LA MICROFLORE DES SOLS DU VIGNOBLE DE TOURAINE

C. CUINIER

Centre Technique Expérimental de l'Institut Technique du Vin
14, Rue Etienne Pallu - 37000 Tours (France)

INTRODUCTION

La microflore des sols viticoles est rarement étudiée. On connaît pourtant l'importance de cette micropopulation sur les processus d'humification et de minéralisation de la matière organique et par voie de conséquence sur l'alimentation des végétaux même s'il reste encore beaucoup à découvrir dans ce domaine (BOULLARD et MOREAU, 1962). Le travail présenté a pour objectif de connaître la composition microbiologique du vignoble de Touraine, de suivre son évolution au cours de trois années et de la comparer à celle d'autres sols.

MATERIEL ET METHODES

I. — DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

Dans le vignoble de Touraine quarante parcelles ont été retenues pour cette étude. Elles sont différentes par la nature de leur sol, ou par les pratiques culturales appliquées, ou par ces deux facteurs à la fois.

Les valeurs analytiques fournies par l'analyse physique et chimique de la couche superficielle (— 5 à — 25 cm) des sols ont été indiquées par ailleurs (CUINIER, 1975). Seules les valeurs extrêmes des principaux paramètres mesurés sont indiquées pour montrer la diversité des parcelles.

Analyse physique.

Pourcentage gravier + cailloux 1,2 à 36 p. 100.
Analyse granulométrique de la terre fine (inf. 2 mm)

Calcaire (p. 100)	0 à 1,2
Argile (p. 100)	1,9 à 18,0
Limon (p. 100)	4,2 à 22,5
Limon grossier (p. 100)	4,0 à 29,6
Sable fin (p. 100)	6,8 à 27
Sable grossier (p. 100)	18,5 à 75

Analyse chimique.

pH	4,7	à	7,9
Carbone (g par kg)	2,1	à	15,6
Azote (g par kg)	0,22	à	1,43
C/N	10,1	à	15
P_2O_5 (mg par kg)	90	à	447
K_2O (mg par kg)	87	à	310
MgO (mg par kg)	20	à	154

Les parcelles choisies sont donc très différentes tant au point de vue physique que chimique.

II. — LE CLIMAT.

Le travail présenté porte sur trois années d'étude dont les caractéristiques climatiques sont représentées sur la figure 1 en utilisant la méthode proposée par NIGOND (1971 et 1972).

1. — Le facteur eau.

Sur la figure 1, la hauteur (en mm) de pluie d'hiver, portée en abscisse est celle qui correspond à l'époque précédant la période active de la vigne d'octobre à mars. Les pluies d'été, dont la hauteur est portée en ordonnée, sont celles qui ont été recueillies d'avril à septembre. Le graphique indique également les précipitations annuelles totales et la proportion de pluie d'été par rapport aux précipitations annuelles.

Les précipitations ont été abondantes en 1970 surtout en hiver. Elles ont été faibles pendant les deux autres années avec des pluies d'été plus abondantes en 1971 qu'en 1972. Au cours de cette étude le climat est devenu de plus en plus sec.

2. — Le facteur température.

Trois périodes du cycle végétatif de la vigne sont considérées : janvier à avril (repos végétatif), avril à juillet (croissance), juillet à septembre (maturation) (fig. 1). Pour les trois graphiques, la moyenne des températures minimales est portée en abscisse, et la moyenne des températures maximales en ordonnée.

L'année 1970 a été froide pendant la période de repos végétatif et relativement chaude pendant la croissance et la maturation.

L'année 1971 est celle où le facteur température a été le plus favorable pendant la croissance et la maturation de la vigne.

En 1972 la température est élevée pendant le repos végétatif mais froide pendant la croissance et la maturation.

Le climat a été très différent d'une année à l'autre au cours de l'étude.

