VINIFICATION CONTINUE
MISE AU POINT ŒNOLOGIQUE

E. PEYNAUD et G. GUIMBERTEAU,

Station agronomique et œnologique de Bordeaux.

Dans ce travail nous résumons les nombreuses observations que nous avons effectuées depuis 1961 sur la vinification continue. Elles ont porté sur des volumes importants de vendange, dans de nombreuses caves coopératives situées dans des régions différentes.

Les observations ont été faites sur des appareils de construction différente et effectuées dans chaque cas comparativement à la vinification classique. Elles montrent qu'en dehors des facilités mécaniques bien connues, la vinification continue apporte sur le plan œnologique des avantages non négligeables : température convenable pour une bonne fermentation (dans les appareils métalliques à simple tour) - sélection des levures du genre **Saccharomyces,** ce qui permet un léger gain d'alcool, dissolution plus rapide de la couleur et du tanin - diminution de la teneur en méthanol et en isobutanol, méthyl-2, propanol-1. Nous avons également démontré que l'anhydride sulfureux conservait toute son efficacité antibactérienne en vinification continue.

A la suite de ces observations, nous avons dégagé les règles à suivre pour conduire dans les meilleures conditions la vinification suivant cette technique utilisable avec profit dans les installations importantes, en particulier dans les caves coopératives élaborant des vins de consommation courante.

I. — INTRODUCTION

L'étude expérimentale de la vinification en rouge suivant les techniques classiques présente de grandes difficultés : il faut remplir en même temps plusieurs cuves identiques avec de la vendange rigoureusement homogène et ne faire varier qu'un seul facteur par cuve pour obtenir des résultats valables (1). Dans le cas de la vinification continue, l'expérimentation est encore plus difficile à conduire, les appareils sont de grande capacité et il est impossible de remplir avec une vendange semblable deux vinificateurs continus, ou bien encore un vinificateur et des cuves classiques pour effectuer une étude comparative. Si le matériel de microvinification permet l'étude de certains phénomènes en vinification en rouge suivant les méthodes traditionnelles (2), il semble difficile de concevoir des appareils de fermentation continue de petite capacité, pour

l'élaboration des vins rouges, qui permettent d'obtenir des résultats extrapolables à la pratique; par contre des petits appareils de laboratoire fonctionnant avec du jus de raisin ont permis de montrer qu'un développement bactérien dans un appareil peut être stoppé par addition d'anhydride sulfureux (3), comme en vinification classique. Dans l'état actuel des choses, l'étude expérimentale de la vinification continue dans le cas de l'élaboration des vins rouges est donc hors de notre portée; nous pouvons toutefois effectuer des observations précises, qui sont indispensables pour la base d'une éventuelle expérimentation et qui, dans l'immédiat, permettent d'utiliser au mieux cette technique.

Il est surprenant de constater que les observations œnologiques sur la vinification continue soient peu nombreuses et très fragmentaires, bien que le principe de cette technique soit ancien et que les premières réalisations rationnelles remontent à près de vingt ans. A notre connaissance, les premières données analytiques comparatives entre vinification continue et classique datent de 1926 et nous les devons à SÉMICHON (4). Jusqu'en 1948, cette technique resta dans l'oubli. Depuis cette date, parallèlement à la construction d'appareils les plus divers, de nombreux travaux portant sur la description et le fonctionnement de ces appareils ont été publiés (5 à 15); si des critiques d'ordre œnologique sont émises, elles ne reposent que sur des documents analytiques succints.

Nous nous intéressons, depuis 1961 à la vinification continue, pensant que cette technique, entre les mains d'œnologues avertis, pouvait permettre dans tous les cas où il faut traiter un volume important de vendange, l'élaboration économique et sûre du meilleur vin possible à partir d'une matière première donnée. Dès 1963, nous avons effectué des observations comparatives et depuis, chaque année, nous les avons progressivement complétées et étendues à des régions nouvelles; elles ont porté sur les phénomènes qui régissent la fermentation alcoolique, la macération, le développement des bactéries lactiques. Nous avons effectué de nombreuses analyses comparatives détaillées sur des vins issus d'appareils de vinification continue et ceux élaborés en cuves classiques. L'étude de l'ensemble des documents analytiques nous a permis de préciser les règles à suivre pour conduire sûrement la vinification suivant cette technique.

II. — MATERIELS et METHODES

Nous avons étudié la vinification continue avec les appareils métalliques à simple tour et les appareils en béton à double tour; une étude

prélimilaire confirmée par ANDRÉ (16) ayant montré que le système de « recyclage » du marc équipant certains appareils conduisait à des vins ayant un goût herbacé, nous n'avons pas poursuivi nos observations avec ces appareils.

Nos observations ont été effectuées sur treize appareils dans six caves coopératives de l'Aude, du Gard et du Lot-et-Garonne.

En cours de fonctionnement, nous avons noté toutes les opérations effectuées et pratiqué les analyses courantes; nous avons également prélevé des échantillons que nous avons stabilisés en vue d'analyse ultérieure. Après les vinifications, nous avons effectué des analyses détaillées comparatives de vins issus de vinification classique et continue; ces analyses ont porté particulièrement sur les composés phénoliques et sur les substances volatiles de fermentation.

La plupart des méthodes analytiques courantes utilisées dans ce travail sont décrites dans « Analyses et contrôle des vins » de RIBÉREAU-GAYON et PEYNAUD (17); l'acidité titrable est déterminée en utilisant le bleu de bromothymol comme indicateur, l'acidité volatile est séparée par distillation directe suivant la méthode Duclaux-Gayon, l'acide malique est estimé par chromatographie sur papier, l'intensité de coloration est la somme des densités optiques à 420 et 520 $m\mu$. Nous avons également dosé des substances par des méthodes mises au point récemment. L'acide L (+) lactique est déterminé par la méthode enzymatique de HOHORST (1963) utilisant l'oxydation de l'acide lactique par la L (+) lacticodéshydrogénase en présence de NAD; la réaction est suivie au spectrophotomètre à 340 $m\mu$ par l'augmentation de la densité optique due à la formation de NAD-H_2 (18). L'acide malique est déterminé par mesure de la perte d'acidité titrable d'une quantité déterminée de vin additionnée des enzymes responsables de la fermentation alcoolique de cet acide sous la forme d'une suspension de cellules fraîches d'une souche de **Schizosaccharomyces pombe** (19).

Les anthocyanes sont déterminées par deux méthodes différentes, par réaction avec le bisulfite de sodium (méthode 1) et par différence de pH (méthode 2) (20). Les leucoanthocyanes sont déterminés par hydrolyse acide et transformation en aglycones d'anthocyanes (21). Les substances volatiles sont évaluées par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un appareil Aérograph 1200 muni d'un détecteur à ionisation de flamme et fonctionnant en isotherme; on injecte directement 1 μl de vin dans une colonne composée de 5 % de Carbowax 400 et de 1 % de

Hallcomid M-18-OL sur Chromosorb W lavé aux acides (60-80 mesh) régénéré à 800°C, colonne en cuivre (750 x 0,28 cm), température 80°C, débit N_2 = 22 ml/mn, débit H_2 = 25 ml/mn.

