LA MACERATION CARBONIQUE ET LES VINS DE CHATEAUNEUF-DU-PAPE [1]

P. ANDRÉ
Centre de Recherches Agronomiques du Sud-Est
Station de Technologie des Produits végétaux,
Institut National de la Recherche Agronomique, 84 - Montfavet

Dès 1157 la situation de Châteauneuf, dans le Comtat Venaissin, était particulière; une charte de Frédéric Barberousse donnait à l'Evêque d'Avignon et à ses successeurs pleine et entière juridiction sur cette terre. Les Templiers effectuèrent les premières plantations de vigne au XII[e] siècle. Au début du XIV[e] siècle, le Pape Jean XXII choisit Châteauneuf comme résidence secondaire, fit édifier le château dont on voir encore les ruines et créa le vignoble qui devait recouvrir tout le coteau.

Depuis cette époque la qualité du vin est reconnue malgré les diverses difficultés que connurent les viticulteurs. En 1873, c'est le premier vignoble du Vaucluse atteint par le phylloxera. De 1878 jusqu'en 1890, le vignoble est reconstitué. En 1914-1918 les vignes sont abandonnées. En 1920 la production est augmentée abusivement par des vinificateurs installés à Châteauneuf et y vinifiant des raisins achetés à bas prix à l'extérieur de la commune.

C'est en 1936 que, sous l'impulsion du Baron le Roy, fut pris le décret du 15 mai instituant le contrôle officiel de l'appellation.

Notre exposé comprendra trois parties :

I Généralités sur Châteauneuf et les raisons de l'évolution actuelle.

II Les études générales concernant la macération carbonique.

III Les applications particulières à Châteauneuf-du-Pape.

(1) Conférence donnée le 10 février 1969 au Colloque des Techniciens d'entreprise organisé par le C.I.V.B. à Bordeaux.

I. - Généralités sur Châteauneuf et les raisons de l'évolution actuelle :

1°) Généralités

Le vin ayant droit à l'appellation Châteauneuf est produit sur cinq communes : Châteauneuf-du-Pape, Sorgues, Bédarrides, Courthézon, Orange.

Nous ne traiterons ici que de la commune de Châteauneuf proprement dite; ses terrains sont d'ailleurs classés en quasi-totalité alors que pour les autres communes il ne s'agit que de petites surfaces; en 1956 la superficie totale pour la production de Châteauneuf-du-Pape était de 2.000 hectares dont 1.700 hectares environ pour la seule commune de Châteauneuf. La plus grande partie du territoire est formée de terrasses à cailloux roulés. Il faut signaler quelques terrains sableux qui sont œnologiquement importants pour ce cru.

Le rendement est fixé à 35 hl de vin à l'hectare. Le degré minimum est de 12°50.

Chaque producteur doit trier sa vendange et déclasser 5 % d'un vin dit « rapé ».

Chaque année le Syndicat des producteurs peut modifier ces normes (rendement et pourcentage de vin « rapé »).

Ainsi pour 1968, le rendement maximum a été fixé à 26 hl par hectare.

La production totale de Châteauneuf est annuellement de l'ordre de 60.000 à 70.000 hectolitres.

La région se caractérise par l'irrégularité des facteurs climatiques.

La température est l'une des plus chaudes des régions à appellation. On enregistre souvent des maxima au-dessus de 35 °C. GODARD a montré que les baies noires de raisin concentraient la chaleur et qu'il n'était pas rare de trouver entre la température à l'intérieur du grain et la température extérieure une différence de 14 °C. Nous avons constaté effectivement en 1967 des températures de 45 °C à l'intérieur du grain alors que la température extérieure était de 32° C. La température, sous l'influence du vent dominant (le mistral) subit des variations importantes dans le temps, à la fois sur des espaces de temps assez longs (d'un mois à l'autre) et sur des temps assez courts au cours de la même journée.

On observe souvent des écarts journaliers de 15 à 20 °C et on a pu noter un écart de 28 °C en 48 heures.