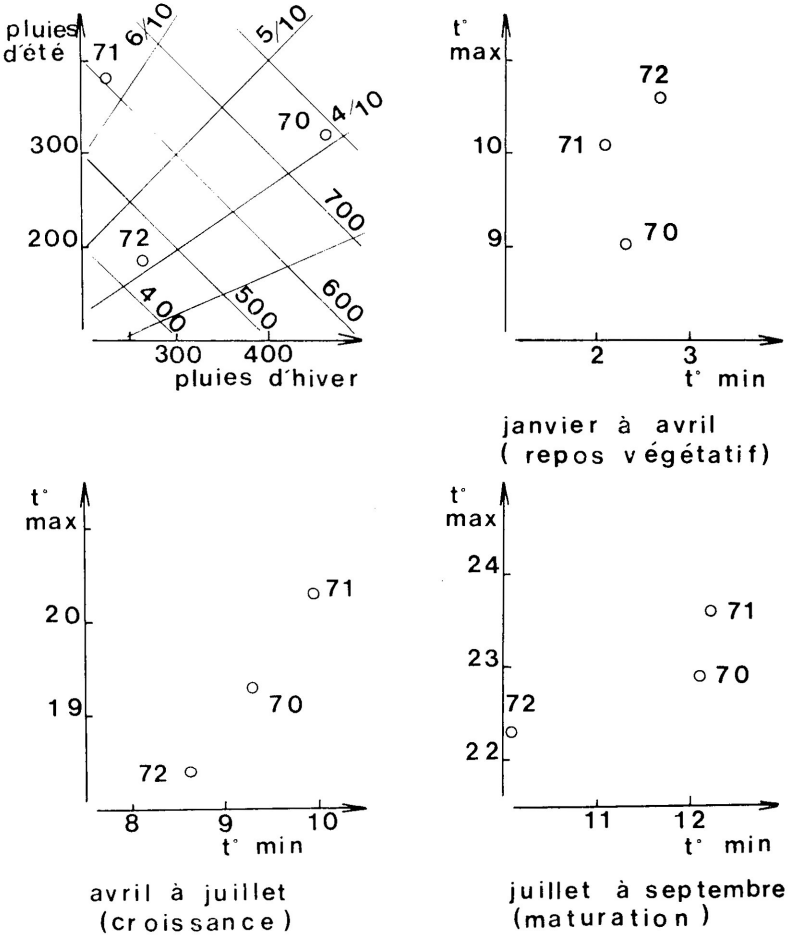


Fig. 1. — Caractéristiques climatiques des années 1970 à 1972 à Tours.

III. — LES PRELEVEMENTS.

Trois périodes de prélèvement ou saisons ont été choisies. Elles correspondent à des étapes du cycle végétatif de la vigne :

Saison 1 : repos végétatif (entre le mois de janvier et le débourrement).

Saison 2 : croissance (du débourrement à la nouaison).

Saison 4 : maturation (de la véraison à la chute des feuilles).

Le sol est prélevé de façon aseptique entre — 5 et — 25 cm en plusieurs points et rassemblé en un échantillon moyen représentant chaque parcelle. Transporté à + 5 °C au laboratoire, le sol est soumis à l'analyse microbiologique après homogénéisation et tamisage (inf. 2 mm) le plus rapidement possible.

IV. — ANALYSES MICROBIOLOGIQUES.

La microflore du sol a été étudiée en utilisant les méthodes proposées par POCHON et TARDIEUX (1962). Nous avons dénombré d'une part des groupes systématiques (flore bactérienne totale cultivée en milieu liquide et en milieu solide, champignons et actinomycètes) d'autre part des groupes fonctionnels (bactéries fixatrices d'azote aérobies et anaérobies ; germes protéolytiques, ammonifiants, nitreux, nitriques et dénitrificateurs ; germes amylolytiques, pectinolytiques et cellulolytiques aérobies et anaérobies ; germes réducteurs du soufre oxydé et oxydants du soufre).

La numération des actinomycètes a été réalisée également sur milieu à la chitine (LINGAPPA et LOCKWOOD, 1961) qui ne donne pas toujours les mêmes résultats que le milieu à l'asparaginate de sodium glycérol.

RESULTATS

La microflore des sols de vignoble de Touraine n'étant pas connue l'étude de ses variations dans le temps est présentée. Ainsi dans une première approche le rôle des facteurs saison et année pourra être dégagé. D'autre part, il est souvent admis que les sols viticoles possèdent des caractéristiques très spécifiques en particulier ceux produisant des vins d'appellation d'origine contrôlée. En comparant sommairement la microflore des sols de ces vignobles à celle d'autres sols, il sera montré si cette spécificité apparaît au niveau des caractéristiques microbiologiques étudiées.

I. — EVOLUTION DE LA MICROFLORE DANS LE TEMPS.

Au cours des différentes saisons pendant lesquelles sont effectués les prélèvements, les populations microbiennes sont mesurées dans

chaque parcelle. La **moyenne** des résultats obtenus au cours d'une même saison pour chaque groupe microbien est représentée par un point sur un graphique établi en coordonnées semi logarithmiques (ordonnée : densité microbienne en nombre de germes par gramme de sol tamisé sec, abscisse : temps). L'ordonnée de chaque point est la **moyenne** de quarante mesures sauf pour la saison 1 et 2 en 1970 où le nombre

