

## ESTIMATION DE LA VALEUR VITICOLE DES TERROIRS PAR LES CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DE LEUR SOL

C. CUINIER \*, J. NIGOND \*\* et P. GALZY \*\*\*

\* Centre Technique Expérimental de l'Institut Technique de la Vigne et du Vin  
14, rue Étienne Pallu, 37033 Tours Cedex (France)

\*\* Laboratoire de Bioclimatologie des plantes pérennes,  
Institut Universitaire de Technologie, B.P. 29, 69170 Aubières (France)

\*\*\* Chaire de Génétique et de Microbiologie  
Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 34060 Montpellier (France)

### INTRODUCTION

La qualité du vin dépend de la technologie mise en œuvre pour son élaboration. Mais ses caractéristiques organoleptiques sont aussi liées à l'origine de la matière première, donc au milieu où la vigne est cultivée : le terroir viticole. Les vignobles sont souvent établis dans des régions naturelles très hétérogènes ; c'est pourquoi l'unité de base homogène, le terroir viticole, présente une étendue souvent très restreinte, de l'ordre d'un hectare. Un terroir peut être défini par la situation géographique, les caractéristiques géologiques et pédologiques du sol, le climat, le matériel végétal et les facteurs humains (pratiques culturelles, législation). Compte tenu de l'influence considérable du terroir sur la qualité de la production viticole, il est intéressant de bien le caractériser. Actuellement, les méthodes d'étude utilisées sont soit trop fragiles, soit trop partielles : elles ne rendent qu'imparfaitement compte des facteurs responsables de l'originalité du terroir viticole.

Il est actuellement fait appel à divers types de méthodes.

— La dégustation est largement utilisée soit pour la délimitation des aires d'appellation soit pour l'octroi, chaque année, de divers labels. Elle est très subjective, peut être faussée par des erreurs technologiques ou par l'emploi de méthodes de vinification différentes selon les producteurs.

— L'analyse statistique des caractéristiques de la production (rendement, degré alcoolique, acidité, pH, etc.) a le mérite de l'objectivité. Il est toujours possible de reprocher aux données analytiques d'être incomplètes et de ne pas traduire tous les aspects fondamentaux de la qualité. Mais la simple étude des données analytiques courantes permet un premier classement objectif des aires viticoles.

— Le mésoclimat et le microclimat ont une influence considérable sur la production viticole (NIGOND, 1971, 1972). Mais les études réalisées sont rares.

— L'étude des caractéristiques géologiques et pédologiques des sols a été par contre très largement utilisée. Les exemples sont nombreux : en Bourgogne (BLAQUIERE, 1967), (BERTRAND, 1969) ; dans la vallée de la Loire (MORLAT, 1975), (KRIEGK, 1975), (BISSON et STUDER, 1975) et en Bordelais (BOUTOT, 1964), (COMPAGNON, 1970), (SEGUIN, 1965, 1970), (PUCHEU-PLANTE et SEGUIN, 1975), (DUTEAU, 1976), (DONECHE, 1976). En Languedoc, GUILLERM et *al.* (1973) et le S.U.A.D. Chambre d'Agriculture de l'Aude (1973) ont effectué une étude plus globale prenant en compte outre les caractéristiques édaphiques, des données climatiques et botaniques. En fait, il semble qu'il soit difficile de formuler un jugement valable sur un terroir viticole en se basant essentiellement sur les données pédologiques.

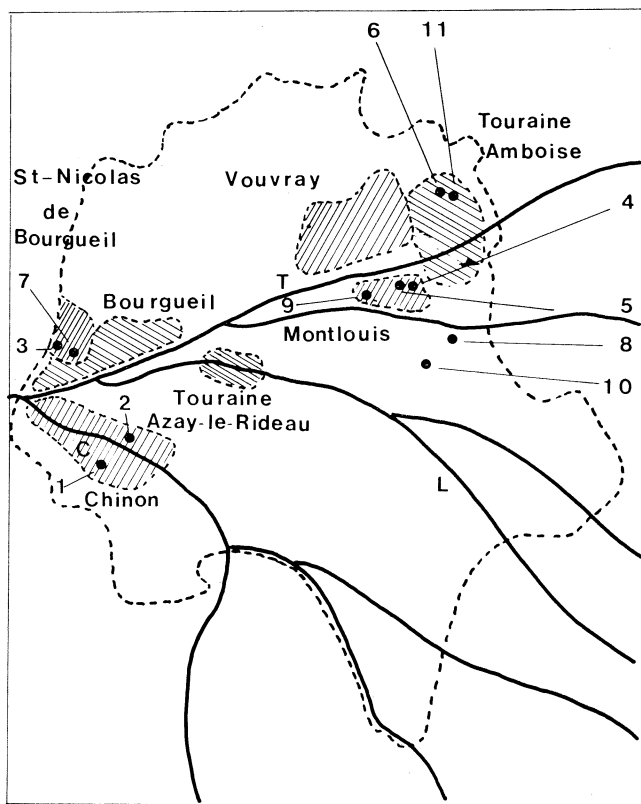


Fig. 1. — Carte de Touraine (indre-et-Loire). Situation des terroirs viticoles étudiés.

Le but de cette note est de montrer que l'étude de la microflore des sols peut constituer un élément important pour la définition des terroirs viticoles. CUINIER et *al.* (1976 a, 1976 b, 1976 c) ont montré que la

microflore édaphique est un bon test permettant la mise en évidence des modifications induites dans les sols viticoles par l'apport d'agents fertilisants ou par l'utilisation de pratiques culturales diverses. Nous tenterons ici d'utiliser la microbiologie du sol pour mesurer la valeur viticole de plusieurs terroirs.