La pluviosité est très irrégulière. Presque tous les mois présentent une sécheresse absolue une année et l'année suivante une pluviositée exagérée; pour ne citer que les mois de septembre et octobre :

	septembre	octobre
1945	40,2	133,9
1946	7,3	78,9
1947	61,2	92,8
1948	144,6	149,6
1949	12,6	61,4

Les périodes de pluie sont suivies d'une période de mistral qui provoque les refroidissements dont nous parlions plus haut. En résumé, grande variabilité du climat tant au point de vue de la température que de celui de la pluie ou du régime des vents.

Signalons que cette variabilité était beaucoup plus importante autrefois; il y avait en 1939 environ 130 jours de mistral dans l'année alors qu'actuellement le nombre de jours de mistral est beaucoup plus réduit (30 jours environ).

Le vignoble châteaunevois se caractérise également par le nombre des cépages autorisés.

cépages rouges		**cépages blancs**
Grenache	Terret noir	Picardan
Cinsaut	Counoise	Clairette
Syrah	Muscardin	Roussanne
Mourvèdre	Vaccarese	Bourboulenc
Picpoul		

Ces treize cépages sont sans doute nécessaires à cause de la variabilité du climat mais pratiquement jusqu'en 1956 le Grenache représentait le cépage principal à 90 %.

On connaît bien les qualités et les défauts de ce cépage. Il produit des vins de haut degré, à faible acidité, sans excès de tanin et qui s'oxydent facilement.

Le tableau I montre l'évolution de la maturation du Grenache.

TABLEAU I

Evolution de la maturation du Grenache

Dates	Sucres (1)	Acidité totale (1)	Sucres / acidité	Acidité totale (2)	Acide tartrique (2)	Acide malique (2)
8.8	127.0	9.30	13.65	186	100	62
16.8	160.0	6.00	26.66	120	83	47
22.8	165.0	4.90	33.00	98	83	36
26.8	169.7	4.90	34.69	98	81	14.20
31.8	208.8	4.10	50.92	82	86	16.45
6.9	213.8	3.60	59.40	72	80	13.34
9.9	224.0	3.90	57.40	78	81	15.22
23.9	250.0	3.60	69.40	72	—	—

(1) Les chiffres représentent des g par litre.
(2) Les chiffres représentent des meq par litre.

Le degré alcoolique en puissance était supérieur à 14°, encore s'agissait-il souvent pour Châteauneuf, vers les années 1940-1950, d'un degré minimum. La moyenne des degrés alcooliques se situait près de 15°.

A la cueillette, le 23 septembre, ce cépage présentait un rapport :

$$\frac{\text{sucre pour 100 grains}}{\text{poids de 100 grains}} = 0{,}175$$

donc classique pour ce cépage.

Mais cette date représentait le début des vendanges pour la commune et la durée des vendanges étant de 3 à 4 semaines, il y eut évidemment des phénomènes de concentration.

Dans ces conditions, avant 1950, compte tenu de la température des raisins à l'arrivée à la cave, et du fait que peu de caves possédaient des réfrigérants, les températures élevées pendant la fermentation

étaient de règle. A 37°-40 °C, il y avait bien entendu d'abord des ralentissements puis des arrêts de la fermentation. Souvent, à cette époque, en octobre, le brusque refroidissement de la température par le mistral arrêtait les phénomènes fermentaires en l'état. Les vins contenaient des sucres résiduaires et ne pouvaient finir leur fermentation alcoolique qu'au printemps suivant.

Il y avait cependant peu d'accidents du type lactique car on considérait que l'acide malique représentait « le bon fruit du vin (MATHIEU, 1939) » et pour le conserver on **travaillait avec des doses de SO_2 élevées** (20 grammes par hectolitre). CHARNAY (1959) a donné quelques analyses de ces vins :

— degré alcoolique toujours supérieur à 14°.

— sucres réducteurs variant de 3,5 à 10 g par litre.

