NUMERATION ELECTRONIQUE DES PARTICULES APPLIQUEE A L'ETUDE DE LA LIMPIDITE DES VINS

E. PEYNAUD et Mme S. LAFON-LAFOURCADE (1)
Station agronomique et œnologique de Bordeaux et Institut d'œnologie

L'étude de la limpidité des vins au laboratoire et son contrôle dans la pratique nécessitent l'emploi de techniques de mesure appropriées. Nous avons voulu connaître les possibilités offertes à ce sujet par un compteur électronique de particules. Cet appareil permet d'explorer les particules d'un diamètre supérieur à 1,8 μ, de les classer par grosseur et de les compter. Bien qu'il ne soit sensible qu'aux particules les plus grossières des troubles, le compteur électronique peut servir à définir l'état de limpidité des vins et à contrôler l'efficacité de la filtration.

Qu'il soit limpide ou trouble, le vin est une « suspension » c'est-à-dire un liquide contenant des particules; c'est aussi une solution de colloïdes lyophobes ou « suspensoïdes » et une solution de colloïdes lyophiles ou « émulsoïdes ». Le vin le plus limpide à l'observation habituelle n'est jamais optiquement vide.

Les particules en suspension sont des levures, des bactéries, des substances amorphes; les colloïdes lyophobes sont constitués de substances coagulées, de précipités divers. De diamètre de 0,1 à 5 μ, ces particules forment les troubles et sont soumises à la sédimentation. Au-dessous de ces diamètres, les particules sont invisibles, elles laissent le vin limpide, elles ont des propriétés colloïdales et ne déposent pratiquement plus.

La limpidité des vins s'observe directement à l'examen visuel, avec un éclairage approprié, mais une mesure objective est ainsi difficile; l'œil ne donne qu'une appréciation. La limpidité est mieux définie par une mesure néphélométrique ou par une numération sous le microscope de particules de grosseur déterminée, par exemple des levures.

Après l'avoir appliqué à l'étude des populations de levures (S. LAFON-LAFOURCADE, 1968), nous avons cherché à utiliser un compteur électronique (GUICHARD, 1965) pour obtenir un classement et une numération des particules en suspension dans le vin.

---

(1) Chargée de Recherches à l'Institut National de la Recherche Agronomique.

Nous donnerons tout d'abord le principe de cette numération et rappellerons le fonctionnement de l'appareil; nous relaterons ensuite quelques-unes des observations faites au cours du contrôle du travail de chai concernant la clarification, la filtration ou la mise en bouteilles.

PRINCIPE DE LA NUMERATION ELECTRONIQUE DES PARTICULES

Nous avons utilisé un compteur automatique **Coulter,** « modèle A Spécial Bactéries ». Cet appareil permet de déterminer le nombre et la dimension des particules en suspension dans un liquide électriquement conducteur, donc d'une salinité suffisante, qui circule à travers une petite ouverture située entre deux électrodes immergées; une tension continue réglable est appliquée entre ces électrodes. Chaque passage de particule dans l'ouverture fait varier la résistance entre les électrodes et produit une impulsion proportionnelle au volume de la particule qui, après amplification, est comptée par l'appareil électronique.

L'appareil comporte essentiellement deux électrodes de platine immergées dans la solution à étudier et un tube de verre ou « sonde » percé d'une ouverture calibrée, à travers laquelle circule la solution au moyen d'une petite pompe à vide; la sonde communique avec un manomètre à mercure qui provoque le passage d'un volume déterminé de la solution (0,5 ml) au moment des comptages. L'ensemble est relié à un bloc électronique dans lequel les impulsions de tension créées par le passage des particules à travers l'orifice calibré de la sonde sont amplifiées et envoyées sur un seuil à niveau variable. Les variations du niveau de seuil t' et de l'intensité du courant d'ouverture I permettent de déterminer la répartition des particules selon leur grosseur. Un calcul simple, à partir du facteur d'étalonnage K de l'appareil obtenu au moyen de spères de diamètre connu (grains de latex calibrés), conduit au diamètre des particules comptées :

$$d = K \sqrt[3]{t}$$

où t est fonction de t' et de I.