## MATERIEL ET METHODES

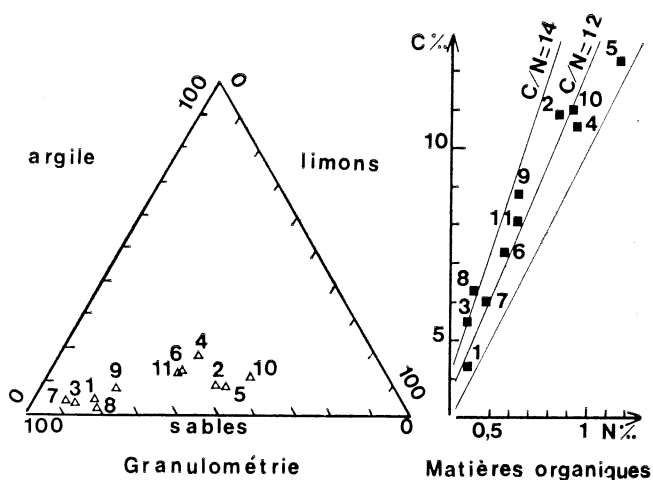


Fig. 2. — Caractéristiques des terroirs.

### I. — Cadre de l'expérience.

Les résultats présentés ont été obtenus en 1971 et 1972 dans onze terroirs choisis dans les vignobles majeurs de la Touraine. Leur situation est indiquée sur la figure 1.

## II. — Méthodes analytiques.

Le mode de prélèvement du sol, les analyses microbiologiques, physiques et chimiques du sol, les analyses au niveau de la vigne et la méthode statistique employée ont été décrits précédemment (CUINIER, 1975 b, CUINIER et al. 1976 a).

Les prélèvements ont été effectués trois fois par an, au cours du repos végétatif, au cours de la croissance et au moment de la maturation.

### RESULTATS EXPERIMENTAUX

#### A. — Etude physico-chimique du sol et présentation des terroirs.

Les principales caractéristiques physiques et chimiques des sols ont été représentées sur la figure 2. Le profil pédologique et la répartition de l'enracinement ont été décrits par ailleurs (CUINIER, 1975 a). Les caractéristiques principales des terroirs sont indiquées ci-après.

*Terroir 1* : Il est situé dans la région de Chinon. Le sol est sableux peu caillouteux, profond, mais acide et pauvre au point de vue chimique. Le vignoble est constitué de Cabernet Franc greffé sur *Vitis riparia* X *V. rupestris* 3309 C.

*Terroir 2* : Il appartient à la zone d'AOC Chinon. Le sol est un limon sableux très caillouteux, chimiquement riche. Il repose sur argile à silex. Il présente des horizons très compactés entre 15 et 45 cm ce qui entraîne un très mauvais enracinement, développé surtout en surface. Il est planté de Cabernet Franc greffé sur *V. riparia* Gloire.

*Terroir 3* : Il est situé dans la région de Bourgueil. Le sol est un sable graveleux très profond. Les racines de vignes sont abondantes et très bien réparties au moins jusqu'à 1 m de profondeur. Le sol est pauvre surtout en matières organiques et en potasse. L'encépagement est constitué de Cabernet Franc greffé sur *V. riparia* X *V. rupestris* 3309C.

*Terroir 4* : Ce terroir fait parti de l'AOC Montlouis. Le sol est un sable limoneux reposant sur un sable argileux qui est compact entre 50 et 60 cm. Pour cette raison, les racines sont surtout développées dans les horizons superficiels. C'est un sol neutre et riche au point de vue chimique. Le cépage est le Pineau de la Loire greffé sur *V. riparia* Gloire.

*Terroir 5* : Il est situé dans la région de Montlouis. C'est un sol limono-sableux peu profond ; la roche mère calcaire n'est qu'à 40 cm. Pour cette raison l'enracinement est abondant mais très limité en surface. C'est un sol légèrement alcalin, riche en matières organiques et en éléments fertilisants. L'encépagement est constitué de Pineau de la Loire sur *V. riparia* Gloire.

*Terroir 6* : Il fait partie du vignoble d'Amboise. Il est constitué de sables miocènes décalcifiés portés par l'argile à silex. Le sol est sablo-

limoneux, peu argileux. Il est neutre, assez bien pourvu en matière organique. Il présente une teneur en azote un peu faible et un rapport C/N élevé. L'enracinement est profond mais du fait de compactages, le profil n'est bien exploré que jusqu'à 40 cm. La vigne est très vieille, complantée vers 1920 avec des cépages variés.

*Terroir 7* : Il est situé dans la région de Bourgueil. Le sol dépourvu de gravier et de cailloux est sableux. Le pH est neutre, les teneurs en matière organique et en azote sont faibles. C'est un sol très profond, bien exploré par les racines de la vigne. Le vignoble a été constitué de Cabernet Franc greffé sur 93.5 Couderc.

*Terroir 8* : Il appartient à la vallée du Cher. Il est proche de Francueil. Le sol, provenant d'alluvions anciennes, est un sable limoneux, très pauvre en argile. Il est peu caillouteux, légèrement acide, pauvre en matière organique. Les taux de potasse et d'acide phosphorique sont faibles. L'enracinement de la vigne est profond. Le cépage est le Grolleau, le porte-greffe est le *Vitis riparia* X *V. rupestris* 3309 C.

*Terroir 9* : Il appartient au vignoble de Montlouis. Le sol est un sable limoneux peu argileux reposant sur argile à silex. le pH est neutre, les teneurs en matière organique et en azote sont normales. les taux d'acide phosphorique et de potasse sont suffisants. Cette plantation a été réalisée avec le pineau de la Loire greffé sur *V. riparia* X *V. rupestris* 3309 C.