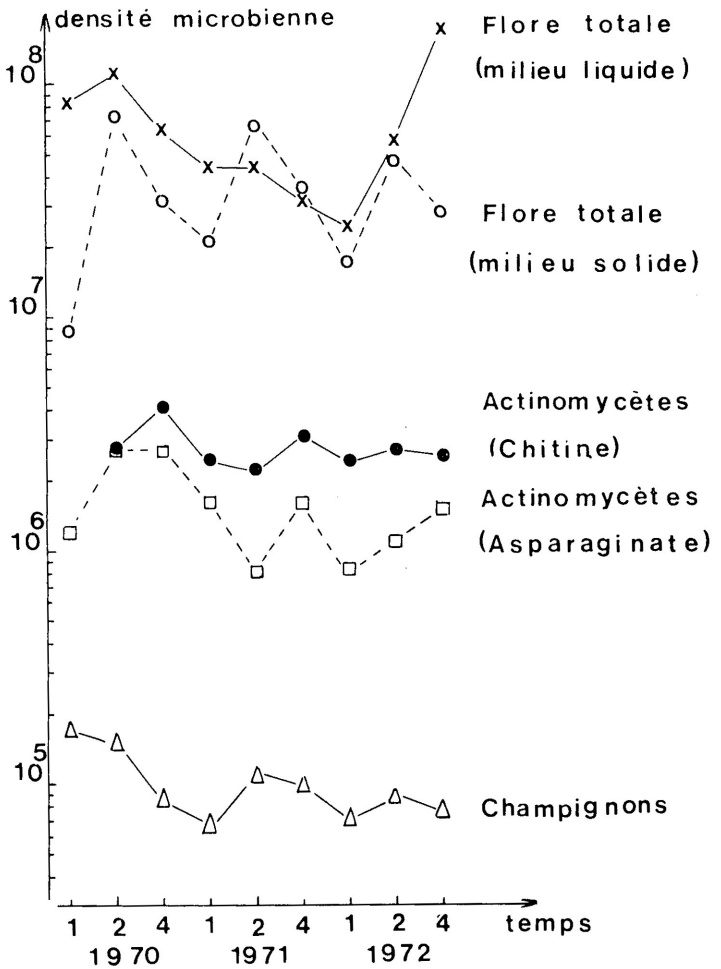


Fig. 2. — Evolution des groupes systématiques.

de mesures a été respectivement de 17 et 18. Ainsi peut être saisie l'évolution globale de quelques composants de la microflore du vignoble de Touraine pendant trois années : 1970, 1971 et 1972.

A - **Evolution des groupes systématiques.** (figure 2).

La flore totale (milieu liquide) correspond aux bactéries aérobies et microaérophiles, évolue entre 2,4 x 10^7 et 1,7 x 10^8 sans qu'apparaisse un cycle saisonnier. L'abaissement de la population de ce groupe entre la saison 2 de 1970 et la saison 1 de 1972 est notable. La sécheresse, qui s'est accrue en 1970 à 1972, est vraisemblablement la cause de ce phénomène.

Par contre, la flore totale (milieu solide) comprenant surtout des bactéries aérobies oscille entre 8,8 x 10^6 et 7,3 x 10^7. Elle suit une évolution saisonnière avec un minimum marqué au cours de la saison 1 et un maximum pendant la saison 2. Ces variations sont à relier aux différences de température du sol caractérisant les trois saisons considérées d'une part et l'assèchement relatif de la terre favorisant l'aérobiose entre l'hiver et le début de l'automne d'autre part. A ces faits s'ajoute que le sol est travaillé d'une façon plus intense et plus fréquente au cours du printemps qu'à l'automne et que les apports d'agents fertilisants sont effectués au début du printemps.

Un nombre plus grand d'actinomycètes est trouvé sur milieu à la chitine (2,2 x 10^6 à 4,1 x 10^6) que sur milieu à l'asparaginate de sodium-glycérol (8,3 x 10^5 à 2,7 x 10^6). Ce fait confirme les résultats de LINGAPPA et LOCKWOOD (1961). Pour les deux milieux les valeurs maximales sont trouvées pendant l'automne où le sol a été relativement sec, condition plus favorable aux actinomycètes qu'aux bactéries. La population des champignons varie entre 6,6 x 10^4 et 1,7 x 10^5. Elle semble indépendante de la période de prélèvement. Notons toutefois que la méthode de numération permet de compter à la fois les éléments mycéliens et les spores et reflète d'une façon très grossière la population fongique du sol.

B - **Evolution des groupes fonctionnels du cycle de l'azote.** (Figures 3 et 4).

Parmi les groupes du cycle de l'azote, certains ont des densités qui varient en fonction de la saison (bactéries anaérobies fixatrices de l'azote, bactéries protéolytiques, dénitrificatrices nitreuses et nitriques), pour d'autres la dépendance vis-à-vis du climat n'apparaît pas (bactéries aérobies fixatrices de l'azote et ammonifiantes).

La population de bactéries aérobies fixatrices de l'azote oscille entre 1,2 x 10^6 et 2,4 x 10^7. Ces valeurs sont très élevées ; il y aurait lieu de confirmer ces résultats par d'autres méthodes analytiques.

La densité de bactéries anaérobies varie de 2,2 x 10^3 à 3,2 x 10^4. Le minimum observé pendant la saison 1 et les maxima placés au cours des saisons 2 et 4 dépendraient surtout de la valeur des températures.