Ce type de vin existe encore à Châteauneuf. En 1962, sur 108 échantillons analysés :

28 avaient un degré de 14°

47 avaient un degré compris entre 14° et 15°

25 avaient un degré compris entre 15° et 16°

8 avaient un degré compris entre 16° et 17° 5

Sur 108 vins aucun n'avait une teneur en sucres réducteurs comprise entre 0 et 2 g par litre, 50 % contenaient entre 2,5 et 5 g par litre et 5 vins 25 g. par litre.

Ces chiffres sont relatifs à des vins produits suivant la technique classique par foulage. Mais il faut noter également qu'à cette époque (1962), il y avait une amélioration par rapport aux années précédentes. car les viticulteurs châteauneuvois avaient commencé à s'équiper de réfrigérants.

Jusqu'en 1950 environ, la plupart des vins étaient destinés au marché de vrac et on peut penser que la plupart constituaient des vins de coupage, à cause de leur degré et de leur souplesse pour des A.O.C. d'autres régions.

2°) **Evolution récente - Ses raisons**

L'évolution se dessina à partir de 1950 environ. Un certain nombre de viticulteurs soucieux de vendre directement leur produit au consommateur se préoccupèrent essentiellement d'améliorer la qualité de leur vin et pour cela :

— Améliorèrent leur encépagement en plantant des cépages correcteurs : Cinsaut, Syrah, Mourvèdre; ces cépages donnent des vins de degré plus faible, plus aromatiques, plus complets. A côté des 2.000 hectares plantés, il s'est planté de 1955 à 1957, 430 hectares de cépages correcteurs.

— Firent l'inventaire des meilleures techniques de vinification adaptées à leur cas. Sur les conseils de M. CHARNAY, inspecteur régional, et de M. ORIZET, inspecteur général de l'I.N.A.O., ils essayèrent la méthode de macération carbonique.

Pour les raisons que nous allons voir, cette méthode s'adaptait parfaitement au cas de ces gens soucieux de produire des vins plus aromatiques, moins alcooliques, plus complets, sans excès de tanins, sans sucres résiduaires et sans acide malique.

C'est en 1956 que furent faits les premiers essais et c'est de cette époque que date le développement de la méthode de macération carbonique à Châteauneuf.

II. - **Les études générales concernant la macération carbonique.**

Sous le vocable vinification par macération carbonique, on désigne plusieurs techniques, dont la caractéristique commune est l'utilisation plus ou moins importante de la fermentation intracellulaire des raisins. On pratique cette méthode en encuvant des raisins sans les fouler.

Deux types d'études ont été entrepris :

Une première étude, à caractère scientifique. Les essais sont faits sur de faibles quantités de raisins placés dans des enceintes enrichies en azote ou en CO_2 et on étudie donc uniquement la fermentation intracellulaire.

Une deuxième étude, à caractère plus technologique. Il s'agit d'essais faits dans des conditions comparables à celles de la vinification elle-même. La différence essentielle entre les deux études provient de ce