*Terroir 10* : Il est situé à proximité de Francueil au sud de la vallée du Cher. Le sol est un limon sableux caillouteux, il est très bien pourvu en matière organique, acide phosphorique et potasse. Les racines de vigne explorent bien le sol et le sous-sol. Le cépage est le Gamay noir à jus blanc greffé sur *V. riparia* X *V. rupestris* 3309 C.

*Terroir 11* : Ce terroir est très proche du terroir 6. Les caractéristiques pédologiques sont semblables. Toutefois le sol est un peu plus riche que celui du terroir 6 en matière organique, azote, magnésie et acide phosphorique. Le cépage est le Gamay Noir à jus blanc greffé sur Teleki 5 BB.

Les caractéristiques physicochimiques des terroirs viticoles choisis sont très différentes. Cette variabilité du facteur sol, fréquente dans les régions viticoles apparaît nettement en Touraine.

#### **B. — Microflore édaphique des terroirs viticoles.**

Pour chaque terroir, trois prélèvements ont été réalisés chaque année. Dans le tableau I les valeurs moyennes de chaque groupe microbien sont indiquées pour chaque terroir afin de situer le niveau de la microflore. L'analyse statistique des résultats par la méthode des plans plurifactoriels met en évidence l'effet direct des trois facteurs contrôlés (terroir - saison - année) et les interactions de premier ordre. Le tableau II montre que

TABLEAU I

Valeurs moyennes des populations par gramme de sol sec  
des groupes microbiens exprimés en logarithmes décimaux  
pour chaque terroir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Flore totale (milieu liquide)	7,15	7,75	7,02	8,09	7,86	7,28	7,39	7,20	7,76	7,83	7,54
Flore totale milieu solide)	6,73	7,55	6,76	7,60	7,93	7,06	7,21	6,95	7,52	7,73	7,43
Champignons	4,89	5,18	4,52	5,01	5,51	4,36	4,43	4,70	4,90	5,14	4,88
Actinomycètes (chitine)	5,77	6,53	5,75	6,70	6,83	6,26	6,23	5,82	6,34	6,60	6,32
Actinomycètes (asparaginate)	5,36	6,29	5,40	6,47	6,54	5,79	5,81	5,38	6,02	6,26	6,00
Bactéries aérobies fixatrices de l'azote	6,19	6,47	5,92	6,18	6,58	5,70	6,44	5,90	6,55	6,54	6,18
Bactéries anaérobies fixatrices de l'azote	3,61	4,08	2,87	4,23	4,13	2,91	3,50	3,94	3,99	4,20	3,61
Germes protéolytiques	5,72	6,65	5,92	7,01	6,76	6,33	6,97	6,17	7,06	6,93	6,46
Germes ammonifiants	7,75	8,32	7,74	8,46	8,61	7,65	8,50	8,02	8,80	8,93	8,38
Bactéries nitreuses	2,08	3,02	3,26	3,41	3,40	3,16	3,13	3,00	3,57	3,33	3,34
Bactéries nitriques	2,29	3,40	4,14	3,75	3,16	3,54	3,46	3,72	4,32	4,46	4,10
Bactéries dénitrificatrices	4,41	4,72	4,85	5,34	5,60	4,60	4,93	4,84	5,10	5,73	5,19
Germes amylolytiques	6,42	6,40	6,38	6,49	6,31	6,11	6,05	5,91	6,79	6,60	6,66
Germes pectinolytiques	5,55	5,95	5,38	5,94	6,46	5,27	5,76	5,46	6,17	6,19	6,16
Germes cellulolytiques aérobies	4,24	3,99	3,90	4,49	4,05	3,85	4,33	4,22	4,20	4,48	4,00
Germes cellulolytiques anaérobies	2,16	4,53	3,35	4,21	4,90	2,81	3,93	3,71	4,71	4,73	4,30
Germes réducteurs du soufre oxydé	0,97	1,90	1,55	2,12	1,99	1,16	2,97	1,94	2,14	3,56	2,05
Germes oxydants du soufre	2,59	4,35	3,29	4,18	4,59	4,05	3,32	3,28	4,77	4,49	4,35

**TABLEAU II**

**Influence des facteurs terroir, saison et année sur la microflore (1971-72)**

x Significatif au seuil de 5 p. 100  
 xx Significatif au seuil de 1 p. 100

	Terroir 1	Saison 2	Année 3	Interactions		
				1 x 2	1 x 3	2 x 3
Flore totale (milieu liquide)	xx	x				x
Flore totale (milieu solide)	xx	xx				
Champignons	xx			xx		
Actinomycètes (chitine)	xx			xx		x
Actinomycètes (asparaginate)	xx	xx				xx
Bactéries aérobies fixatrices de l'azote	x	xx				xx
Bactéries anaérobies fixatrices de l'azote	xx	x	xx			xx
Germes protéolytiques	x					
Germes ammonifiants		xx	xx			xx
Bactéries nitreuses	x	xx				
Bactéries nitriques	xx	x	xx			
Bactéries dénitrificatrices		xx				
Germes amylolytiques		xx				xx
Germes pectinolytiques	xx		xx			x
Germes cellulolytiques aérobies						xx
Germes cellulolytiques anaérobies	xx		xx			
Germes réducteurs du soufre oxydé	xx					
Germes oxydants du soufre	xx					

le facteur année a influencé 5 groupes, le facteur saison 10 groupes et le facteur terroir 14 groupes microbiens. Le facteur saison correspond à la période de prélèvement. Le facteur terroir est donc parmi les facteurs contrôlés celui qui est le plus déterminant pour la microflore du sol.