III. — RESULTATS

A. — Fermentation alcoolique

1°) **Température de fermentation.** — Une des principales difficultés de la vinification réside dans le fait que la fermentation alcoolique est une réaction exothermique. Les cuves s'échauffent et il est nécessaire qu'elles s'échauffent. Cette élévation de la température conditionne en effet les phénomènes de macération, tout en agissant sur la vitesse de la fermentation. Plus la température est élevée, plus la fermentation est rapide, mais plus elle risque d'être limitée, laissant ainsi du sucre non fermenté. Dans le cas de fermentation incomplète, les bactéries lactiques risquent de transformer le sucre en acide lactique et acide acétique. C'est la « piqûre lactique ». Il est difficile de définir une température critique, variable suivant les conditions et le degré alcoolique; on admet qu'il ne faut pas dépasser 30 à 32°C.

Lorsque les fermentations se déroulent dans des cuves de petite capacité et en année froide, les pertes calorifiques sont telles qu'une intervention est rarement nécessaire; par contre, dans les grandes cuves où les déperditions de chaleur sont réduites, lorsque la température extérieure est élevée, il est indispensable de maintenir la température de la masse en fermentation en dessous de la température critique. Les caves coopératives équipées d'un système efficace et suffisant de refroidissement sont assez rares.

L'utilisation des divers vinificateurs continus pose, au point de vue température, un problème : ils sont de grande capacité, placés, dans la majorité des cas, en dehors des caves, donc non protégés, et certains sont en béton, matériau assez peu conducteur; on pouvait craindre que la température ne s'élève dangereusement.

Nous avons comparé, au point de vue température de fermentation, divers vinificateurs continus à des cuves classiques, ainsi que des vinificateurs continus de construction différente entre eux. En 1965, à la cave coopérative E nous avons comparé des vinificateurs en métal à simple tour d'une capacité de 1 600 hl à des cuves classiques de 400 hl. Dans

les vinificateurs continus, sans utiliser le système de réfrigération, la température n'a pas dépassé 30°C, pour une température ambiante moyenne de 21°C et pour des moûts d'un degré alcoolique en puissance de 10°. Dans la cuverie ordinaire, par contre, les températures ont atteint en moyenne 37-39°C. Une comparaison semblable a été effectuée en 1966 à la cave coopérative B entre un vinificateur métallique à simple tour d'une capacité de 4 000 hl et des cuves classiques de 350 à 375 hl; les températures ambiantes moyennes minimale et maximale ont été de 11 et 26°C; le degré alcoolique en puissance était de l'ordre de 11°5. Dans le vinificateur continu, sans utiliser le système de réfrigération, la température a oscillé autour de 30°C. Dans la cuverie ordinaire, par contre, les températures ont atteint 37-40°C et ont conduit à des ralentissements et même des arrêts de la fermentation; l'épuisement des sucres a été très long sur près de 8 500 hl.

En 1967, la comparaison est également à l'avantage des vinificateurs continus métalliques à simple tour par rapport à la cuverie classique.

A la cave coopérative E, en 1965, nous avons vérifié l'efficacité du système de refroidissement placé sur les appareils métalliques, par comparaison entre deux vinificateurs de 1 600 hl, l'un étant refroidi, l'autre non, tous les deux recevant le même tonnage de vendange. Pendant l'essai, la température ambiante était de 25-26°C, la température de l'eau de 16°C; une pulvérisation pendant quatre heures a permis un abaissement de la température de la masse en fermentation de 2°C. Dans les Pyrénées Orientales, BRUGIRARD (23) a constaté sur un appareil de même modèle, d'une capacité de 800 hl, que ce système de refroidissement utilisait trente fois moins d'eau que le système par échangeur tubulaire.

A la cave coopérative A nous avons comparé les températures de fermentation dans un appareil à double tour en béton et dans un appareil métallique à simple tour (tableau 1). La quantité journalière moyenne de vendange introduite a été du même ordre de grandeur, respectivement de 170 et 163 tonnes, les deux vinificateurs ayant une capacité totale de 4 000 hl. Pour le vinificateur en béton, la température moyenne enregistrée le matin a été de 30°7 et, le soir, de 32°6 C; pour l'appareil métallique de 29°9 et de 28° C. Cette observation montre bien l'avantage du métal sur le béton au point de vue échange thermique. C'est la raison pour laquelle, dès 1961, nous avions conseillé pour la construction d'un appareil rationnel de remplacer le béton, mauvais conducteur, par le métal et de supprimer la tour centrale, qui entre autres inconvénients, accumule les

TABLEAU 1

Comparaison des températures de fermentation dans un appareil en béton à double tour et dans un appareil métallique à simple tour.

Cave coopérative A - Vinification 1967

DATE	Température extérieure		Appareil en Béton, double tour					Appareil métallique, à simple tour				
			Vendange (tonnes)	Densité		Température		Vendange (tonnes)	Densité		Température	
	Minimale	Maximale		matin	soir	matin	soir		matin	soir	matin	soir
10-10	8°	30°	200	1 009	1 010	28°	32°	108	1 010	1 020	31°	32°
11	7°	30°	145	1 006	1 005	28°	35°	154	995	1 015	32°	28°
12	9°	26°	160	1 003	1 005	29°	32°	140	1 002	1 010	30°	27°
13	13°	26°	165	1 004	1 006	31°	31°	180	995	1 012	30°	28°
14	17°	22°	170	1 003	1 002	33°	33°	189	1 000	1 017	30°	28°
15	9°	24°	205	1 003	1 003	33°	34°	190	995	1 020	30°	27°
16	10°	27°	180	1 009	1 004	32°	33°	164	1 000	1 010	30°	29°
17	19°	27°	190	1 004	1 002	33°	34°	190	1 000	1 020	30°	28°
18	12°	19°	185	1 003	1 002	34°	34°	170	1 000	1 015	30°	28°
19	5°	24°	180	1 007	1 005	30°	32°	160	1 000	1 010	28°	28°
20	8°	24°	130	1 009	1 002	30°	31°	150	998	1 015	29°	27°
21	11°	24°	130	1 009	1 002	30°	31°	160	995	1 007	29°	27°
Moyenne	10°6	25°2	170	1 006	1 004	30°9	32°6	163	999	1 014	29°9	28°1

TABLEAU 2

Comparaison de l'évolution de la température de fermentation en cours de fonctionnement dans un appareil en béton à double tour et dans un appareil métallique à simple tour.