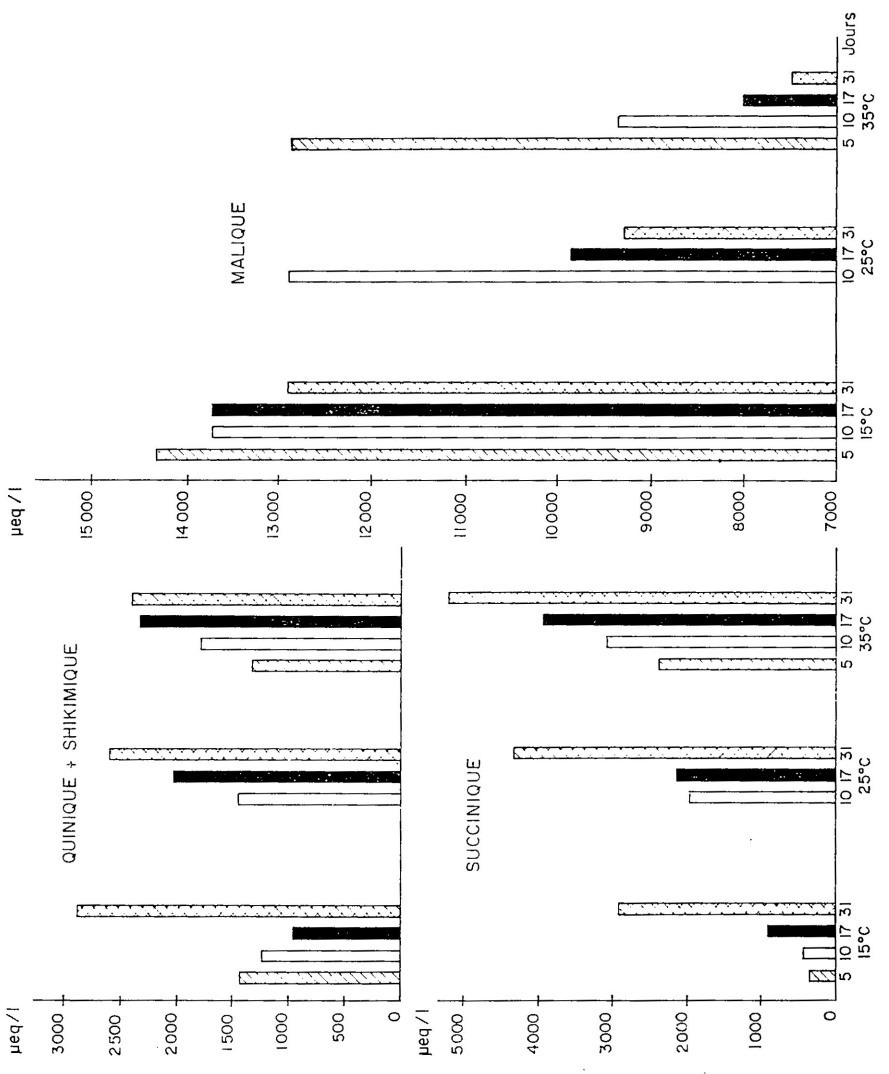


Fig. 1. - Evolution des acides organiques au cours de la fermentation intracellulaire des raisins Grenache noir 1964 en fonction de la température et de la durée.