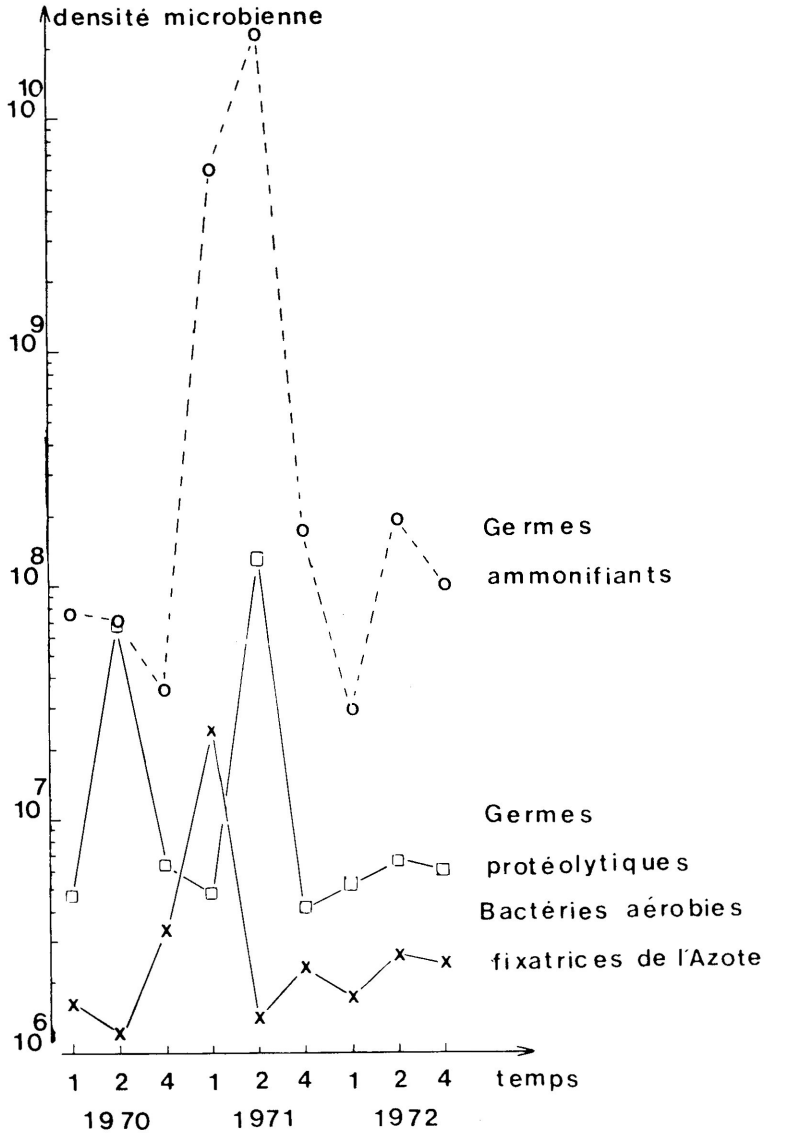


Fig. 3. — Evolution des groupes fonctionnels. (Cycle de l'azote).

Les bactéries protéolytiques ont une population qui évolue entre 4,2 x 10^6 et 1,3 x 10^8. Notons la valeur faible du maximum enregistré

pendant la phase 2 en 1972 que l'on peut expliquer par les faibles précipitations du printemps 1972.

Le domaine de variation des densités des bactéries ammonifiantes est très étendu de 2,9 x 10^7 à 2,3 x 10^{10}. Des variations aussi importantes ne se retrouvent chez aucun autre groupe pas même chez les bactéries protéolytiques dont les produits du métabolisme azoté constituent le

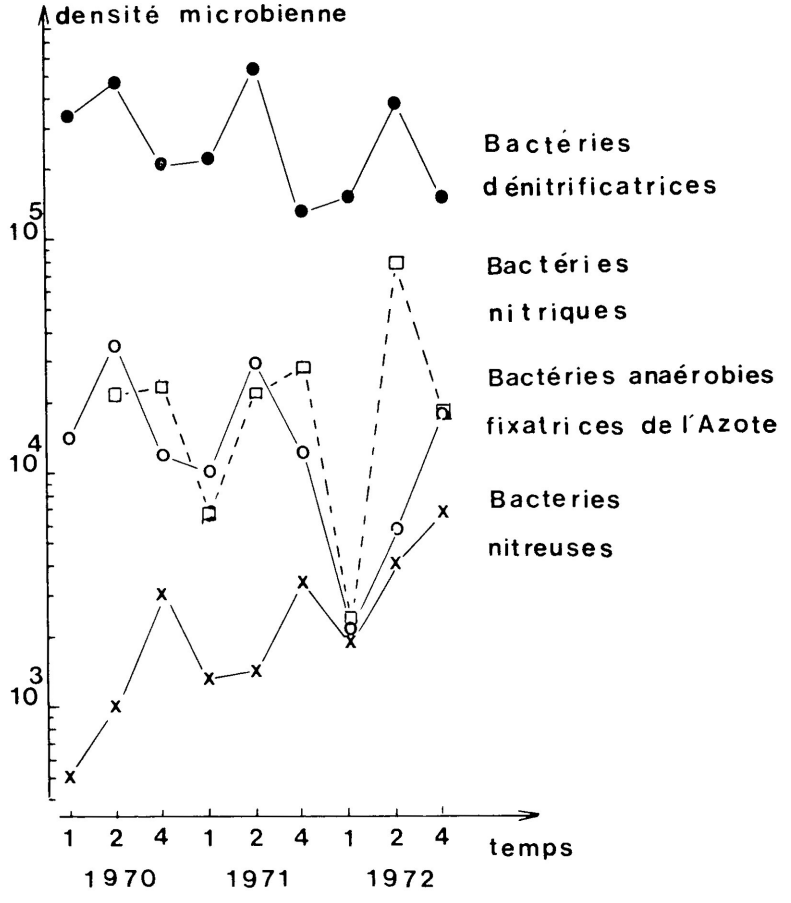


Fig. 4. — Evolution des groupes fonctionnels. (Cycle de l'azote).

substrat azoté des bactéries ammonifiantes. Malgré ces variations très spectaculaires on peut se demander si les conséquences agronomiques sont grandes, l'ammonification étant une fonction possédée par la plupart des microorganismes du sol.