Cave coopérative A - Vinification 1967

Appareil en béton, à double tour		Appareil métallique à simple tour	
Différences de température		Différences de température	
du soir au matin	du matin au soir	du soir au matin	du matin au soir
— 6°	+ 7°	0°	+ 1°
— 1°	+ 3°	+ 2°	— 4°
+ 2°	0°	+ 3°	— 3°
0°	0°	+ 2°	— 2°
— 2°	+ 1°	+ 2°	— 2°
0°	+ 1°	+ 3°	— 3°
0°	+ 1°	+ 1°	— 1°
— 4°	0°	+ 2°	— 2°
— 2°	+ 2°	0°	— 2°
— 1°	+ 1°	+ 1°	0°
— 1°	+ 1°	+ 2°	— 2°
— 1°18	+ 1°54	+ 1°63	— 1°18

calories à l'intérieur de l'appareil et rend par conséquent le refroidissement difficile. Dans cette cave nous avons comparé pour l'appareil en béton et l'appareil métallique les différences de température du matin au soir et du soir au matin (tableau 2). Pour l'appareil métallique, on enregistre une baisse de la température au cours de la journée, causée par l'évacuation du vin chaud et par l'introduction de vendange froide. Pendant la nuit, au contraire, il y a une légère élévation de la température par fermentation. Pour l'appareil en béton, on observe le phénomène inverse et la montée de température se fait pendant le jour.

Il ressort de l'ensemble de ces observations que l'utilisation des appareils de vinification continue métallique et à simple tour permet de maintenir une température de fermentation convenable pour une bonne vinification.

TABLEAU 3

Nombre de levures en milliers par mm³ à la sortie du vin.

Cave coopérative A - Vinification 1967

Date	Appareil en béton à double tour	Appareil métallique à simple tour
7	40	—
8	49	—
9	60	—
10	62	130
11	74	94
12	110	116
13	92	114
14	80	98
15	86	128
16	76	123
17	98	126
18	88	112
19	108	114
20	90	88
21	76	84
22	104	76
23	128	—
24	116	—
Moyenne :	85	108

2°) **Numération des levures.** — Il est connu que la fermentation est rapide quand les levures se reproduisent rapidement. Tout arrêt de la croissance est suivi à court terme d'un arrêt de la fermentation, accident

pouvant avoir de graves conséquences. Si, pour les diverses cuves classiques (cuves ouvertes, cuves fermées), et suivant l'importance et le moment de l'aération nous connaissons à quel rythme les levures se développent par numération des cellules totales et des seules cellules vivantes, à notre connaissance seul, BRUGIRARD (22), a effectué un travail similaire en vinification continue; il a trouvé par coloration au bleu de méthylène 15 à 20 % de cellules mortes dans la cuve classique témoin, alors que dans le vinificateur continu il n'y en a pratiquement aucune.

Nous avons suivi par comptage à l'hématimètre de Malassez les populations totales de levures dans le vin à la sortie de deux types d'appareils : à tour centrale et à simple tour. Ces comptages ont été effectués durant trois campagnes de vinification successives et ont donné chaque année des résultats semblables. Nous donnons dans le tableau 3 ceux obtenus en 1967. Les prélèvements avaient lieu dans la matinée avant l'introduction de vendange fraîche. Les numérations montrent qu'en vinification continue la multiplication des levures est plus importante que dans le vin de goutte de vinification classique. La fermentation est conduite en présence d'un nombre de levures plus grand. Il faut tenir compte encore qu'en fermentation classique la population maximale n'est atteinte qu'au troisième ou quatrième jour. En vinification continue, la fermentation se poursuit toujours avec la population maximale. La population des levures est en moyenne plus élevée dans l'appareil à simple tour que dans l'appareil à tour concentrique. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la tour intérieure se trouve dans des conditions d'anaérobiose plus poussée, alors que la tour unique reçoit continuellement de l'air avec le pompage de la vendange.

Ces différences de population levurienne doivent avoir des incidences sur la constitution des vins. Les vins sortent de l'appareil très chargés en levures, ce qui facilite d'une part l'achèvement rapide de la fermentation et ce qui, d'autre part, doit accuser les phénomènes d'excrétion. La restitution au vin des éléments plastiques et surtout la dissolution des éléments oligo-dynamiques des levures ont une grande importance, tant sur la valeur alimentaire du vin et sur l'atténuation du rôle physiologique de l'alcool (23), que sur son évolution ultérieure, particulièrement en ce qui concerne la fermentation malolactique.

3°) **Identification des levures.** — L'étude de l'identification des espèces de levures se développant dans les appareils de vinification continue a été effectuée en 1966 à la cave coopérative F dans un appareil métallique à simple tour et, en 1967, à la cave coopérative A dans deux appareils

de modèles différents : en béton à double tour et métallique à simple tour.

Un échantillon était prélevé en cours de fonctionnement le matin, à la hauteur de la sortie du vin, avec les précautions habituelles d'asepsie.

Mode opératoire. — Avec une anse de platine on prélève du liquide que l'on introduit dans un tube à essai contenant 10 ml de moût de raisin stérile; après homogénéisation on prélève, toujours à l'aide de l'anse de platine, du moût de ce premier tube que l'on introduit dans un second; la même opération est effectuée pour un troisième tube. Le contenu de chaque tube représentant une dilution différente, est versé dans une boîte de Pétri stérile et on ajoute aussitôt 10 ml de gélatine à 20 % liquéfiée à 40°C, en évitant de trop soulever le couvercle. On mélange avec précaution et on laisse refroidir. Les boîtes sont conservées à l'abri des poussières à température ambiante et amenées au laboratoire. Cette méthode permet, sans beaucoup de matériel, sur place, d'obtenir une boîte sur trois ayant une dizaine de colonies pouvant être prélevées. Au laboratoire, chaque colonie est placée dans un tube contenant du moût de raisin stérile, et c'est à partir de cette culture pure que les différents tests d'identification sont effectués.

Les tests d'identification ont été effectués par Mlle S. DOMERCQ; les résultats sont rassemblés dans les tableaux 4 et 5.

A la cave coopérative F, en 1966, 97 colonies ont été étudiées; on a trouvé exclusivement des **Saccharomyces :**

92 souches de **Saccharomyces ellipsoïdeus.**
5 souches de **Saccharomyces oviformis.**

A la cave coopérative A, en 1967, 174 colonies ont été étudiées; on n'a trouvé également que des **Saccharomyces :**

145 souches de **Saccharomyces ellipsoideus.**
17 souches de **Saccharomyces italicus.**
6 souches de **Saccharomyces oviformis.**
3 souches de **Saccharomyces chevalieri.**
2 souches de **Saccharomyces fructuum.**

Il n'a pas été identifié de levures à bas pouvoir alcoogène. **Saccharomyces ellipsoideus** représente 87 % des colonies isolées; la prédominance de cette espèce en vinification continue a été montrée également par TARANTOLA et al. (24).

TABLEAU 4

Identification des espèces de levures.