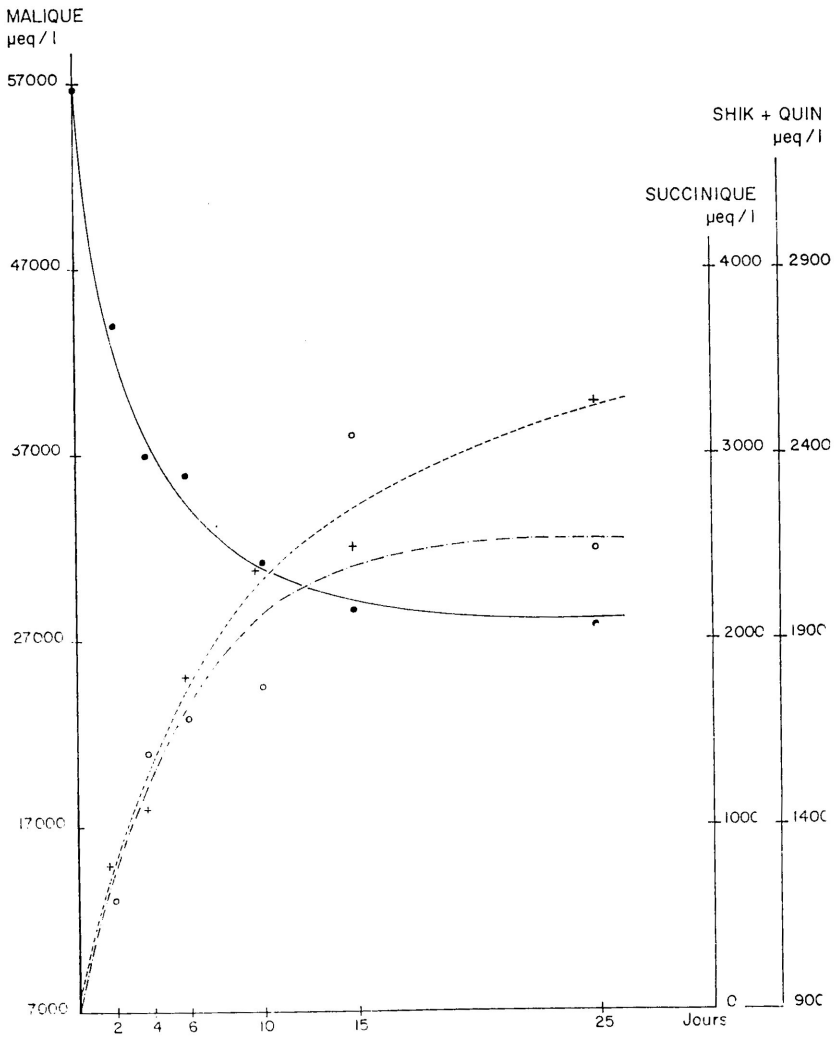


Fig. 2. - Evolution des acides organiques au cours de la fermentation intracellulaire de raisins Carignan 1965, t = 35°C

—— Acide malique, — — — — Acide succinique, — . — . — . — Acides shikimique et quinique

que dans le premier type d'essai, on ne tient compte que des grains restés entiers, dans le deuxième on tient compte de tous les grains donc également de ceux qui ont éclaté et ont donc subi une fermentation alcoolique normale.

Lors du IIe Symposium International d'Œnologie de Bordeaux en juin 1967, nous avons fait une mise au point sur ces deux types d'essais.

Nous ne rappellerons ici que les points essentiels, nécessaires pour cet exposé, et les nouveautés étudiées depuis cette époque.

1°) Essais à caractère scientifique

Le fait le plus marquant au cours des vinifications par macération carbonique est la chute d'acidité. Ainsi, avec des cépages du Bordelais, PEYNAUD et GUIMBERTEAU ont constaté une chute de 15 à 40 meq par litre en 8 jours à 25 °C. En fait, cette diminution est provoquée par la disparition de l'acide malique, mais parallèlement on assiste à l'apparition des acides succinique, quinique et shikimique. La figure 1 représente l'évolution de ces quatre acides en fonction du temps à des températures différentes pour le cépage Grenache. La figure 2 représente l'évolution de ces quatre acides pour le cépage Carignan à 35 °C.

Un des autres points importants étudiés est la diffusion des matières colorantes et tannoïdes. Nous signalerons simplement que les vins de macération carbonique, à coloration égale, sont généralement moins taniques que les mêmes vins obtenus par foulage.

Un des problèmes importants de la macération carbonique est celui des arômes. En fait, il est classique de dire que les vins produits par cette méthode sont plus aromatiques; il faut noter que dans leur jeunesse ces vins présentent des arômes caractéristiques de la méthode, identiques pour toutes les régions et tous les cépages. On peut donc penser qu'il s'agit là d'un produit du métabolisme des raisins placés en état d'anaérobiose. Ces arômes proviennent peut-être de corps dont les acides quinique et surtout shikimique seraient les précurseurs ou bien, d'acides aminés jouant également le rôle de précurseurs.

Il s'agit là d'une hypothèse de travail pour notre laboratoire; nous l'avons simplement citée pour montrer qu'au niveau d'essais de premier type il est nécessaire d'entreprendre une série d'études sur l'évolution de l'ensemble des acides du grain, acides cétoniques ou non et acides aminés. C'est le souci actuel de M. Claude FLANZY (Montfavet, I.N.R.A.).

Ces questions d'arôme sont très importantes pour les œnologues. Nous avons bien précisé qu'il s'agissait là d'arômes de jeunesse. En fait, au cours du temps, cet arôme s'atténue et les vins retrouvent l'arôme caractéristique du cru, tout au moins dans les conditions de vinification que pratiquent les viticulteurs châteauneuvois.

En ce qui concerne la microbiologie des vins de macération carbonique, il est bien connu qu'ils achèvent très rapidement leur fermentation alcoolique et que les vins élaborés ont très peu de sucres résiduaires. On peut penser qu'il y a formation de facteurs biotiques dans la première phase de macération. Pour CHAUVET, un de ces facteurs serait NH^+_4 présent dans les grains restés entiers et libéré au pressurage.