Dans le tableau III, en face de chaque groupe microbien, les terroirs représentés par leur numéro sont classés par ordre décroissant de la population microbienne. Les numéros des terroirs pour lesquels il n'existe pas de différence significative au seuil de 5 p. 100 entre moyenne de population microbienne sont reliés par un trait continu. Un classement des terroirs est ainsi réalisé en fonction de chaque groupe microbien.

Certains groupes microbiens n'ont pas permis de différencier les terroirs : les germes ammonifiants, amyolytiques, cellulolytiques aérobies et les bactéries dénitrificatrices. Mais pour tous les autres groupes des différences significatives apparaissent et chaque terroir diffère de chacun des autres par au-moins une caractéristique microbiologique. Par exemple, des sols très voisins au point de vue chimique comme les terroirs 6 et 11 sont nettement différenciés par leurs caractéristiques microbiologiques. Des différences apparaissent au niveau de six groupes : flore totale en milieu solide, champignons, bactéries anaérobies fixatrices de l'azote, germes pectinolytiques, cellulolytiques anaérobies, réducteurs du soufre. Le sol n° 11 est le plus riche.

Les différences au point de vue de la microflore édaphique sont grandes entre terroirs viticoles. La microbiologie des sols permet donc de différencier avec finesse les terroirs viticoles.

### **C. — Corrélation entre la microflore du sol et quelques paramètres viticoles.**

Les corrélations entre les paramètres viticoles retenus et certains groupes microbiens ont été recherchées. Pour chaque parcelle sont pris en considération la population moyenne annuelle du groupe microbien exprimé en logarithme décimal d'une part et une donnée viticole d'autre part mesurée au moment de la vendange : rendement (kg de raisin récolté à l'hectare), alcool probable, acidité totale, indice de maturité du moût.

Le tableau IV montre que des corrélations significatives existent entre la microflore du sol et les données viticoles.

#### *1. — Le rendement.*

Il varie de 1.415 à 25.700 kg par ha.. Il est en corrélation positive avec la population des ferments nitreux et nitriques, des actinomycètes (milieu à la chitine), des bactéries fixatrices de l'azote anaérobies, des germes réducteurs du soufre oxydé et oxydants du soufre.

TABLEAU III

Classement des terroirs par ordre décroissant des populations microbiennes du sol (1971-72)

	Terroirs										
Flore totale (milieu liquide)	4	5	10	9	2	11	7	6	8	1	3
Flore totale (milieu solide)	5	10	4	2	9	11	7	6	8	3	1
Champignons	5	2	9	10	4	1	11	8	3	7	6
Actinomycètes (chitine)	5	4	10	2	9	11	6	7	8	1	3
Actinomycètes (asparaginate)	5	4	2	10	9	11	7	6	3	8	1
Bactéries aérobies fixatrices de l'azote	5	9	10	2	7	1	11	4	3	8	6
Bactéries anaérobies fixatrices de l'azote	4	10	5	2	9	8	11	1	7	6	3
Germes protéolytiques	9	4	7	10	5	2	11	6	8	3	1
Germes ammonifiants	10	9	5	7	4	2	11	8	1	3	6
Bactéries nitreuses	9	4	5	11	10	3	6	7	2	8	1
Bactéries nitriques	10	9	3	11	4	8	6	7	2	5	1
Bactéries dénitrificatrices	10	5	4	11	9	7	3	8	2	6	1
Germes amylolytiques	9	11	10	4	1	2	3	5	6	7	8
Germes pectonolytiques	5	10	9	11	2	4	7	1	8	3	6
Germes cellulolytiques aérobies	4	10	7	1	8	9	5	11	2	3	6
Germes cellulolytiques anaérobies	5	10	9	2	11	4	7	8	3	6	1
Germes réducteurs du soufre oxydé	10	7	9	4	11	5	8	2	3	6	1
Germes oxydants du soufre	9	5	10	11	2	4	6	7	3	8	1

TABLEAU IV

Coefficients de corrélation entre paramètres viticoles et groupes microbiens

\* Significatif au seuil 5 p. 100

\*\* Significatif au seuil 1 p. 100

	Flora totale (milieu liquide)	Actino- mycètes (chitine)	Bactéries aérobies fixatrices de l'azote	Bactéries anaérobies fixatrices de l'azote	Bactéries nitreuses	Bactéries nitriques
Rendement (kg de raisin par ha)	+ 0,168	+ 0,318**	+ 0,085	+ 0,309**	+ 0,454**	+ 0,309**
Alcool (°GL)	- 0,176	- 0,222**	- 0,048	- 0,061	- 0,260**	+ 0,150
Acidité	+ 0,190	+ 0,346**	+ 0,136	+ 0,225	+ 0,309*	+ 0,006
Indice de maturité	- 0,195	- 0,405**	- 0,099	- 0,254*	- 0,376**	+ 0,006
	Bactéries dénitrifica- trices	Germes cellulo- lytiques aérobies	Germes cellulo- lytiques anaérobies	Germes réducteurs du soufre oxydé	Germes oxydants du soufre	
Rendement (kg de raisin par ha)	+ 0,119	+ 0,100	+ 0,168	+ 0,244*	+ 0,327**	
Alcool (°GL)	+ 0,011	- 0,020	- 0,081	+ 0,109	- 0,051	
Acidité	+ 0,187	- 0,050	+ 0,308*	+ 0,014	+ 0,015	
Indice de maturité	+ 0,196	+ 0,100	- 0,263*	+ 0,051	- 0,151	

## 2. — *L'alcool.*

Les valeurs prises par ce facteur varient entre 7°4 et 12°1 G.L. Pour ce paramètre, il existe des corrélations négatives avec les densités d'actinomycètes et de ferments nitreux.

## 3. — *L'acidité.*

Ce paramètre dont les valeurs extrêmes ont été 5,5 et 13,95 est en corrélation positive avec les densités d'actinomycètes, de ferments nitreux et de germes cellulolytiques anaérobies.

