCOFIER Brigitte et PAGES J., 1983. Méthodes pour l'analyse de plusieurs groupes de variables : application à la caractérisation de vins rouges du Val de Loire. *Revue de statistique appliquée*. Vol. XXXI, n°2, 43-59.

ESCOFIER Brigitte et PAGES J., 1984. *L'analyse factorielle multiple*. 68 p.,Cahiers du Bureau Universitaire de Recherche Opérationnelle. Série Recherche, n°42. Université Pierre et Marie Curie. Paris.

ESCOFIER Brigitte et PAGES J., 1985. *Mise en oeuvre de l'analyse factorielle multiple pour des tableaux numériques qualitatifs ou mixtes*. Rapport IRISA n°263. Rennes.

ESCOFIER Brigitte et PAGES J., 1988. *Analyses factorielles simples et multiples. Objectifs, méthodes et interprétation*. DUNOD éd. Paris. 1988.

LAVILLE P., 1990. Le terroir, un concept indispensable à l'élaboration et à la protection des appellations d'origine. *Bulletin de l'O.I.V.*, mars-avril 1990, 709-710.

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**, 4, 219-243.

MORLAT R., 1989. Le terroir viticole : contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins. Application aux vignobles rouges de moyenne vallée de la Loire. *Thèse Doctorat d'Etat*. Université de Bordeaux II.

MORLAT R. et ASSELIN C., 1990. Une approche objective des terroirs et typologie des vins en Val de Loire. Ind. *Alim. Agric.*, **107**, n°5, 367-372.

SEGUIN G., 1970. Les sols viticoles du Haut-Médoc. Influence sur l'alimentation en eau de la vigne et sur la maturation du raisin. *Thèse Doctorat ès Sciences Naturelles*. Université de Bordeaux.