Cave coopérative F - Vinification 1966

Jours de fonctionnement	Nombre de colonies	Levures identifiées	
		Sacch. ellipsoideus	**Sacch. oviformis**
3	10	10	—
4	10	10	—
5	10	10	—
7	10	9	1
9	10	10	—
11	10	10	—
13	10	9	1
15	10	9	1
17	10	9	1
19	7	6	1

A la cave coopérative A, l'espèce dominante, après **Saccharomyces ellipsoideus** est **Saccharomyces italicus.** En France, cette levure avait été rencontrée rarement dans les moûts en fermentation; S. DOMERCQ (25) en avait isolé 19 souches en Bordelais, soit une fréquence de neuf pour mille. Cette levure est également peu représentée dans les moûts de l'Italie centrale (1 %), mais elle est beaucoup plus fréquente dans l'Italie méridionale (38 %).

Nous retiendrons de l'ensemble de ces observations la conclusion suivante : il s'installe rapidement dans les appareils de vinification continue, par un effet sélectif, une microflore à bon pouvoir alcoogène. Les levures du type **Kloeckera** sont effectivement éliminées.

4°) **Augmentation du degré alcoolique.** — Dès les premières années de l'utilisation d'un vinificateur continu en béton à double tour, il a été constaté par PHALIPPOU que le vin obtenu avait un degré alcoolique de 0°2 supérieur à celui provenant des cuves classiques. Si cette constatation avait surpris les utilisateurs elle était explicable : comme on vient de le voir, les **Saccharomyces** à rendement élevé en alcool conduisent pratiquement seules la fermentation en vinification continue; de plus, les pertes en alcool sont logiquement plus faibles qu'en cuverie classique.

TABLEAU 5

Identification des espèces de levures

Cave coopérative A - Vinification 1967

Vinification classique						Vinification continue					
Jours de Fonctionnement	Nombre de colonies	Sacch. ellipsoideus	Sacch. italicus	Sacch. fructuum	Sacch. oviformis	**Jours de Fonctionnement**	Nombre de colonies	Sacch. ellipsoideus	Sacch. italicus	Sacch. oviformis	Sacch. chevalieri
1	8	6	2	—	—	2	12	10	—	1	—
2	8	7	1	—	—	4	12	11	—	1	—
4	3	2	—	1	—	5	8	8	—	—	—
5	8	5	3	—	—	6	8	5	—	1	2
6	8	7	—	—	1	9	8	7	—	—	1
7	9	8	1	—	—	10	6	5	1	—	—
8	6	3	2		—	11	6	5	1	—	—
9	6	5	1	—	—	13	8	7	—	1	—
11	5	4	1	—	—	15	8	7	—	1	—
12	8	7	1	—	—	16	4	4	—	—	—
13	8	7	1	—	—						
16	8	8	—	—	—						
17	8	6	2	—	—						

En 1966 et 1967, à la cave coopérative B, il nous a été permis de vérifier l'augmentation de degré alcoolique en vinification continue par rapport à la vinification classique; elle a été en moyenne de l'ordre de 0°1 comme le montre le tableau ci-dessous :

	1966		1967	
	Vinification classique	Vinification continue	Vinification classique	Vinification continue
Volume (en hl) de vin . . .	32335	23050	40465	24446
Degré alcoolique moyen des vins	11°45	11°59	11°04	11°14
Degré réfractométrique moyen de la vendange. .	11°12	11°18	10°83	10°82
Différence entre degré réfractométrique et degré alcoolique	0°33	0°41	0°21	0°32
Variation du degré alcoolique		+ 0°08		+ 0°11

5°) **Diminution de l'acidité volatile.** — Dès 1963, nous avons observé que les vins élaborés à l'aide de vinificateurs continus présentaient une acidité volatile généralement un peu plus faible que ceux provenant des cuves classiques. En 1966, nous avons noté à la cave coopérative B pour des vins au même stade, fermentation malolactique achevée, une acidité volatile moyenne de 0,36 en cuverie classique et de 0,30 pour les vins issus du vinificateur continu.

B. — **Conditions de la macération**

Pendant la cuvaison il y a dissolution des composés phénoliques (matières colorantes et tanins), ainsi que d'autres substances contenues dans la partie solide de la vendange. Les phénomènes de la macération sont sous la dépendance de plusieurs facteurs dont les principaux sont la durée de cuvaison, la température, la richesse en alcool. En vinification continue la vendange pénètre dans un milieu riche en alcool et, de ce fait, les dissolutions sont plus rapides qu'en vinification classique. Il convient de souligner que, dans le cas des appareils à double tour, le volume à considérer pour la macération est celui de la tour extérieure, et que le rapport solide/liquide est modifié dans le sens d'une limitation des phénomènes de macération.

Les interventions pour accélérer la macération doivent être très prudentes. Il faut extraire les substances utiles, mais seulement elles. Le lessivage du marc par circulation du moût en fermentation permet, dans une certaine mesure, une augmentation de la teneur en substances phénoliques, mais il faut éviter les extractions brutales comme malaxage du marc et recyclage, sous peine d'entraîner des composés qui communiquent au vin des goûts communs et herbacés, amers et astringents.

Nous avons effectué en cours de fonctionnement des mesures de l'indice de permanganate et de la couleur pour connaître l'influence sur les composés phénoliques du rythme des apports, du lessivage et de l'évacuation des pépins. Nous avons constaté que les vins sortant des vinificateurs continus alimentés continuellement dans la journée avaient, ce qui est logique, des indices de permanganate plus faibles de 15 à 20 % par rapport à ceux sortant en début de matinée. Des essais effectués ont montré qu'en réalisant en fin de journée un lessivage du marc, en faisant passer 1/5 environ de la capacité de l'appareil, on augmente la couleur de 7 à 12 % et l'indice de permanganate de 12 à 15 %. De l'ensemble de ces constatations, il ressort que l'introduction de la vendange doit être discontinue par rapport à la sortie du vin et à l'élimination du marc.

Les pépins ne cèdent leurs composés phénoliques que très lentement, et en vinification classique ce n'est que lorsque la cuvaison est longue que leur influence sur la teneur en tanin du vin devient importante. En vinification continue, l'apport journalier de vendange entraîne une augmentation continue du poids des pépins et ceux-ci étant placés dans un milieu riche en alcool peuvent alors céder au vin une quantité importante de substances lui donnant un caractère dur et astringent.

La quantité de pépins présente dans un vinificateur continu est fonction de plusieurs facteurs : du traitement mécanique de la vendange : éraflage ou non, foulage plus ou moins poussé, de l'état de la vendange, etc... Aussi, suivant les cas, une plus ou moins forte proportion d'entre eux sera entraînée avec le marc, une autre partie restera en suspension dans le moût, et les plus denses se retrouveront à la partie inférieure de la cuve.