Mode opératoire appliqué au vin. — Tous les essais relatés ici ont été réalisés avec une sonde à orifice de 70 µ de diamètre; le volume de liquide soumis au comptage est de 0,5 ml. Le temps d'écoulement correspondant à un comptage est d'environ 30 secondes. Le diamètre minimal des particules comptées a été de 1,8 µ. Avec une sonde à orifice de 30 µ et en jouant sur la salinité de la solution, on pourrait compter des particules de 0,6 µ. Mais dans ce cas, la fidélité de la mesure peut

se trouver perturbée par l'enregistrement d'impulsions parasites émises dans l'endroit où est installé l'appareil et qui faussent les résultats. Ces impulsions sont décelées à leur passage sur l'oscilloscope sous forme de trains de raies très irrégulières et se manifestent par une grande disparité des mesures successives pour un même échantillon.

Le vin pourrait servir directement aux mesures, mais il constitue un électrolyte trop dilué. Les résistances à l'ouverture sont alors très élevées et surtout très variables d'un vin à un autre (de 110.000 à 180.000 ohms), ce qui rend nécessaire le calibrage de l'appareil chaque fois qu'on change de vin. Nous avons donc cherché à enrichir le vin en chlorure de sodium de telle façon que la résistivité de l'électrolyte ainsi obtenu soit indépendante de celle du vin initial. Une concentration finale de 1 à 1,5 p. 100 de chlorure de sodium est nécessaire pour obtenir un facteur d'étalonnage constant et indépendant du vin utilisé. On ne peut pratiquer une addition directe de cristaux de chlorure de sodium, parce qu'ils contiennent un grand nombre de particules étrangères; on utilise une solution à 3 p. 100, débarrassée de ses impuretés par filtration sur disques Millipore; on l'ajoute à volume égal au vin à étudier.

La solution d'électrolyte est d'abord soumise au comptage, puis on procède à l'étalonnage de l'appareil. La sonde est plongée dans 100 ml environ de la solution saline. On effectue une série de mesures en faisant varier la graduation de seuil t' et l'intensité du courant d'ouverture I, à partir de leurs valeurs les plus élevées. Dans chaque cas, trois comptages successifs sont recommandés; ils doivent donner les mêmes résultats à quelques pour cent près; on retient la valeur moyenne. Les résultats les plus fidèles sont obtenus pour des numérations allant de quelques milliers à 50.000; au delà les corrections dites « de coïncidence », données par le constructeur pour tenir compte du passage simultané de plusieurs particules, deviennent trop importantes. Nous avons étalé les numérations dans une échelle de diamètres compris généralement entre 7,2 et 1,8 µ.

Lorsque les numérations sont terminées dans la solution électrolytique, on mesure à l'aide d'un voltmètre la tension V aux bornes de l'ouverture. On ajoute ensuite quelques gouttes d'une suspension de grains de latex de diamètre connu : 2,5 µ par exemple. En faisant circuler la solution on suit sur l'oscilloscope le passage des particules calibrées. Il suffit alors en jouant sur le seuil t' et sur l'intensité du courant d'ouverture I d'effacer le spectre. On relève les valeurs t'I qui permettent d'étalonner l'appareil de la manière suivante.

On calcule la résistance de l'ouverture R à partir de la tension V :

$$R = \frac{215.000 \times V}{300}$$

R = résistance de l'ouverture, en ohms.
300 = source de tension constante, en volts.
215.000 = résistance en série avec l'ouverture, en ohms.
V = tension mesurée dans l'ouverture, en volts.

Une table établie par le constructeur permet d'obtenir à partir de R et de I le facteur d'expansion d'échelle F. On en tire le facteur $t = t' F$ qui sert de base à une échelle de volumes relatifs. Le facteur d'étalonnage K est calculé suivant :

$$K = \frac{d}{\sqrt[3]{t}}$$

d étant connu : 2,5 µ pour des grains de latex.