## 4. — *L'indice de maturité.*

Cet indice a varié entre 9,5 et 32, il est en corrélation négative avec les populations d'actinomycètes, de bactéries fixatrices d'azote anaérobies et de germes cellulolytiques anaérobies.

Ces résultats montrent que la quantité et la qualité des vendanges sont en relation avec la microflore du sol. S'il existe à ce niveau un lien de cause à effet, la modification de la microflore du sol par les techniques culturales, travail du sol, fertilisation, emploi de pesticides par exemple, pourrait avoir des conséquences importantes au niveau de l'économie viticole.

Le rôle joué par les actinomycètes et les ferments nitreux doit être souligné. La transformation dans le sol de l'azote ammoniacal en azote nitreux apparaît comme un point clé de la fertilisation. Les ferments nitreux règlent le processus de nitrification. Ce dernier aboutit à l'azote nitrique, forme la plus utilisée de l'azote par la vigne. L'alimentation azotée est un des facteurs principaux de la vigueur du végétal. De cette vigueur dépendent la production du raisin, l'élaboration des sucres et des acides, c'est-à-dire la quantité et la qualité des récoltes. Quant aux actinomycètes, leur population est en corrélation étroite positive avec celle des ferments nitreux. Il pourrait exister un phénomène de synergie entre ces deux groupes. Le rôle des actinomycètes dans la formation et la minéralisation de l'humus est admis, l'importance de ce dernier pour la croissance végétale est admis également. Ces deux groupes sont aérobies. MUDLER et *al.* (1969) indiquent que dans les sols aérés, l'immobilisation par les plantes de l'azote est plus grande qu'en sol où l'oxygène fait défaut. Ces auteurs signalent également que la décomposition de la matière organique en aérobiose dégage plus d'énergie que la voie anaérobie, cause d'une synthèse plus importante de matière cellulaire. Il n'est donc pas étonnant que lorsque ces deux groupes aérobies sont stimulés, le rendement soit accru.

Les bactéries fixatrices d'azote anaérobies accroissent le taux d'azote du sol : l'augmentation corrélatrice du rendement est logique.

Les germes oxydants du soufre fournissent l'ion sulfate utilisé par les plantes et favorisent la solubilité du phosphate tricalcique assimilé par les plantes sous forme di et mono calcique. Il en résulte une meilleure croissance. Une contrepartie de la formation du sulfate est son utilisation par les germes réducteurs du soufre oxydé qui le transforment en sulfure dans les micro-habitats appauvris en oxygène.

Notons aussi les relations entre la population des germes cellulolytiques anaérobies d'une part et l'acidité et l'indice de maturité d'autre part. La corrélation est positive dans le premier cas, négative dans le second. Au cours de la cellulolyse, il y a formation, en anaérobiose de gaz carbonique, d'hydrogène, d'acides organiques et de glucides, cellobiose et glucose. Ces métabolites pourraient avoir un rôle dans la formation des acides de la vigne. KURSANOV (1957) a montré que le  $\text{CO}_2$  provenant du sol est absorbé puis fixé sur l'acide phospho-énol pyruvique avec formation d'acide malique ; ce dernier est ensuite oxydé en acide citrique (cycle de Krebs). L'acide citrique, abondant dans les racines, est ensuite transporté dans les parties aériennes où il est oxydé en acide malique. Le glucose peut également être oxydé en acide citrique dans les racines (BOUARD, 1966) selon les voies de la glycolyse et du cycle de Krebs. Mais le passage du glucose du sol dans les racines est actuellement hypothétique. Il semblerait que les racines absorberaient le gaz carbonique de l'atmosphère du sol d'autant plus activement que son taux est élevé (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970). Cela pourrait expliquer les corrélations existantes. Il serait intéressant de rechercher si les germes cellulolytiques anaérobies jouent un rôle dans la formation de l'acide tartrique.

Nous avons remarqué que l'influence de la microflore est plus marquée sur le rendement que sur les caractéristiques liées à la qualité des raisins. Nous avons étudié les corrélations entre ces caractères. Les résultats obtenus montrent qu'il existe une corrélation négative entre rendement et alcool et positive entre rendement et acidité. Mais nous n'avons pas obtenu de corrélation significative entre rendement et indice de maturité. D'autre part, pour l'année 1972, année de production faible, le rendement, l'alcool et l'indice de maturité sont en corrélation négative. L'opposition entre qualité et quantité en matière viticole, généralement admise, ne semble pas absolue; il nous semblerait souhaitable d'affiner l'étude des relations entre les caractères viticoles pour les différents cépages et les différentes régions. En Israël, des travaux de ce genre ont été réalisés par LOINGER et SAFRAN (1971). Ces auteurs ont montré que les vignes à faible rendement ne donnent pas toujours les meilleurs vins.

En tout état de cause, il ressort de ces résultats que l'étude de la microflore du sol constitue un test utilisable pour estimer la valeur viticole d'un terroir.

#### D. — La microflore, moyen de mesurer le potentiel viticole d'un sol.

Le potentiel viticole d'un terroir peut être estimé en mesurant la charge à l'hectare. Il existe en effet une relation entre le nombre de bourgeons à l'hectare (charge) et la quantité de raisin produit.

Le nombre de bourgeons à l'hectare a été compté (sauf pour le terroir 6 trop hétérogène au point de vue matériel végétal). Par ailleurs, les terroirs viticoles ont été classés en fonction de leur richesse microbienne.