Dans le cas où l'évacuation des pépins n'est pas effectuée, même si une forte proportion d'entre eux est éliminée avec le marc, la comparaison des indices de permanganate à différentes hauteurs montre bien l'augmentation des composés phénoliques due à leur présence :

Jours de fonctionnement	Sortie des pépins	1/3 de la hauteur	Sortie du vin
7	39	20	28
9	42	20	29
12	45	22	30
16	49	24	35

De plus, l'accumulation continuelle des pépins entraîne une diminution progressive du volume utile de l'appareil et rend la vidange de celui-ci en fin de campagne très difficile, en particulier sur les appareils à double tour sur lesquels il n'y a pas de système d'évacuation des pépins.

En vinification continue il faut évacuer journellement une partie des pépins qui s'accumulent au fond des appareils.

Nous avons effectué en 1967 des analyses détaillées des composés phénoliques sur des vins de vinification continue et de vinification classique, obtenus dans des conditions comparables. On a généralement comparé des cuves ou, mieux, des ensembles de cuves provenant des mêmes journées de vendanges.

Les résultats des analyses sont rassemblés dans les tableaux 6 à 9.

A la cave coopérative B, pour les premiers vins élaborés, la durée de cuvaison en cuve classique a été d'environ quatre jours et en vinification continue de trois jours. Les vins obtenus par les deux techniques présentent pourtant le même indice de permanganate et la même teneur en anthocyanes; par contre. la teneur en leucoanthocyanes est plus élevée de 19 % dans les vins provenant du vinificateur continu. Pour la même cave, nous avons examiné l'ensemble des vins, représenté par trois échantillons proportionnels aux quantités élaborées. La série A correspond aux neuf premiers jours, la série B aux six jours suivants et la série C à la dernière partie des vendanges. Nous obtenons en vinification continue une teneur plus élevée en anthocyanes, en leucoanthocyanes, ainsi que pour l'indice de permanganate; l'extrait sec un peu plus faible s'explique en partie par l'incidence de la fermentation malolactique.

TABLEAU 6

Comparaison de la dissolution des composés phénoliques

Cave coopérative B - Vinification 1967

	Vinification classique				Vinification continue			
	Cuve 14	Cuve 15	Cuve 44	Cuve 103	Cuve 228	Cuve 229	Cuve 230	Cuve 231
Coloration Intensité	0,720	0,977	1,190	1,010	0,817	0,882	0,930	0,870
Coloration Teinte	0,565	0,570	0,506	0,553	0,499	0,504	0,512	0,526
Indice de permanganate (méq/l)	25	38	50	43	38	40	37	40
Anthocyanes (mg/l) Méthode 1	250	338	490	358	362	385	368	345
Anthocyanes (mg/l) Méthode 2	228	**247**	390	324	290	336	340	306
Leucoanthocyanes g/l	1,23	**2,05**	2,93	2,31	2,27	3,77	2,18	1,90

La comparaison porte sur les premiers vins élaborés. Le temps de cuvaison est de 4 jours en vinification classique et de trois jours en vinification continue.

TABLEAU 7

Analyses détaillées comparatives

Cave coopérative B - Vinification 1967

	Vinification classique			Vinification continue		
	A	B	C	A	B	C
Degré alcoolique	11°5	11°4	11°2	11°5	11°5	11°4
Acidité totale	4,61	4,80	4,80	4,21	4,02	3,92
Acidité volatile	0,30	0,37	0,34	0,34	0,34	0,34
Acide malique g/l	0,10	1,5	1,5	0,5	0	0
Sucres réducteurs	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Densité à 15°C	995,0	995,6	995,6	994,4	994,5	994,4
Extrait sec densimétrique 20/20	22,0	23,0	22,6	20,9	21,1	20,6
Couleur Intensité	1,075	0,755	0,652	0,885	0,732	0,665
Couleur Teinte	0,535	0,525	0,552	0,526	0,574	0,494
Indice de permanganate méq/l	36	35	31	38	41	39
Anthocyanes (mg/l) Méthode 1	312	288	264	345	370	420
Anthocyanes (mg/l) Méthode 2	320	246	260	366	428	406
Leucoanthocyanes g/l	2,15	2,12	1,67	2,24	2,32	2,24

TABLEAU 8

Analyses détaillées comparatives

Cave coopérative F - Vinification 1967

	Vinification classique			Vinification continue		
	A	B	C	A	B	C
Degré alcoolique	9°9	9°6	9°9	9°9	9°8	10°0
Acidité totale	6,08	6,17	4,90	6,27	6,37	6,47
Acidité volatile	0,21	0,18	0,27	0,12	0,21	0,21
Sucres réducteurs	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
pH	3,20	3,15	3,25	3,15	3,15	3,15
Densité à 15°C	997,1	996,9	997,1	997,0	997,1	997,0
Extrait sec densimétrique 20/20	22,6	21,0	22,6	22,4	22,4	22,7
Couleur Intensité	0,614	0,655	0,677	0,915	0,995	1,060
Couleur Teinte	0,574	0,471	0,538	0,452	0,421	0,413
Indice de permanganate méq/l	21	22	22	28	26	28
Anthocyanes mg/l Méthode 1	600	470	470	798	660	745
Anthocyanes mg/l Méthode 2	704	396	436	756	686	650
Leucoanthocyanes g/l	0,78	0,88	1,05	1,10	1,10	1,15

TABLEAU 9

Comparaison de la dissolution des composés phénoliques.

Cave coopérative D - Vinification 1967

	Vinification classique	Vinification continue
Coloration Intensité	0,507	0,565
Coloration Teinte	0,662	0,592
Indice de permanganate méq/l	26	24
Anthocyanes mg/l Méthode 1	325	345
Anthocyanes mg/l Méthode 2	310	320
Leucoanthocyanes g/l	0,85	1,38

TABLEAU 10

Evolution de l'acide L (+) lactique au cours du fonctionnement d'un vinificateur continu.

Sulfitage progressif à l'aide d'une pompe doseuse.

Cave coopérative F - Vinification 1967

Jours de Fonctionnement	Sulfitage SO_2 g/hl	Acidité totale	Acidité volatile	Acide L (+) lactique mg/l	Acide malique g/l
6	5	6,17	0,21	5	4,02
7	5	6,17	0,21	4	4,15
8	5	6,17	0,15	4	4,08
9	7	5,98	0,15	4	4,08
10	7	6,17	0,15	4	4,08
11	7	6,08	0,15	9	4,15
12	7	6,17	0,15	29	4,02
13	10	6,17	0,15	44	3,88
14	10	6,27	0,18	44	3,88
15	14	6,27	0,18	39	3,88
16	10	6,17	0,18	59	3,78
17	10	6,08	0,21	94	3,68
18	10	5,88	0,21	79	3,81
19	10	6,17	0,24	82	3,81
20	10	5,78	0,24	94	3,68
21 (1)	—	5,88	0,27	124	3,68
22	—	—	0,27	94	3,55

(1) A partir du 21e jour l'appareil ne recevait plus de vendange.