La population de bactéries nitreuses varie de 5,0 x 10^2 à 6,6 x 10^3. A côté des variations saisonnières (le minimum est observé pendant l'hiver et le maximum à l'automne), la hausse entre 1970 et 1972 est notable ; elle est due à l'accroissement de la sécheresse.

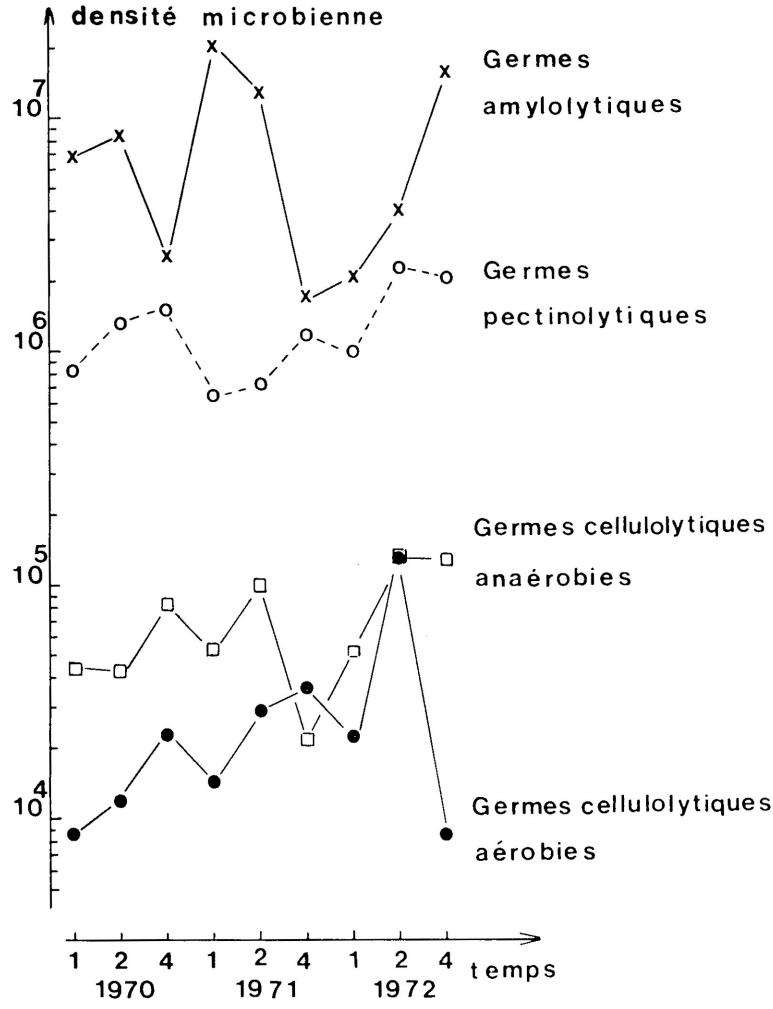


Fig. 5. — Evolution des groupes fonctionnels. (Cycle du carbone.)

Les bactéries nitriques ont une population qui oscille entre 2,3 x 10^3 et 7,8 x 10^4, avec un minimum pendant l'hiver et un maximum situé au cours de l'automne (en 1970 et 1971) et au printemps (en 1972). On observe un faible écart entre les populations dénombrées au cours des

saisons 2 et 4 en 1970 et 1971 mais une diminution nette entre ces deux saisons en 1972. Ce fait s'explique par l'abaissement constant de l'humidité du sol qui freine la multiplication de ces germes. Tel n'était pas le comportement des bactéries nitreuses moins exigeantes vis-à-vis du facteur eau et plus aérobies que les bactéries nitriques. Cette différence pourrait avoir une influence sur l'alimentation de la vigne.

La densité des bactéries dénitrificatrices varie de $1,3 \times 10^3$ à $5,4 \times 10^4$. Les maxima apparaissent au cours du printemps période où l'activité microbienne est la plus forte et où le taux d'azote est le plus élevé (apport d'engrais, minéralisation de la matière organique).

C - **Evolution des groupes fonctionnels du cycle du carbone** (figure 5).

Des variations saisonnières sont nettes pour les germes cellulolytiques aérobies et pectinolytiques mais non pour les germes amylolytiques et cellulolytiques anaérobies.

La population de germes amylolytiques varie de $1,7 \times 10^6$ à $2,7 \times 10^7$.

Les densités de germes pectinolytiques se situent entre $6,4 \times 10^5$ et $2,3 \times 10^6$. Elles sont comparables aux populations d'actinomycètes, les principaux responsables de la pectinolyse dans les sols étudiés. Ce groupe présente une légère tendance à la hausse au cours des trois années de l'étude.

La population de germes cellulolytiques aérobies varie de $8,5 \times 10^3$ à $1,3 \times 10^5$ et celle des germes cellulolytiques anaérobies de $2,2 \times 10^4$ à $1,3 \times 10^5$. En 1970, la population de germes cellulolytiques anaérobies est restée plus élevée que celle de germes cellulolytiques aérobies. Mais à partir de la fin 1971 ces deux groupes ont des densités voisines. Au cours de l'automne en 1972, la population de germes cellulolytiques aérobies diminue fortement alors que celle de germes anaérobies reste stable. Le comportement de ces deux groupes reflète bien le passage d'une période humide à une période sèche. D'autre part, l'évolution des germes cellulolytiques aérobies est très voisine de celle des ferments nitriques. Ce fait témoigne de l'identité des facteurs de multiplication de ces deux groupes ou de leur dépendance nutritionnelle.