Nous avons vu (tableau III) que dans son ensemble la richesse microbienne dépend du terroir. Il est possible de classer les terroirs en fonction de cette richesse. Mais cela présente des difficultés. En effet, le classement obtenu à l'aide des groupes systématiques (flore totale, champignons, actinomycètes) diffère de ceux obtenus à partir des groupes fonctionnels des trois cycles étudiés. Pour estimer la richesse microbienne du sol, constituant une évaluation de la fertilité, il est nécessaire de prendre en considération l'ensemble des groupes étudiés.

Dans un premier temps et d'une façon un peu arbitraire, nous pouvons dire que l'ensemble des groupes, flore totale (milieu liquide), flore totale (milieu solide), champignons, actinomycètes (milieu à la chitine) et actinomycètes (milieu à l'asparaginate de sodium) permet de déterminer l'aptitude d'un sol à contenir des microorganismes. Nous pouvons avancer également que les trois ensembles de groupes fonctionnels étudiés correspondant aux cycles de l'azote, du carbone et du soufre rendent compte par leur population de l'activité de ces trois cycles. En attribuant, à priori, une importance égale à ces quatre ensembles, nous proposons une méthode permettant de classer les terroirs en fonction de la richesse microbienne. Le terme richesse recouvre un aspect quantitatif et un aspect qualitatif de la microflore.

Pour établir ce classement, nous ne tenons pas compte des groupes pour lesquels nous n'avons pas relevé de différences significatives entre terroirs.

Pour les germes totaux, nous retenons les groupes flore totale (milieu solide), champignons et actinomycètes (milieu à la chitine). Le classement est réalisé en affectant à chaque terroir un nombre qui est son rang de classement, relatif à chacun des trois groupes. Pour chaque terroir, nous calculons la somme des trois nombres. La comparaison de ces sommes permet de classer les terroirs. Le plus riche en germes totaux sera celui pour lequel cette somme est la plus faible. Par exemple pour le terroir 5, la somme est  $1 + 1 + 1 = 3$  et pour le terroir 1, la somme est  $11 + 6 + 10 = 27$ . Le classement obtenu est indiqué dans le tableau V.

Nous avons utilisé la même méthode pour établir les classements relatifs aux trois cycles. Les groupes microbiens retenus sont :

— pour le cycle de l'azote : bactéries fixatrices de l'azote aérobies et anaérobies, bactéries protéolytiques, ferments nitreux et nitriques,

— pour le cycle du carbone : germes pectinolytiques et cellulolytiques anaérobies,

— pour le cycle du soufre : germes réducteurs du soufre oxydé, et oxydants du soufre.

Nous constatons que les 4 classements obtenus sont différents les uns des autres. Par exemple, le terroir 5 classé premier pour les germes totaux et le cycle du carbone est classé quatrième pour le cycle de l'azote et troisième pour le cycle du soufre. Le terroir 9, quant à lui, classé cinquième pour les germes totaux est mieux classé au niveau des groupes fonctionnels.

**TABLEAU V**

**Classement par ordre décroissant des terroirs en fonction de la richesse microbienne, de la fertilité, estimé par la taille**

Rang	Terroirs										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Germes totaux	5	10	4	2	9	11	7	6	8	1	3
Cycle N	9	10	4	5	11	2	7	3	6	8	1
Cycle C	5	10	9	11	2	4	7	8	3	1	6
Cycle S	10	9	5	11	4	7	2	6	8	3	1
Richesse microbienne	10	5	9	4	11	2	7	8	6	3	1
Fertilité (taille)	10	9	8	7	11	4	2	3		1	5

A partir de ces 4 classements, nous établissons un classement des terroirs rendant compte de la richesse microbienne du sol en procédant de la même façon que précédemment.

Quelques remarques peuvent être faites à propos de la richesse microbienne des terroirs. Parmi les terroirs où la richesse est la plus grande se trouvent les sols riches en éléments fins (argile et limons), en matière organique, en acide phosphorique et en potasse qui sont aussi des sols à pH neutre ou légèrement alcalin. Parmi les terroirs

dont la richesse microbienne est la plus faible, on rencontre des sols sableux pauvres en matière organique, en acide phosphorique et en potasse (terroir 1 et terroir 3). Mais des sols assez riches en éléments fins, en matière organique et dont le pH est neutre sont classés parmi les terroirs pauvres en microflore (terroirs 6 et 2). Par contre, le sol du terroir 9 contenant peu d'éléments fins, mais bien pourvu en matière organique, en acide phosphorique et en potasse est classé parmi les terroirs où la richesse en microflore est grande.

Il apparaît que des différences existent entre l'estimation de la fertilité du sol par les méthodes physiques et chimiques et celle réalisée à partir d'une méthode microbiologique. Les premières méthodes tiennent compte d'éléments inertes, dont certains évoluent dans le temps tandis que la seconde rend compte de l'état d'organismes vivants dans le sol.

Nous avons montré que l'on peut classer les terroirs en fonction de la microflore du sol, c'est-à-dire par rapport à un phénomène vivant. La vigne étant un végétal, les mesures que l'on peut réaliser sur ces caractéristiques rendent également compte d'un phénomène vivant. En 1974, nous avons déterminé le nombre de bourgeons laissés volontairement à la taille à l'hectare pour chaque terroir. En général, le nombre d'yeux laissés à la taille par le viticulteur dépend de la vigueur du cep. Cela permet d'estimer la fertilité d'un terroir par la taille. Par cette méthode, nous avons classé les terroirs à l'exception du terroir 6 pour lequel cela a été impossible pour les raisons déjà signalées.

Nous avons comparé ce classement à celui réalisé en fonction de la richesse en microflore (tableau V). A une place près, le classement est le même pour les terroirs : 1, 2, 3, 9, 10, 11. Pour ces terroirs existe une correspondance entre la fertilité estimée par la microflore et celle déterminée par une caractéristique viticole. Considérons les autres terroirs :

La différence est très grande pour le terroir 5. Elle est due au fait que la vigne a souffert, au cours des années 1971-72-73 qui ont été sèches à cause de la faible profondeur de la terre.