Le facteur K reste valable tant que la tension aux bornes d'ouverture est identique, en particulier tant que la résistivité de la solution de l'électrolyte est inchangée.

Après lavage à la solution saline, la sonde est plongée cette fois dans 100 ml de vin à étudier dilué de moitié avec la solution filtrée de chlorure de sodium à 3 pour cent. On donne successivement à l'appareil les mêmes caractéristiques de seuil t' et de courant d'ouverture I que précédemment. Pour chaque réglage on retient la moyenne de trois comptages. Cette valeur moyenne est diminuée du nombre de particules de la solution de chlorure de sodium pour le même réglage de l'appareil, et augmentée de la correction de « coïncidence ». Nous obtenons ainsi le nombre de particules contenues dans 0,5 ml de vin dilué, pour une série de diamètres connus. La concentration par millilitre de vin est obtenue en multipliant cette valeur par 4.

De grandes précautions doivent être prises dans la manipulation des échantillons pour ne pas les souiller. Les échantillons sont prélevés en utilisant des appareils de verre et en les rinçant longuement avec le vin à étudier; on doit rincer à l'eau filtrée les récipients, les pipettes de prélèvement, la sonde servant aux mesures.

RESULTATS

Numération des particules de quelques vins en bouteilles. — Nous avons pratiqué des comptages sur un grand nombre de vins clarifiés, stabilisés et prêts à la commercialisation, généralement quelques semaines après le tirage en bouteilles effectué dans les conditions habituelles de la pratique. Ces vins dont la limpidité après collage avait d'abord été dégrossie sur filtre de terre d'infusoires, étaient filtrés sur plaques de cellulose-amiante intercalées avant la tireuse.

Le tableau I donne l'exemple d'une série de mesures expérimentales sur un vin blanc. Les colonnes 2 et 3 correspondent au réglage de l'appareil suivant le niveau du seuil t' et l'intensité du courant d'ouverture I. Les trois autres colonnes reproduisent les trois répétitions de mesures; la colonne 7 est la moyenne des particules dans le vin après correction due à la dilution et aux souillures de la solution d'électrolyte. La colonne 11 indique le diamètre des particules, obtenu par le calcul.

Le tableau II rassemble les résultats des comptages pour un certain nombre de vins blancs et de vins rouges. Ces mesures sont choisies parmi une centaine assez représentatives des valeurs généralement trouvées.

On constate tout d'abord que les vins contiennent un nombre très important de particules, qui peut surprendre dans les vins apparemment limpides et sans dépôt. Dans tous les cas étudiés, les vins rouges étaient plus chargés en particules que les vins blancs, ce qui s'explique sans doute par l'habitude de les filtrer au moment de l'embouteillage sur des plaques plus poreuses que pour les vins blancs. La couleur des vins rouges rend moins sensible l'observation directe de leur limpidité et le professionnel est, à tort, moins attentif à la limpidité de ces vins qu'à celle des vins blancs.

Le nombre des particules d'un diamètre de 1,8 μ et au-dessus a varié de 6.000 à 24.000 par millilitre. Il est certain que des mesures relatives à des particules plus petites donneraient des nombres encore plus considérables. Très approximativement, le nombre des particules double lorsque le diamètre diminue de 0,5 μ. On observe ainsi que les vins sont surtout riches en particules très fines. Par rapport aux numérations à 1,8 μ de diamètre (limite habituelle de sensibilité de l'appareil utilisé dans nos conditions d'emploi) on constate que 80 à 90 pour cent des particules ont un diamètre inférieur à 3 μ et 60 pour cent un diamètre inférieur à 2 μ ; les levures ou les particules de même taille représentent donc une fraction très faible des suspensions du vin. Quelques comptages de

TABLEAU I

Exemple de numération des particules dans un vin blanc

Vin limpide; à l'hématimètre on a compté 90 levures par ml et 4000 particules de même grosseur.