Evolution des groupes fonctionnels du cycle du soufre (figure 6).

Des variations saisonnières n'apparaissent que pour les germes réducteurs du soufre en 1971 et 1972.

La population des germes oxydants du soufre varie de 6,8 x 10^3 à 7,2 x 10^4 et celle des germes réducteurs du soufre oscille entre 4,1 x 10^2 et 5,6 x 10^3.

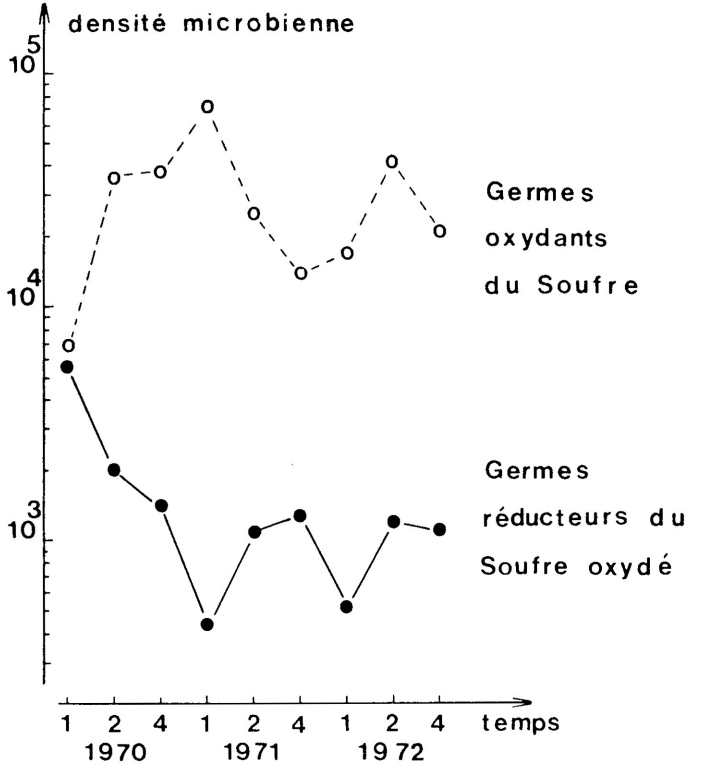


Fig. 6. — Evolution des groupes fonctionnels. (Cycle du soufre).

II. — COMPARAISON DE LA MICROFLORE DES SOLS DU VIGNOBLE DE TOURAINE AVEC CELLE D'AUTRES SOLS.

Les auteurs qui ont étudié les populations microbiennes des sols l'ont fait pour la plupart des objectifs et des méthodes différents des nôtres. Climat, nature du sol et périodes de prélèvement sont également variables. C'est pourquoi les comparaisons présentées ne permettent de révéler que des différences très importantes (tableaux I et II).

TABLEAU I

Comparaison de la microflore des sols du vignole de Touraine avec celle d'autres sols.

(Les populations sont exprimées en nombre de germes par gramme de sol sec).

	VIGNOBLES					JARDIN
	TOURAINE			UKRAINE		
	Mini	Moyenne	Maxi	Mini	Maxi	
Flore totale (milieu liquide)	$1,0 \times 10^6$	$2,1 \times 10^8$	$1,2 \times 10^9$			$1,2 \times 10^6$
Flore totale (milieu solide)	$8,6 \times 10^5$	$3,5 \times 10^7$	$5,0 \times 10^8$	$5,0 \times 10^5$	$9,0 \times 10^6$	
Champignons	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	$7,7 \times 10^5$	$7,0 \times 10^3$	$2,2 \times 10^4$	
Actinomycètes (chitine)	$1,0 \times 10^4$	$3,2 \times 10^6$	$3,2 \times 10^7$	$1,2 \times 10^6$	$2,4 \times 10^6$	
Actinomycètes (asparaginate)	$3,0 \times 10^3$	$1,7 \times 10^5$	$1,8 \times 10^7$			
Bactéries aérobies fixatrices de l'azote	$3,0 \times 10^3$	$4,9 \times 10^6$	$2,8 \times 10^8$	$8,0 \times 10^4$	$1,4 \times 10^5$	$1,5 \times 10^2$
Bactéries anaérobies fixatrices de l'azote	4,0	$1,7 \times 10^4$	$3,1 \times 10^5$	$1,7 \times 10^4$	$5,2 \times 10^4$	$5,0 \times 10^3$
Germes protéolytiques	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^7$	$5,9 \times 10^8$			10^6
Germes ammonifiants	$1,6 \times 10^5$	$3,3 \times 10^9$	$3,9 \times 10^{10}$			10^7
Bactéries nitreuses	0	$2,7 \times 10^3$	$3,5 \times 10^4$			10^3
Bactéries nitriques	0	$2,3 \times 10^4$	$1,0 \times 10^6$	$3,5 \times 10^3$	$7,7 \times 10^3$	10^3
Bactéries dénitrificatrices	$1,8 \times 10^4$	$4,9 \times 10^5$	$8,0 \times 10^6$			10^5
Germes amylolytiques	$7,0 \times 10^3$	$1,3 \times 10^7$	$3,0 \times 10^8$			10^4
Germes pectinolytiques	$1,0 \times 10^3$	$1,5 \times 10^6$	$1,8 \times 10^7$			10^4
Germes cellulolytiques aérobies	0,8	$3,6 \times 10^4$	$2,8 \times 10^6$			10^4
Germes cellulolytiques anaérobies	4,0	$9,4 \times 10^4$	$3,0 \times 10^6$			
Germes réducteurs du soufre oxydé	0	$1,5 \times 10^3$	$5,4 \times 10^4$			
Germes oxydants du soufre	0	$3,9 \times 10^4$	$1,1 \times 10^6$			