Le terroir 4 fait suite au terrain précédent; la vigne a également souffert de la sécheresse, l'alimentation en eau de la vigne a probablement été insuffisante du fait que certains horizons sont mal explorés par les racines. Cela expliquerait les différences moins accentuées que dans le cas précédent.

Pour le terroir 7, la différence entre les deux classements est liée à la taille volontairement longue (Guyot double), en raison du porte-greffe. Dans ce cas, l'estimation de la fertilité par la taille est surévaluée.

Quant au terroir 8, aucune raison n'explique la discordance enregistrée si ce n'est une taille anormalement longue. Dans les cas où les sols sont profonds, où la plante (greffon + porte-greffe) est bien adaptée

au sol et où il n'existe pas de compactage du sol, une liaison existe entre la richesse de la microflore et la taille. Il serait nécessaire de réaliser une étude comparative de ces deux paramètres sur un plus grand nombre de terroirs.

Il apparaît toutefois que plus la richesse microbienne du sol est élevée plus la charge est élevée. La charge est généralement déterminée d'une façon empirique, l'utilisation de la microflore du sol pourrait servir de test et ainsi permettrait de régler la taille de façon plus rationnelle.

### CONCLUSION

Dans une région viticole, la Touraine, il a été vérifié que les caractéristiques du sol sont très variables au point de vue pédologique d'un terroir à l'autre.

Il a été montré que la microflore du sol est différente d'une vigne à l'autre même s'il existe peu de différence au point de vue chimique.

Il est apparu que les données viticoles, charge laissée à la taille, rendement et qualité de la récolte sont liés à la microflore du sol.

La microflore édaphique peut être mesurée pour servir de test de fertilité. Cette indication permettrait de régler la charge en fournissant une donnée objective pour définir la taille. Eventuellement la mesure de la profondeur de sol exploitable pour les racines serait utilisable pour établir un terme correctif.

L'étude qualitative et quantitative de la microflore procurerait également un moyen permettant de différencier les terroirs et d'estimer leur valeur. Les applications de cette mesure seraient le choix des porte-greffes, des cépages, des pratiques culturales et enfin la délimitation des aires d'appellation d'origine contrôlée.

Utilisée conjointement avec d'autres méthodes comme la dégustation des vins, l'étude statistique des données analytiques de la production, la bioclimatologie, la pédologie, la microbiologie des sols permettrait de définir la vocation viticole des terroirs avec précision et rigueur.

### RESUMÉ

Après avoir présenté les terroirs viticoles et donné les caractéristiques physiques et chimiques de leur sol, les résultats d'analyse microbiologiques sont exposés. L'étude de la microflore du sol permet de différencier très clairement les terroirs viticoles étudiés. Des corrélations significatives entre la microflore du sol et quelques paramètres viticoles (rendement, alcool probable, acidité) sont mises en évidence. Il est apparu également que la charge (nombre d'yeux laissés à la taille) varie dans le même sens que la richesse microbienne du sol. La microflore édaphique d'un sol viticole peut être mesurée et servir de test de fertilité. Cette méthode fournit un élément d'appréciation objectif d'un terroir viticole. Elle pourrait être utilisée par exemple pour délimiter des aires d'appellation d'origine, choisir un porte-greffe, régler la taille et équilibrer la production.

## SUMMARY

In connection with microflora and physical and chemical properties of soils it is possible to show differences between viticultural areas. Significant correlations have been established between microflora and viticultural parameters (grape yield, alcoholic degree and acidity of wines). The number of buds is also in connection with microbiological fertility of the soil; determination of microflora can be used as fertility test for a viticultural soil, such as « appellation d'origine » delimitation, vine-stock choice, pruning regulation and production equilibrium.

## ZUSAMMENFASSUNG

Es werden die Rebgeleende sowie die physikalischen und chemischen Eigenschaften ihrer Boeden vorgestellt. Die Ergebnisse der mikrobiologischen Bodenanalysen gestatten eine klare Differenzierung der untersuchten Rebberge. Signifikante Beziehungen zwischen der Bodenmikroflora und einigen weinbaulichen Kenngrößen (Ertrag, Zuckergehalt, Säuregrad) sind dargelegt. Es zeigt sich, dass die Mannigfaltigkeit der Mikroflora des Bodens mit steigender Zahl angeschchnittener Augen der Reben zunimmt. Die Bodenmikroflora eines Weinberges lässt sich in Werten festhalten und kann als Maßstab seiner Fruchtbarkeit dienen. Die beschriebene Methode liefert einen Bestandteil für die objektive Beurteilung eines Rebgeleendes. Sie könnte zum Beispiel eingesetzt werden, um Gebiete von Herkunftsbezeichnungen abzugrenzen, geeignete Unterlagsreben auszuwählen, den Rebschnitt zu regulieren und die Produktion ins Gleichgewicht zu bringen.

## RESUMEN

Después de haber presentado los terrenos vitícolas y de haber expuesto las características físicas y químicas de su suelo, se exponen los resultados de análisis microbiológicos. El estudio de la microflora del suelo permite diferenciar muy claramente los terrenos vitícolas estudiados.

Se manifiestan correlaciones significativas entre la microflora del suelo y algunos parámetros vitícolas (rendimiento, alcohol probable, acidez).

Se observó igualmente que la carga (número de yemas dejadas en la poda) varía en el mismo sentido que la riqueza del suelo en microbios.

La microflora edáfica de un suelo vitícola puede ser medida y servir como test de fertilidad.