N° de la mesure	t'	l	Comptages bruts			Moyenne des comptages	Particules (par ml)	Particules dans l'électrolyte	Particules dans le vin (par ml)	Diamètre calculé des particules (μ)
			1	2	3					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	20	3	24	19	30	24	96	—	**96**	7,2
2	20	4	62	49	66	55	220	16	**204**	5,7
3	20	5	97	153	120	123	492	74	**418**	4,5
4	20	6	178	239	172	196	784	92	**692**	3,6
5	15	6	324	238	330	297	1188	130	**1058**	3,3
6	20	7	360	508	353	407	1628	132	**1496**	2,9
7	15	7	510	558	593	553	2212	240	**1972**	2,7
8	20	8	715	850	692	739	2956	264	**2692**	2,4
9	15	8	1223	1181	962	1122	4488	300	**4188**	2,2
10	10	8	2663	2205	1708	2116	8464	372	**8092**	1,9
11	8	8	2927	2716	2064	2369	9476	638	**8838**	1,8

TABLEAU II

Vins en bouteilles depuis quelques mois

Vins limpides mis en bouteilles après filtration sur plaques de cellulose-amiante.

Diamètre des particules	Graves blanc	Bordeaux blanc 1	Bordeaux blanc 2	Bordeaux rouge	Puisseguin rouge	St-Emilion rouge	Médoc rouge 1	Médoc rouge 2
7,2	20	120	88	144	118	200	340	178
5,7	54	340	232	524	600	408	572	548
4,5	118	828	592	1132	1216	1072	1128	1050
3,6	264	960	1104	1852	1640	2024	2272	2082
3,3	578	1302	1300	2124	2326	2936	3272	3320
2,9	592	1600	1532	2792	3132	4352	3936	3820
2,7	640	1918	1918	3488	4494	4910	5350	4590
2,4	1080	—	—	—	—	7120	6846	—
2,2	1700	2648	3256	5724	9844	9606	9938	9560
1,9	3792	3330	4468	7272	15320	16740	16252	14200
1,8	6530	—	6470	—	—	23936	24312	—
Numération à l'hématimètre								
Levures	60	90	—	700	800	140	400	—
Particules totales	2300	2000	—	5800	10000	4400	6000	—

Les résultats sont exprimés en particules par ml.

particules d'un diamètre de 1,3 μ ont atteint 60.000 par millilitre pour des vins limpides. On peut penser qu'au niveau du micron le nombre des particules est de l'ordre de 100.000 par millilitre, davantage même dans les vins ayant été le siège d'une fermentation malolactique, d'autant plus que les moyens de clarification sont proportionnellement moins efficaces pour séparer les particules les plus fines.

Le contrôle électronique nous révèle une image du vin assez nouvelle, celle d'une suspension très dense en particules étrangères. Les conditions actuelles de la clarification, tout au moins celles qui sont les plus courantes dans nos régions, sont nettement insuffisantes pour débarrasser un vin de ses impuretés; elles doivent être reconsidérées.

Les données du microscope et des cellules quadrillées permettant les numérations de particules ne se recoupent pas très bien avec la répartition donnée par le compteur. Le grossissement utilisé dans ces observations est de 400 (tableau II). Dans ces conditions le diamètre seuil de perception de la numération microscopique varie de 2,2 à 2,7 μ. Cela tient à ce que l'opérateur doit faire un choix et qu'il néglige les particules jugées trop petites; certaines particules translucides sont peu visibles.

Contrôle de la filtration sur terre d'infusoires. — Une cuve de 75 hl de vin liquoreux reçoit le traitement stabilisant suivant : bentonite, ferrocyanure de potassium, puis collage à la poudre de sang. Il est soutiré quatre jours après et passé sur un filtre à alluvionnage continu de terre d'infusoires, ayant une surface de 5 m^2. Ce vin encore trouble est relativement riche en dextrane; il a un net pouvoir de colmatage. La pression de filtration est passée progressivement de 0,8 kg après 10 hl à 1,4 kg après 50 hl et à 2,6 kg après 75 hl.