A la cave coopérative F, pour une durée de cuvaison sensiblement la même, les vins provenant des vinificateurs continus ont un indice de permanganate supérieur en moyenne de 6 méq. par litre, une coloration plus importante de 49 à 56 % que représente bien l'augmentation de la teneur en anthocyanes. La teneur en leucoanthocyanes est également plus élevée dans les vins issus du vinificateur. Enfin, à la cave coopérative D où le séjour moyen dans le vinificateur n'était que de deux jours, les vins issus du vinificateur continu ont une couleur, une teneur en anthocyanes et un indice de permanganate identiques, à ceux élaborés en cuves classiques, avec cuvaison de quatre jours, mais une teneur en tanin plus élevée.

Ces nouvelles observations confirment celles effectuées précédemment. Loin d'être une méthode appauvrissant le vin, la vinification continue permet d'obtenir plus rapidement des vins plus complets.

C. — Sulfitage et développement des bactéries lactiques

L'observation a montré à diverses reprises que les vins issus de vinificateurs continus subissaient plus facilement et plus rapidement la fermentation malolactique que ceux élaborés dans la cuverie classique. Ainsi, PHALIPPOU, Directeur de l'Institut coopératif des vins pour le département de l'Aude, dès 1950, d'après MADERN (9) a constaté une différence de 1,0 à 1,5 g, par litre d'acidité fixe. Le facteur le plus important pouvant faciliter la transformation de l'acide malique dans cette technique de vinification est certainement l'action atténuée de l'anhydride sulfureux. Dès la première année de nos observations comparatives, en 1963, nous avons noté à la cave coopérative A cette diminution de l'acidité fixe qui, dans les années suivantes, se confirma et fut enregistrée dans d'autres caves coopératives. Dans certains cas, la fermentation malolactique s'est même déclenchée à l'intérieur des appareils, ce qui constitue un danger, comme chaque fois qu'elle se fait en présence de sucre. Dans un premier temps d'ailleurs les bactéries peuvent attaquer l'acide malique sans toucher au sucre et sans élever l'acidité volatile. A la longue, cependant, le danger de piqûre lactique s'aggrave. C'est la seule objection sérieuse qui a été faite à la vinification continue. Certains ont douté à ce sujet de l'efficacité du sulfitage de la vendange, à cause de la combinaison rapide de l'anhydride sulfureux à l'éthanal de fermentation.

Nos observations jusqu'en 1966 montrèrent qu'à sulfitage égal la fermentation malolactique était plus rapide dans les vins issus des vinificateurs continus; une augmentation progressive de la dose d'anhydride

TABLEAU 11

Evolution de l'acide L (+) lactique
au cours du fonctionnement d'un vinificateur continu.
Sulfitage progressif au conquet de réception.

Cave coopérative A - Vinification 1967

Jours de Fonctionnement	Sulfitage SO_2 en g/hl	Acidité totale	Acidité volatile	Acide L (+) lactique mg/l	Acide malique g/l
5	5	6,07	0,15	118	2,61
6	5	6,07	0,15	200	2,61
7	5	6,07	0,15	320	2,68
8	5	6,07	0,12	410	2,88
9	5	5,59	0,21	240	2,51
10	7	5,54	0,21	320	2,21
11	7	5,35	0,21	270	2,28
12	7	5,44	0,21	320	2,24
13	7	5,44	0,24	312	2,34
14	10	5,44	0,24	315	2,28
15	10	5,30	0,24	294	2,21
16	10	5,10	0,27	230	1,84
17	10	5,79	0,24	450	2,04
18	10	4,90	0,27	300	1,84
19	15	4,90	0,27	130	1,10
20	15	4,90	0,27	115	1,40
21	15	4,90	0,30	125	1,40

sulfureux était sans effet; nous avions conclu que le sulfitage devait être en fait plus important qu'en vinification classique et augmenté progressivement au cours des vendanges. En 1967, nous avons montré l'efficacité d'un tel sulfitage.

Dans le moût en pleine fermentation, très chargé en levures et en particules microscopiques en suspension, il est difficile d'effectuer au microscope un comptage significatif des bactéries. La numération sur milieu solide n'est possible que pour des populations bactériennes assez importantes. D'ailleurs « si elle permet de se faire une idée de la vitalité des cultures, elle ne peut en aucune façon constituer une mesure de leur accroissement réel » (6). Il fallait donc mettre au point une technique permettant de détecter très tôt la présence de bactéries, avant même que l'acide malique disparaîsse et que l'acidité volatile augmente. Le dosage enzymatique de l'acide L (+) lactique s'est montré un test très précis du signalement précoce des bactéries. Nous avons montré ailleurs (19) qu'au cours de la fermentation alcoolique, la petite quantité d'acide lactique formée par les levures est constitué par l'acide D (—) lactique; par contre, la fermentation malolactique conduit exclusivement à l'acide L (+) lactique. Dès que la teneur en acide L (+) lactique est supérieure à 20 ou 30 mg par litre, on peut conclure à un début d'intervention des bactéries lactiques.

Dans les travaux de recherches, il est donc possible de contrôler l'état bactérien d'un appareil de vinification continue par dosage de l'acide L (+) lactique. Ce test est d'une très grande sensibilité. Il permet de déceler la présence de bactéries lactiques, bien avant qu'elles ne se signalent par diminution de l'acide malique ou augmentation de l'acidité volatile et bien avant qu'on puisse les percevoir au microscope. Nous avons observé ainsi, en 1967, combien elles apparaissent tôt dans les cuves et comment leur développement reste jugulé par le sulfitage.

M^me^ S. LAFON-LAFOURCADE a dosé l'acide L (+) lactique sur des échantillons prélevés journellement dans cinq appareils différents. Dans un cas, cave coopérative E, le sulfitage a été pratiquement nul; dans un autre cas, cave coopérative C, le sulfitage a été de 5 g par hl et effectué à l'aide d'une pompe doseuse; à la cave coopérative A, le sulfitage a été effectué au conquet de réception et augmenté progressivement; dans un dernier cas, cave coopérative F, il a été effectué à l'aide d'une pompe doseuse et progressivement augmenté. Les résultats sont rassemblés dans les tableaux 10, 11, 12 et 13.

TABLEAU 12

Evolution de l'acide L (+) lactique au cours du fonctionnement de deux vinificateurs continus.

Sulfitage pratiqué à l'aide d'une pompe doseuse à la dose de 5 g/hl pendant toute la durée d'utilisation.