2°) **Essais à caractère technologique**

Ici les méthodes, même si elles portent sur de petites quantités, copient fidèlement les macérations carboniques industrielles. Elles visent à déterminer les règles de vinification ou à établir des comparaisons entre les types de vinification.

Nous ne présenterons ici que les résultats nécessaires à cet exposé.

Lorsqu'on remplit une cuve de raisins entiers, sous l'influence d'un certain nombre de facteurs, cépages, état du raisin, forme de la cuve, un certain nombre de grains éclatent et libèrent du jus qui subira la fermentation alcoolique.

Les grains entiers du haut de la cuve subiront la fermentation en anaérobiose, se satureront de CO_2 et éclateront sous l'effet de ce CO_2 et du ramollissement de la baie. Le jus ainsi libéré augmente la quantité de jus du fond. La figure 3 représente la cinétique d'écrasement des baies, la courbe 1 figure le volume total de jus de goutte au jour donné de l'expérimentation, la courbe 2 le volume de jus de goutte écoulé quotidiennement. Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport au jus total (goutte + presse), obtenu au décuvage. Le volume de jus de goutte est de 12 % le premier jour et de 74 % le jour du décuvage. On peut rapprocher ce dernier chiffre de celui obtenu, en vendange foulée dans les mêmes conditions qui est de 83 % le jour du décuvage.

Cette libération journalière de jus est extrêmement importante car ce jus peu sucré, se mélange au jus du fond qui subit une fermentation tumultueuse et en ralentit la vitesse. Nous l'avons vérifié dans une deuxième expérience.

Pour cela nous avons muni la cuve de macération carbonique d'un compteur à gaz. La fermentation intracellulaire et la fermentation alcoolique ont un rendement fermentaire voisin; la mesure du volume de gaz carbonique dégagé peut donc donner une idée de l'état fermentaire de l'ensemble d'une cuve de macération carbonique. Un calcul simple permet de déduire du volume de gaz carbonique dégagé l'alcool formé. La même opération est effectuée pour une cuve de raisins foulés.

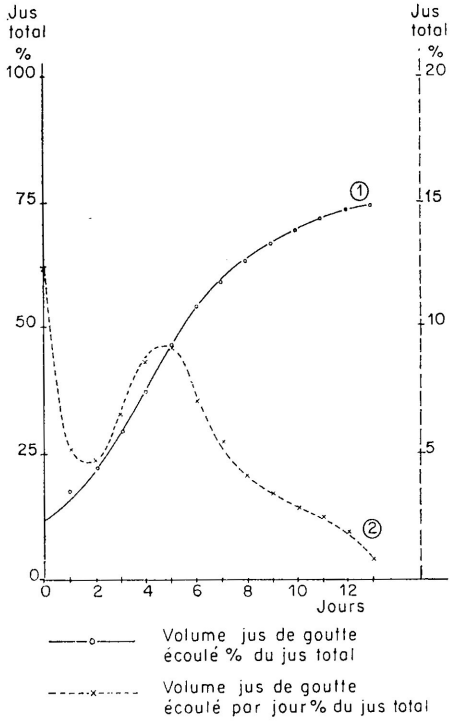


Fig. 3. - Cinétique de l'écrasement des baies.

Les résultats exprimés en pourcentage par rapport à l'alcool total (acquis et en puissance dans le vin de goutte et de presse) sont représentés sur la figure 4.

On peut constater que dans la macération carbonique on a pratiquement une vitesse de fermentation linéaire. Ceci est évidemment d'un grand intérêt, particulièrement pour les régions chaudes comme la nôtre.

III. - **Les applications particulières à Châteauneuf-du-Pape**

Examinons maintenant les applications particulières de la méthode à Châteauneuf-du-Pape.