On a suivi par des prélèvements successifs le travail du filtre en soumettant le vin au comptage des particules. Ces résultats font l'objet du tableau III.

Le vin collé est particulièrement riche en particules de faible diamètre; 76 pour cent d'entre elles ont un diamètre compris entre 2,2 et 1,8 μ. Après filtration le nombre des particules, quelle que soit leur grosseur, diminue considérablement, ce qui est normal, le vin étant correctement clarifié. Mais on constate (tableau IV) que ce sont les particules les plus fines qui sont proportionnellement le mieux arrêtées, ce qui est évidemment paradoxal. En réalité, cette apparence est due à l'entraînement permanent d'une petite quantité de terre d'infusoires qui vient

TABLEAU III

Contrôle de la filtration d'un vin sur filtre à alluvionnage continu

Vin liquoreux à fort pouvoir colmatant, collé en cuve de 75 hl, soutiré puis filtré sur filtre à alluvionnage continu de 5 m². Terre d'infusoires : 80 g par hl.

Diamètre des particules (μ)	Nombre de particules dans le vin brut avant filtration	Nombre de particules au début de la filtration après 10 hl	Nombre de particules après filtration de 25 hl	Nombre de particules après filtration de 50 hl	Nombre de particules après filtration de 75 hl	Nombre de particules sur échantillon d'ensemble du vin filtré
7,2	712	42	144	96	56	88
5,7	2 732	56	280	140	92	200
4,5	7 082	162	482	390	118	450
3,6	21 148	700	684	836	308	1 140
3,4	31 678	1 038	1 130	1 158	446	1 398
2,9	51 470	1 312	1 394	1 466	662	2 102
2,4	75 890	1 630	1 682	1 510	998	2 814
2,2	122 630	1 962	2 290	2 766	1 398	3 882
1,9	186 340	3 082	2 806	3 918	2.618	5 076
1,8	438 000	5 058	4 298	6 062	4.902	7 650
Numération à l'hématimètre :						
Levures	43 000	300	300	140	130	200
Particules	52 000	1 800	2 500	3 000	1 200	3 600

Les résultats sont exprimés en particules par ml.

TABLEAU IV

Contrôle de la filtration d'un vin sur filtre à alluvionnage continu
Pourcentage de particules restantes après la filtration

Diamètre des particules (μ)	Nombre de particules après filtration de 10 hl (p. 100)	Nombre de particules sur l'ensemble du vin filtré (p. 100)
7,2	5,6	12,3
5,7	2,0	7,3
4,5	2,2	6,3
3,6	3,3	6,3
3,4	3,2	4,4
2,9	2,5	4,0
2,4	2,1	3,7
2,2	1,6	3,1
1,9	1,6	2,7
1,8	1,1	1,7
Numération à l'hématimètre :		
Levures	0,7	0,4
Particules	3,0	6,9

augmenter le nombre des particules les plus grossières. L'examen microscopique effectué lors des numérations au compte-globules de Malassez montre bien d'ailleurs la présence de ces débris de diatomées. C'est pour la même raison que les levures paraissent être mieux arrêtées que les particules de même grosseur. Ces observations donnent donc de précieuses indications sur le mode de travail des filtres; elles montrent que la qualité de la filtration serait très améliorée si l'on pouvait éviter le détachement continuel des particules de terre d'infusoires de la couche filtrante.

L'arrêt des particules de trouble par le filtre ne paraît subir que de légères fluctuations au cours d'un cycle de filtration. L'arrêt paraît meilleur quand le filtre est colmaté et par conséquent plus serré. Mais l'entraînement de la terre d'infusoires peut se faire aussi par à-coups. Le vin filtré recueilli en cuve paraît finalement un peu souillé par rapport à l'échantillonnage partiel, pour les particules de tous les diamètres. Nous avons eu l'occasion de l'observer de nombreuses fois, même dans les cas où d'extrêmes précautions de propreté des circuits et des récipients avaient été prises. Il y a donc vraisemblablement à certains moments, d'une durée très réduite sans doute, des passages de particules plus importants, par une sorte d'érosion et de remise en place continuelle de la couche filtrante.