Cave coopérative C - Vinification 1967

Jours de fonctionnement	Acidité totale	Acidité volatile	Acide L (+) lactique mg/l	Acide malique g/l
1er Vinificateur continu				
6	6,22	0,12	59	3,41
8	5,32	0,09	71	3,68
10	6,32	0,09	59	3,41
12	6,32	0,15	115	2,34
14	6,22	0,12	75	2,54
16	6,07	0,12	140	2,54
2e Vinificateur continu				
6	6,32	0,12	32	3,28
8	6,37	0,15	38	2,41
10	6,22	0,12	32	1,87
12	6,37	0,09	38	1,20
14	6,22	0,12	65	1,47
16	6,17	0,12	80	1,34
18	6,07	0,15	100	1,20

TABLEAU 13

Evolution de l'acide L (+) lactique au cours du fonctionnement d'un vinificateur continu.
Sulfitage pratiquement inexistant.

Cave coopérative E - Vinification 1967

Jours de Fonctionnement	Acidité totale	Acidité volatile	Acide L (+) lactique mg/l	Acide malique g/l
6	4,86	0,21	138	2,34
7	4,90	0,22	192	2,27
8	4,86	0,21	204	2,21
9	4,94	0,22	230	2,08
10	4,86	0,22	227	2,14
11	4,90	0,22	236	2,14
12	4,41	0,25	680	1,34
13	4,37	0,27	810	1,34
14	4,17	0,33	2040	0,27
15	4,07	0,37	2100	0,07
16	3,92	0,45	—	0
17	3,92	0,55	—	0

A la cave coopérative F, où le sulfitage a été progressif et effectué à l'aide d'une pompe doseuse, on peut estimer que les bactéries lactiques sont présentes dès le sixième jour, mais elles ne se développent pas et la fermentation malolactique s'est déclarée seulement après la fin de la fermentation alcoolique et, cette fois, nettement en retard par rapport à la vinification classique.

A la cave coopérative A, où le sulfitage a été progressif mais effectué au conquet de réception, on constate un taux relativement élevé d'acide L (+) lactique correspondant à un début de fermentation malolactique, mais il faut souligner que, dans ce cas, l'appareil était à double tour et, dans la tour centrale, on peut penser que le vin est retiré du contact avec la vendange sulfitée. Cependant, l'évolution bactérienne est enrayée et complètement bloquée dès que le sulfitage atteint 15 g par hl.

Le sulfitage uniforme à 5 g par hl, cave coopérative C, a permis d'éviter pendant 14 à 16 jours un début de fermentation malolactique. Lorsque les appareils ont été vidés, l'acide L (+) lactique dépasse 100 mg par litre, mais les acidités volatiles restent basses.

Dans le cas où le sulfitage a été inexistant, cave coopérative E, il y a une augmentation continuelle de la teneur en acide L (+) lactique et la fermentation malolactique est déclenchée au douzième jour; elle est suivie rapidement d'une montée de l'acidité volatile.

De l'ensemble de ces observations, il ressort qu'il est indispensable de sulfiter la vendange avant son introduction dans le vinificateur continu; la dose d'anhydride sulfureux doit être légèrement supérieure à celle utilisée en vinification classique et augmentée progressivement au cours de la période de vinification. L'anhydride sulfureux doit être injecté sous forme de solution à l'aide d'une pompe doseuse, dans la tuyauterie d'alimentation du vinificateur continu, le plus près possible du foulo-pompe. La mise en route de la pompe doseuse doit être synchronisée avec celle du foulo-pompe et commandée par un système d'électrodes placées dans le conquet de réception. Ainsi, il n'y a injection d'anhydride sulfureux que lorsque la vendange circule effectivement dans la conduite d'alimentation.

En vinification continue comme en vinification classique, le vinificateur est donc maître du développement des bactéries de la fermentation malolactique, où, plus exactement, il a la possibilité de retarder leur intervention jusqu'au moment opportun.

TABLEAU 14

Comparaison de la teneur en substances volatiles.

Cave coopérative F - Vinification 1967

Les chiffres sont des mg par litre

	Vinification classique			Vinification continue		
	A	B	C	A	B	C
Acétate d'éthyle	28	24	23	26	26	23
Méthanol	150	133	144	110	91	100
Propanol-1	17	16	17	16	16	16
Méthyl-2 propanol-1	96	116	86	50	65	50
Méthyl-2 butanol-1 + méthyl-3 propanol-1	245	257	240	245	212	195
Alcools supérieurs	358	389	343	311	293	261

D. — Formation de substances volatiles

Pour la première fois, en 1967, nous avons, en collaboration avec A. BERTRAND, déterminé comparativement quelques substances volatiles par chromatographie en phase gazeuse. Les résultats sont rassemblés dans les tableaux 14, 15 et 16. La teneur en méthanol est nettement plus faible dans les vins issus des vinificateurs continus. Pour les caves coopératives B et F, la différence est la même, en moyenne de 29 %; à la cave coopérative D, la diminution en méthanol est de 20 %. On sait que le méthanol provient de l'hydrolyse des pectines sous l'effet de la pectine méthylestérase. En vinification continue l'hydrolyse est stoppée par le déclenchement rapide de la fermentation alcoolique. Les phénomènes préfermentaires correspondant à la période de latence de la fermentation alcoolique, sont beaucoup moins importants en vinification continue. Cette phase ne dure ici que quelques minutes. Parmi ces phénomènes, peu ont un aspect favorable. Le blocage des processus d'oxydation enzymatique est certainement avantageux pour les mêmes raisons. En 1965, à la cave coopérative B, nous avons constaté qu'à partir de la vendange rentrée après les pluies, qui était très altérée, les vins issus du vinificateur continu étaient plus colorés, plus francs de goût que ceux élaborés en cuve classique.

TABLEAU 15

Comparaison de la teneur en substances volatiles.

Cave coopérative B - Vinification 1967

Les chiffres sont des mg par litre.

	Vinification classique			Vinification continue		
	A	B	C	A	B	C
Acétate d'éthyle	37	37	36	29	35	29
Méthanol	167	178	170	107	126	130
Propanol-1	14	17	17	14	15	17
Méthyl-2 propanol-1	76	71	68	68	53	45
Méthyl-2 butanol-1 + méthyl-3 propanol-1	275	245	240	300	255	240
Alcools supérieurs	365	333	325	382	323	302

On constate également que la teneur en méthyl-2 propanol-1 est plus faible dans les vins issus des vinificateurs continus; de 44% à la cave coopérative F; de 22 % à la cave coopérative B et de 20 % à la cave coopérative D. L'introduction journalière de vendange fraîche apporte continuellement aux levures de l'azote ammoniacal, forme d'azote la plus assimilable, ce qui entraîne une modification de l'utilisation des acides aminés responsables de la formation du méthyl-2 propanol-1; nous avons montré ailleurs (27) que la formation de méthyl-2 propanol-1 est moins importante dans le cas d'enrichissement en ammoniaque du moût.

IV. — CONCLUSIONS

Nos observations effectuées depuis 1961 montrent, qu'en dehors des facilités mécaniques bien connues, la technique de la vinification continue apporte quelques avantages supplémentaires d'ordre œnologique, sélection des levures du genre **Saccharomyces** aux dépens des levures peu alcoogènes — température de fermentation plus basse dans les appareils métalliques à simple tour — gain plus rapide de couleur et de tanin — atténuation des phénomènes préfermentaires toujours défavorables — meilleure condition d'alimentation azotée des levures, qui explique aussi leur meilleure prolifération.