Este método proporciona un elemento de apreciación objetivo de un terreno vitícola. El método podría utilizarse por ejemplo para determinar las áreas de una denominación de origen, para escoger un porta injertos, regular la poda y equilibrar la producción.

## RIASSUNTO

Dopo aver presentato i terreni viticoli e dopo aver dato le caratteristiche fisiche e chimiche del loro suolo, i risultati d'analisi microbiologici sono esposti. Lo studio della microflora del suolo permette di differenziare molto chiaramente i terreni viticoli studiati. Correlazioni significative tra la microflora del suolo e alcuni parametri viticoli (rendimento, alcool probabile, acidità) sono messi in mostra. E apparso nello stesso tempo che la carica (numero di germogli lasciati alla potatura) varia nello stesso tempo che la ricchezza microbica del suolo. La microflora edáfica d'un suolo viticolo può essere misurata e servire di test di

fertilita. Questo metodo fornisce un elemento di valutazione oggettivo per un terreno viticolo. Potrebbe esser utilizzato per esempio, per determinare aree di appellazioni controllate, scegliere un portinnesto, regolare la potatura e bilanciare la produzione.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERTRAND R., 1969. Contribution à l'étude de quelques sols de la Côte de Nuits Saint-Georges (Côte d'Or), *Diplôme d'Etudes Supérieures*, Dijon.
- BISSON J. et STUDER R., 1975. Etude des sols du Sancerrois viticole nord. *Bull. Inst. nation. Appell. origine Vins Eaux-de-Vie*, n° 111, 3-30.
- BLAQUIERE Christiane, 1967. Contribution à la connaissance des sols et appellations d'origine de deux vignobles blancs de la Côte de Beaune, *Thèse doctorat 3<sup>e</sup> Cycle*, Dijon.
- BOUARD J., 1966. Recherches physiologiques sur la vigne et en particulier sur l'aoûtement des sarments, *Thèse doctorat d'état*, Bordeaux.
- BOUTOT B., 1964. Contribution à l'étude géologique du Blayais. Variation des faciès du Paléogène (Eocène et Oligocène), *Diplôme d'Etudes Supérieures*, Bordeaux.
- COMPAGNON S., 1970. Alimentation en eau de la vigne dans quelques sols de Graves. Influence sur le raisin, *Thèse doctorat 3<sup>e</sup> cycle*, Bordeaux.
- CUINIER C., 1975 a. Recherches sur la microflore édaphique des terroirs viticoles de Touraine. Applications culturales, *Thèse Docteur-ingénieur*, Clermont-Ferrand.
- CUINIER C., 1975 b. La microflore des sols du vignoble de Touraine, *Conn. Vigne Vin*, 9, n° 4, 209-224.
- CUINIER C., PUISAIS J. et GALZY P., 1976 a. Influence de la culture intercalaire de Ray-grass sur la microflore des sols de vigne, *Vitis*, 14, 289-301.
- CUINIER C., PUISAIS J. et GALZY P., 1976 b. Essai d'utilisation de la microbiologie des sols pour tester l'efficacité des agents fertilisants. *Vitis*, 15, 11-23.
- CUINIER C., PUISAIS J. et GALZY P., 1976 c. Etude de l'action de la non culture sur la microflore d'un sol viticole, *Conn. Vigne Vin*, 10, 3, 269-276.

- DOMMERGUES Y. et MANGENOT F., 1970. *Ecologie microbienne du sol*, Masson éd., Paris.
- DONECHE B., 1976. Effets du « mancozèbe » sur la microflore des sols de vignobles et participation des microorganismes à sa dégradation, *Thèse 3<sup>e</sup> cycle*, Bordeaux.
- DUTEAU J., 1976. Le vignoble des Côtes-de-Bourg. Les sols et le climat. Influence sur la croissance des sarments et sur la maturation du raisin, *Thèse 3<sup>e</sup> cycle*, Bordeaux.
- GUILLERM, JACQUINET, MARLANGE, ROMANE ASTRUC et SENEGAS, 1973. Etude des possibilités viti-vinicoles d'un secteur du Minervois sur des bases phytoécologiques, *Chambre d'Agriculture de l'Aude*, Carcassonne.
- KRIEGK O., 1975. Reconnaissance des sols de la vallée du Layon, *Diplôme d'Etudes Approfondies*, Rennes.
- KURSANOV A.L., 1957. *Proc. Unesco*, **6**, 494, Paris-Los-Angeles.
- LOINGER C. et SAFRAN B., 1971. Interdépendance entre le rendement, la maturation des raisins et la qualité des vins, *Ann. Technol. agric.*, **20**, n° 3, 225-240.
- MORLAT R., 1975. Les sols du Saumurois. Pédologie et utilisation agronomique appliquée au vignoble, *Thèse 3<sup>e</sup> cycle*, Poitiers.
- MUDLER E.G., LIE T.A. et WOLDENDORP, 1969. Biologie et fertilité du sol in *Biologie des sols (Unesco)*, 165-214.
- NIGOND J., 1971. Le rôle du climat en viticulture, 1<sup>re</sup> Partie, *Conn. Vigne Vin*, **5**, n° 4, 461-487.
- NIGOND J., 1972. Le rôle du climat en viticulture, 2<sup>e</sup> Partie, *Conn. Vigne Vin*, **6**, n° 1, 17-55.
- PUCHEU-PLANTE B. et SEGUIN G., 1975. Les sols viticoles du Sauternais. *Conn. Vigne Vin*, **9**, n° 3, 141-163.
- SERVICE D'UTILITE AGRICOLE ET DE DEVELOPPEMENT, Chambre d'Agriculture de l'Aude, 1973. Premiers résultats de l'étude agro-écologique dans le Minervois de l'Aude, *Agric. Audoise*, n° 124, 3-37.