A - **Comparaison avec un sol de vignoble ukrainien.**

La microflore d'un sol ukrainien argileux planté en Cabernet-Sauvignon a été étudiée par POPOVA (1969). Les prélèvements ont été effectués au cours de différentes périodes : à la floraison, pendant la maturation et à la chute des feuilles. Dans le tableau I nous avons relevé les valeurs extrêmes correspondant aux prélèvements effectués entre 0 et — 20 cm.

Les populations de flore totale, champignons, bactéries aérobies fixatrices d'azote et ferments nitriques sont plus élevées dans les sols du vignoble de Touraine (dix fois plus environ). Par contre, les populations d'actinomycètes et de bactéries fixatrices d'azote anaérobies sont voisines dans ces deux vignobles. Au point de vue de la microflore du sol les différences entre ces zones viticoles si éloignées ne sont pas considérables.

TABLEAU II

Comparaison de la microflore des sols du vignoble de Touraine avec celle d'autres sols (suite).

(Les populations sont exprimées en nombre de germes par gramme de sol sec).

	GRANDE CULTURE		FORET		PRAIRIE	
	Touraine	Serres-Castets	Mini	Maxi	Mini	Maxi
Flore totale (milieu liquide)	$2,3 \times 10^8$	$6,2 \times 10^7$			$3,0 \times 10^7$	$5\ 10^8$
Flore totale (milieu solide)	$8,8 \times 10^7$		$4,1 \times 10^7$	$4,5 \times 10^8$		
Champignons	$1,3 \times 10^5$	$3,5 \times 10^4$				
Actinomycètes (chitine)	$8,2 \times 10^6$		$1,0 \times 10^6$	$4,6 \times 10^7$		
Actinomycètes (asparaginate)	$2,4 \times 10^6$					
Bactéries aérobies fixatrices de l'azote	$1,1 \times 10^7$	0	$1,2 \times 10^2$	$1,2 \times 10^7$	$1,0 \times 10^3$	
Bactéries anaérobies fixatrices de l'azote	$5,6 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$	$5,0 \times 10^5$	$3,0 \times 10^3$	
Germes protéolytiques	$1,1 \times 10^7$	$9,0 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$	$2,0 \times 10^7$	10^6	10^8
Germes ammonifiants	$5,3 \times 10^9$	$1,1 \times 10^7$	$2,5 \times 10^4$	$3,8 \times 10^6$	10^7	10^8
Bactéries nitreuses	$7,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^4$	$9,2 \times 10^2$	10^2	10^3
Bactéries nitriques	$1,1 \times 10^4$	$8,0 \times 10^5$	0	$8,0 \times 10^1$	10^2	
Bactéries dénitrificatrices	$5,3 \times 10^5$	$9,0 \times 10^3$	$1,3 \times 10^1$	$5,8 \times 10^5$	10^5	10^7
Germes amylolytiques	$7,4 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$			10^7	10^8
Germes pectinolytiques	$5,9 \times 10^0$					
Germes cellulolytiques aérobies	$3,8 \times 10^4$					
Germes cellulolytiques anaérobies	$2,3 \times 10^5$					
Germes réducteurs du soufre oxydé	$7,6 \times 10^2$					
Germes oxydants du soufre	$2,2 \times 10^3$					

B - **Comparaison avec d'autres sols.**

La comparaison a été effectuée avec un sol de grande culture en Touraine, un sol de grande culture à Serres-Castets, un sol de jardin, un sol de forêt et un sol de prairie.

Pour le sol de grande culture en Touraine nous avons appliqué le même protocole analytique que pour les sols de vignoble. Les résultats indiqués sont les moyennes des populations microbiennes dénombrées au cours des années 1970, 1971 et 1972. Les cultures ont été maïs, blé et maïs.

RIVIERE et **al.** (1970) ont étudié un sol brun acide des Basses-Pyrénées en monoculture de maïs à Serres-Castets. GOUNOT (1967) donne les résultats de l'analyse microbiologique d'un jardin. REMACLE et FROMENT (1972) étudient la Chenaie Calcicole de Virelles en Belgique. Les valeurs extrêmes des résultats obtenus par ces auteurs de 1969 à 1970 sont données. BREUILLAUD et **al.** (1964) ont fourni les populations des sols de prairie que nous avons choisi comme type.