TABLEAU 16
Comparaison de la teneur en substances volatiles

Cave coopérative D - Vinification 1967
Les chiffres sont des mg par litre.

	Vinification classique	Vinification continue
Acétate d'éthyle	31	31
Méthanol	143	114
Propanol-1	11	12
Méthyl-2 propanol-1	78	64
Méthyl-2 butanol-1 + méthyl-3 propanol-1	300	295
Alcools supérieurs	389	371

Nous avons montré que l'objection faite par certains à la vinification continue du risque de multiplication bactérienne, à cause d'un prétendu manque d'efficacité du sulfitage de la vendange par combinaison, n'était pas fondée. Au contraire, la conclusion la plus importante de ce travail concerne la bonne efficacité antibactérienne du sulfitage rationnel. A la condition qu'il soit soigneusement réparti à la vendange, l'anhydride sulfureux introduit à doses progressives permet, à coup sûr, d'éviter le développement bactérien et de retarder la fermentation malolactique après la fin de la fermentation alcoolique. Il n'est pas impossible que l'anhydride sulfureux combiné ait gardé un effet antibactérien.

En vinification continue, aussi bien qu'en vinification classique, le vinificateur est donc maître du développement des bactéries.

La vinification continue, technique moderne de vinification contrôlée, va dans le sens du progrès qui est inévitable et qui s'imposera obligatoirement. Nos connaissances actuelles sur la vinification continue nous paraissent suffisantes pour obtenir avec sécurité des vins de consommation courante d'excellente qualité; c'est une technique recommandable dans tous les cas où il faut traiter des volumes importants d'une vendange suffisamment acide et d'un degré alcoolique moyen.

Les appareils que nous avons à notre disposition à l'heure actuelle sont, comme tout matériel agricole, un « bien d'équipement », c'est-à-dire à leur tour producteur de richesse, et un mauvais choix peut avoir sur l'équilibre économique des caves coopératives des conséquences fâcheuses durant des années.

Les appareils modernes, métalliques à simple tour, équipés des systèmes de refroidissement par pulvérisation d'eau sur l'extérieur de la cuve, de lessivage par circulation de moût, d'évacuation des dépôts, notamment des pépins, et qui respectent d'une manière générale les impératifs œnologiques concernant les qualités gustatives et hygiéniques du vin, permettent au vinificateur averti toutes les interventions pour tirer de la matière première dont il dispose le meilleur produit possible.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) RIBÉREAU-GAYON J. et PEYNAUD E. — Traité d'œnologie, tome 1, Béranger ed. Paris 1964.

(2) SUDRAUD P. — Etude expérimentale de la vinification en rouge, Thèse, Bordeaux 1963.

(3) FLANZY M., DUPUY P., POUX Ch. et ANDRE P. — Fermentation du jus de raisin en continu, **Ann. Technol. agri.,** 1966, **15,** 311-320.

(4) SÉMICHON L. — Nouveau procédé de vinification par fermentation continue, **Rev. Vit.,** 1926, tome 65; **1671,** 21-27; **1672,** 41-43; **1673,** 53-59; **1674,** 71-79.

(5) CREMASCHI M.V. — Vinification continue, Mendoza, 1948-1949.

(6) NÈGRE E. — Procédé original de fermentation continue, **Prog. agric.** et **vitic.,** 1949, 47-48, 313-325.

(7) CARRION P. — Nouveau procédé de vinification continue, La méthode CREMASCHI pour lés vins rouges, **Bull. O.I.V.,** 1951, **240,** 140-143.

(8) DUPUY P. — Les fermentations dirigées, **Chim. Ind.,** 1956, **75,** 65-74.

(9) MADERN J. — La vinification continue, **Agr. Audoise,** 1962, **4,** 18-24.

(10) LAGOS J.M., VEGA R., MORALES R.J. de DOIS et BRECA J.V. — La fermentation continue en vinification, **Bull. O.I.V.,** 1963, **394,** 1441-1444.

(11) DA ROSA T. — La fermentation continue en vinification. Le vinificateur « DEFRANCESCHI », **Bull. O.I.V.,** 1963, **394,** 1426-1440.

(12) FAGES-BONNERY A. — La vinification continue des vins rouges, **Gen. rur.,** 1963, **10,** 541-553.

(13) PEYNAUD E. — Vers la machine à vinifier idéale, **Journée vinicole,** 8 sept. 1965.

(14) DUPUY P., et POUX Ch. — Les fermentations continues, **B.T.I. des Serv. agric.**, 1965, **196,** 72-79.

(15) NÈGRE E. — Le point actuel sur la vinification continue, **Prog. agric. et vitic.**, 1967, **19,** 1-15.

(16) ANDRÉ. — **Rapport I.T.V.**, session 1966.

(17) RIBÉREAU-GAYON et PEYNAUD E.— Analyses et contrôle des vins, 2e édition, Béranger éd. Paris 1958.

(18) PEYNAUD E., LAFON-LAFOURCADE S. et GUIMBERTEAU G. — L (+) lactic acid and D (—) lactic acid in wines, **Am. J. Enol. Vitic.**, 1966, **4,** 302-307.

(19) PEYNAUD E. et LAFON-LAFOURCADE S. — Dosage simple de l'acide L-malique à l'aide de **Schizosaccharomyces pombe, C.R. Acad. Sc. Paris,** 1964, **258,** 5542-5543.

(20) RIBÉREAU-GAYON P. et STONESTREET E. — Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge, **Bull. Soc. Chim. France,** 1965, **419,** 2649-2652.

(21) RIBÉREAU-GAYON P. et STONESTREET E. — Dosage des tanins du vin rouge et détermination de leur structure, **Chim. Anal.**, 1966, **4,** 188-196.

(22) BRUGIRARD A. — Observations relatives à trois campagnes de vinification continue dans les Pyrénées-Orientales, **Rapport I.T.V.**, session 1967.

(23) POUX Ch., FLANZY C. et FLANZY M. — Les levures alcooliques dans les vins, protéolyse et protéogenèse, **Ann. Technol. agric.**, 1964, **13,** 5-18.

(24) TARANTOLA C. et GANDINI A. — La microflora lievitiforme nella vinificazione continua, **Atti. Accad. Ital. Vite Vino,** 1966, **18,** 3-20.

(25) DOMERCQ S. — Etude et classification des levures de vin de la Gironde, Thèse, Bordeaux 1956.

(26) MONOD J. — Recherches sur la croissance des cultures bactériennes, Thèse, Paris 1942.

(27) PEYNAUD E. et GUIMBERTEAU G. — Sur la formation des alcools supérieurs par les levures de vinification, **Ann. Technol. agric.**, 1962, **11,** 85-105.