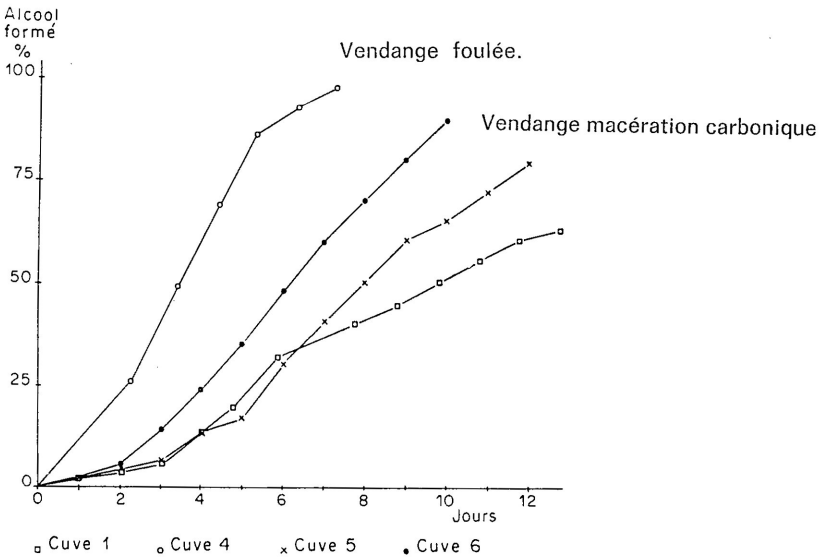


Fig. 4. - Cinétique de la production d'alcool

On sait que la transformation d'un raisin en vin nécessite trois étapes successives : fermentation, clarification, évolution aromatique. On sait également qu'au cours de l'étape fermentaire, il faut assurer d'abord la fermentation alcoolique puis la fermentation malolactique. La macération carbonique qui assure de façon certaine la succession de ces étapes est d'un intérêt évident.

Nous avons vu en effet qu'elle régularise la fermentation alcoolique et qu'ensuite la fermentation malolactique se déclenche très facilement dans ces vins peu acides. Elle permet d'avoir, dès le mois de novembre, des vins terminés au point de vue fermentaire. La limpidité se produit de façon naturelle au cours des jours froids du premier hiver qui suit la vendange.

Ainsi chez un viticulteur pratiquant cette méthode et producteur de 1000 hectolitres, les degrés alcooliques étaient voisins de 15° et toutes les cuves avaient des sucres résiduaires inférieurs à 2 g par litre au premier novembre. Toutes les fermentations malolactiques étaient terminées au 15 novembre. Ces chiffres ont été relevés en 1962. Si on les rapproche des chiffres cités plus haut et relevés chez des viticulteurs pratiquant le foulage, il est bien évident que par macération carbonique le viticulteur a raccourci de 6 mois à 1 an, le délai nécessaire pour le vieillissement.

Le gain d'arôme qu'apporte la méthode ne pouvait de plus qu'intéresser des viticulteurs qui avaient fait l'effort nécessaire pour planter des cépages nouveaux (Cinsaut. Syrah. Mourvèdre) à caractère aromatique.

Mais si les premiers essais furent des macérations carboniques strictes, sans produits œnologiques, chacun à l'heure actuelle a su adapter la méthode à ses conditions particulières.

Nous allons voir ces variantes en examinant dans l'ordre les diverses opérations de la vinification.

1°) **Ramassage**

Il se fait en caisses ou dans des récipients en bois ou plastique. Sensibilisés par la technique de la macération carbonique les viticulteurs de Châteauneuf, même ceux qui ne la pratiquent pas, ne foulent pas à la vigne.

Le triage des raisins a lieu le plus souvent à la vigne.

2°) **Encuvage**

Il est significatif de constater que les vieilles caves de Châteauneuf sont équipées pour recevoir les raisins en haut des cuves pour pratiquer la méthode.

Dans le cas des caves plus récentes, des monte-charges sont préuvs.

3°) **Produits œnologiques**

La cuve étant pleine, nous avons vu qu'une partie des grains écrasés libère du jus qui est sulfité à une dose calculée en fonction du volume total de la cuve.