Le tableau V donne d'autres exemples d'un contrôle méthodique de la filtration. Lors des mesures le compteur électronique a été réglé pour effectuer directement les comptages des particules d'un diamètre de 3 μ et au-dessus et de 2 μ et au-dessus. Dans ces conditions, les comparaisons étant faites à ces deux diamètres, il apparaît cette fois que les particules plus grosses sont plus facilement arrêtées. Un résultat très instructif au point de vue pratique concerne la différence d'efficacité de la filtration vis-à-vis des levures et des bactéries; alors qu'il peut rester après une filtration sur terre d'infusoires moins de 1 pour cent des levures présentes, il reste encore dans des conditions d'utilisation qui, il est vrai, n'étaient pas nécessairement les meilleures, un tiers ou un cinquième des bactéries lactiques.

Ces observations montrent en tout cas que le compteur électronique des particules, associé aux autres moyens de numération, permet une étude très approfondie de l'efficacité de la filtration.

Contrôle de la limpidité au cours de la mise en bouteilles. — Dans plusieurs circonstances, nous nous sommes servi du compteur électronique pour contrôler des installations de mise en bouteilles de différents types et notamment des groupes d'embouteillage à grand rendement. Nous ne voulons pas donner ici les conclusions relatives au fonctionnement de ces diverses installations, mais montrer comment ce système de comptage automatique des particules permet de vérifier l'état de limpidité des vins embouteillés et de déceler les causes très courantes de contaminations et de souillures.

Nos observations ont démontré que les comparaisons doivent se faire avant le bouchage mécanique des bouteilles au liège, cette opération, et peut-être surtout le débouchage par extraction du bouchon, étant des

TABLEAU V

Contrôle de la filtration sur terre d'infusoires

Nombre de particules par ml	Vin rouge n° 1			Vin rouge n° 2		
	Avant filtration	Après filtration	p. 100 restant	Avant filtration	Après filtration	p. 100 restant
Au compteur électronique :						
diamètre $\geq$ 3 μ	944 000	11 800	1,25	567 300	5 240	0,94
diamètre $\geq$ 2 μ	1 599 700	95 100	4,94	994 000	49 100	4,94
Au compte-globules :						
Nombre total de levures	1 000 000	3 300	0,33	200 000	2 600	1,30
Sur milieu solide :						
Nombre de levures vivantes	1 100	3	0,27	5 900	100	1,69
Nombre de bactéries vivantes	7 700	1 500	19,4	2 500	800	32,0

causes très importantes de souillures de la limpidité des vins. Le tableau VI compare à ce sujet la densité des particules en suspension dans des bouteilles d'un même tirage, considérées avant et après le bouchage. Le bouchon de liège, même correctement « aviné », est générateur de nombreuses poussières; on doit convenir qu'il salit légèrement le vin. On constate en effet que le fait de boucher une bouteille et de la déboucher quelques heures après, multiplie le nombre des grosses particules par 8 ou 10 et celui des fines particules par 3 ou 4. Il est donc recommandé, pour étudier la limpidité d'un vin soumis à l'embouteillage, de procéder aux observations et mesures avant le bouchage.

TABLEAU VI

Influence du bouchage au liège sur la limpidité

Comparaison de bouteilles d'un même vin prélevées dans un groupe d'embouteillage avant et après bouchage (bouchon de liège de 22 lignes).

Diamètre des particules (μ)	Nombre de particules avant bouchage	Nombre de particules dans le vin bouché 1	Nombre de particules dans le vin bouché 2	Nombre de particules dans le vin bouché 3
7,2	38	288	284	404
5,7	92	280	488	684
4,5	190	1044	—	1320
3,6	272	2060	2316	2048
3,3	424	2636	3120	2872
2,9	600	4120	4636	3960
2,7	684	—	5944	4540
2,4	1248	5060	8052	—
1,9	1932	8464	10372	6304
1,8	6704	14712	18400	10536

Les résultats sont exprimés en particules par ml.