Les sols de vigne sont un peu moins riches en microorganismes que le sol de grande culture de Touraine, sauf pour les bactéries protéolytiques, les ferments nitriques, les germes amylolytiques et les germes du cycle du soufre. Par contre les densités microbiennes du sol de Serres-Castets sont un peu plus faibles que celles des sols de vignobles, sauf pour les ferments nitriques.

Les sols de vignoble de Touraine sont un peu plus riches en général que le sol de jardin retenu.

La comparaison des sols de forêt et des sols de vigne, révèle peu de différence. Seuls les ferments nitreux et nitriques sont plus abondants dans les sols viticoles. L'humidité, augmentant l'anaérobiose, plus grande dans les forêts que dans les vignobles est vraisemblablement à l'origine de cette différence.

Les sols du vignoble de Touraine sont plus riches en bactéries fixatrices d'azote aérobies en ferments nitreux et nitriques que les sols de prairie mais les germes amylolytiques y sont moins abondants.

CONCLUSION

La microflore moyenne des sols du vignoble de Touraine diffère peu de celle d'autres sols cultivés. Elle n'est pas moins abondante. Même certains groupes aérobies sont plus abondants en sol viticole : les bactéries aérobies fixatrices de l'azote et les bactéries nitreuses. Les germes du cycle du soufre sont bien représentés. Pour les sols viticoles de Touraine les écarts entre valeurs extrêmes sont parfois très grands surtout pour les groupes fonctionnels. Ce fait suggère que la diversité physique et chimique des parcelles viticoles se retrouve dans la composition microbienne des sols.

L'étude de l'évolution dans le temps de la microflore du vignoble de Touraine a montré que les populations moyennes de la plupart des groupes taxonomiques et fonctionnels sont assez stables. Des variations saisonnières apparaissent pour certains groupes mais non pour d'autres. Les groupes aérobies présentent une tendance à la hausse en liaison avec la dessication relative du sol qui a augmenté au cours des trois années d'étude. Les résultats obtenus dans ces sols viticoles recoupent ceux d'auteurs qui ont étudié les variations saisonnières et annuelles de la microflore dans d'autres sols, par exemple FRANZ (1971) au Chili et CHIANG et **al.** (1972) au Maroc.

Il a été constaté que d'une année à l'autre, les prélèvements réalisés au cours de la même saison donnent des résultats différents pour les groupes microbiens étudiés. Ces observations montrent que d'un point de vue méthodologique, il est indispensable de tenir compte des variations saisonnières et annuelles. Pour comparer la microflore des sols viticoles, il est nécessaire de réaliser les prélèvements au même moment ou dans une même période climatique dont la durée demande à être précisée.

RESUME

L'étude microbiologique des sols du vignoble porte sur trois années. Les déterminations quantitatives des bactéries, champignons, actinomycètes et des groupes fonctionnels des cycles de l'azote, du carbone et du soufre sont effectuées au cours de trois périodes du cycle végétatif de la vigne. Des variations saisonnières et annuelles sont observées. La microflore des sols viticoles est comparée à celle d'autres sols. Elle est au moins aussi riche et se distingue par son caractère plus aérobie. De grands écarts dans la composition microbiologique sont apparus entre des sols viticoles différant par leurs caractéristiques physiques et chimiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOULLARD B. et MOREAU R., 1962. **Sol, microflore et végétation.** Masson, éd., Paris.

BREUILLAUD J., GRIZOU V. et MICHEL C., 1964. Mesure de l'activité de la microflore protéolytique des sols. **Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 99,** 1/2, 68-80.

CHIANG C., SINNAEVE J. et DUBUISSON G., 1972. Ecologie microbienne des sols du Maroc. I - Fluctuations saisonnières. **Ann. Inst. Past.** Paris, **122,** 6, 1171-1182.

CUINIER C., 1975. Recherches sur la microflore édaphique des terroirs viticoles de Touraine. Applications culturales. Thèse Docteur-Ingénieur, Clermont-Ferrand.

GOUNOT A.M., 1967. La microflore des limons argileux souterrains : son activité productrice dans la biocoenose cavernicole. **Ann. spéléol. Fr., 22.** 1, 23-243.

LINGAPPA Y. et LOCKWOOD J.L., 1961. A Chitin medium for isolation, growth and maintenance of Actinomycétes. **Nature, 189,** 158-159.

NIGOND J., 1971. Le rôle du climat en viticulture. Première partie. **Conn. Vigne Vin, 5,** 4, 461-467.

NIGOND J., 1971. Le rôle du climat en viticulture. Deuxième partie. **Conn. Vigne Vin, 6,** 1, 17-55.

POCHON J. et TARDIEUX P., 1962. **Techniques d'analyse en microbiologie du sol.** Ed. de la Tourelle.

POPOVA K.G., 1969. En ukrainien (la microflore des sols de vignobles). **Mikrobiol. Zh. S.S.S.R., 31,** 5, 465-469.

REMACLE J. et FROMENT A., 1972. Teneur en azote minéral et numération microbiologique de la chénaie calcicole de Virelles, Belgique. **Œcol. Plant, 7,** 1, 69-78.

RIVIERE J., FROUARD Y. et CATROUX G., 1970. Influence de l'enfouissement répété de tiges de maïs sur la microflore bactérienne des sols, **Ann. Agron., 21,** 4, 403-420.