Le tableau VII permet de suivre la limpidité d'un vin blanc logé en cuve depuis plusieurs semaines et pompé dans un tank de tirage alimentant un groupe d'embouteillage; le vin est filtré sur plaques K5 juste

TABLEAU VII

Contrôle de la limpidité au cours de la mise en bouteilles

Diamètre des particules (μ)	Nombre de particules dans les vin en cuve	Nombre de particules dans le tank de tirage après pompage de 1 hl	Nombre de particules dans le tank de tirage après pompage de 18 hl	Nombre de particules dans le vin à la sortie du filtre	Nombre de particules après tirage en bouteilles après pompage de 13 hl
7,2	90	290	62	20	94
5,7	192	540	172	46	196
4,5	548	964	348	108	444
3,6	996	1 776	828	260	820
3,3	1 624	2 532	1 308	580	1 144
2,9	2 188	3 168	2 036	620	1 896
2,7	2 780	4 300	2 684	680	2 476
2,4	3 884	5 320	3 884	920	3 712
2,2	5 236	7 320	4 960	1 400	4 968
1,9	7 314	13 000	7 486	3 200	9 046
1,8	11 306	18 614	9 654	4 580	13 182
Comptage à l'hématimètre :					
Levures	210	1 600	1 000	80	330
Particules	2 700	3 600	2 800	800	2 600

Les résultats sont exprimés en particules par ml.

avant la tireuse; les bouteilles sont bouchées au liège. Le simple déplacement du vin suffit à souiller nettement les premiers volumes traversant les canalisations, la pompe, le récipient récepteur comme le montre la comparaison des deux premières colonnes du tableau. A la sortie du filtre finisseur le taux d'impuretés est ramené à une valeur relativement basse, mais après tirage en bouteille, bouchage et débouchage, on obtient finalement un état de répartition des particules très comparable à celui qu'avait le vin dans la cuve de conservation et en tout cas nullement meilleur. Le filtre a donné davantage de brillant, mais le passage dans la canalisation fixe qui joint le filtre à la tireuse, puis dans la tireuse elle-même a légèrement contaminé le vin en levures et en particules (comparaison des deux premières colonnes).

CONCLUSION

L'application au vin du comptage électronique des particules en suspension, même si elle est limitée aux particules d'un diamètre supérieur à 1,8 μ, présente un intérêt technologique indiscutable. Elle donne en effet de la limpidité du vin une image un peu inattendue : celle, même dans le cas d'un vin limpide, d'une suspension relativement dense de particules de grosseur variée.

Ce comptage électronique ne discerne évidemment pas les micro-organismes de la matière inerte de même volume, indication que seule peut apporter l'observation microscopique. Mais le comptage automatique est plus sensible et plus précis que la numération sous le microscope; il décèle certainement des particules difficiles à voir par manque de brillance et qui échappent habituellement à l'œil de l'observateur. Il renseigne en outre sur la répartition de ces suspensions en fonction de leur diamètre et apporte à ces déterminations la rigueur instrumentale.

L'utilisation conjuguée des différentes techniques (comptage électronique des particules totales, numération à l'hématimètre des levures totales et des particules visibles, numération des levures et des bactéries vivantes par culture sur milieu solide) permet de définir avec exactitude la limpidité d'un vin ou son degré de pollution, et par là-même l'efficacité d'un traitement de clarification et l'état de propreté d'un matériel vinaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GUICHARD J.C. — 1965. Un appareil de mesure granulométrique : le compteur automatique **Coulter. Chim. anal.,** 3, 145.

LAFON-LAFOURCADE S. — 1968. Utilisation d'un compteur de particules pour la numération et l'étude de la taille des levures de vin. **Ann. Technol. agric., 3,** 241.