On ne retrouve pas dans le jus du fond la totalité de l'anhydride sulfureux ajouté mais une teneur d'environ la moitié; cela provient du fait que l'anhydride sulfureux est mis sous forme de gaz à l'aide d'un long tuyau au fond de la cuve et qu'une grande partie est dispersée dans la masse de raisins.

On procède à un remontage de ce jus sur l'ensemble de la cuve et au cours de ce remontage on ajoute de l'acide tartrique. La dose moyenne est de 50 à 60 g par hectolitre, elle est calculée comme pour l'anhydride sulfureux sur le volume total de la cuve.

Par le calcul on retrouve approximativement la quantité d'acide tartrique utilisée. Les différences proviennent des erreurs expérimentales. Il s'agissait d'essais effectués chez un viticulteur et il était difficile de déterminer exactement un protocole.

Ces deux modifications de la méthode originelle (sulfitage et tartricage) peuvent se justifier par le fait que le Grenache est encore le cépage important de la région, qu'il s'oxyde facilement et que nous avons chaque année une part plus ou moins grande de raisins pourris. Il est donc nécessaire de sulfiter. Le tartricage se justifie par la faible acidité de nos moûts (pH 3,65).

4°) **Surveillance des fermentations**

On suit la densité, la température du jus de fond et la température de la masse des raisins.

Suivant les années, la température varie de 25 à 35 °C. Si un viticulteur estime que l'allure de la fermentation est trop lente il procède à des remontages (cas des fermentations à 25 °C par exemple). Ce remontage, en effet, favorise l'éclatement des grains, donc augmente la quantité de jus du fond, c'est-à-dire la part de la cuve qui subit une fermentation normale et on augmente donc ainsi la température. Inversement, il est possible de baisser la température en enlevant une part de ce jus du fond.

5°) **Durée de cuvaison**

On décuve lorsque la densité du jus du fond est stable et que la température de ce jus baisse. C'est en effet, le signe que les grains n'éclatent plus et que les phénomènes particuliers à la macération carbonique étant terminés, on peut décuver. Il faut signaler toutefois que des viticulteurs conservent encore en cuve jus et raisins après ce stade pendant 4 jours, pour obtenir des vins plus taniques.

La durée de cuvaison est donc dans le premier cas de 15 jours à 25 °C environ, et de 19 dans le second. La durée est de 12 jours si la température est de l'ordre de 35 °C.

6°) **Décuvage**

On décuve tout d'abord le jus puis les raisins. Ces derniers sont foulés puis pressurés. On mélange goutte et presse.

Signalons qu'en opérant ainsi on dilue l'anhydride sulfureux et l'acide tartrique.

7°) **Fermentation secondaire**

La fermentation secondaire des sucres est extrêmement rapide. Il y a ensuite une légère période de repos dont on profite pour soutirer le vin afin d'éliminer les lies grossières qui se sont déposées et on remplit les cuves afin que la fermentation malolactique se déroule dans les conditions les plus favorables.

Signalons que pendant ces fermentations secondaires, on chauffe les caves et que certains viticulteurs considèrent que le premier stade de la vinification en raisins entiers peut être effectué par contre dans des cuves en plein air.

8°) En fin de fermentation alcoolique et malolactique, on sulfite légèrement. La dose d'anhydride sulfureux est fixée en fonction de la tenue des vins, car nous avons très souvent des casses oxydasiques; dans la majorité des cas une dose de 2 g d'anhydride sulfureux par hectolitre, suffit à les arrêter.

9°) De plus en plus, à Châteauneuf, les viticulteurs filtrent à ce stade le vin sur kieselgur avant de mettre le vin en foudres de bois pour le vieillissement.

Les premiers essais ont montré l'intérêt de cette filtration au point de vue organoleptique. La raison en est vraisemblablement que dans nos vins à pH élevé, il est préférable d'obtenir très rapidement la limpidité car en éliminant les particules en suspension, on obtient un vin biologiquement plus stable.

10°) **Vieillissement**

Nous avons signalé plus haut les variabilités de notre climat. Ceci n'est évidemment pas un facteur favorable au vieillissement du vin. Les essais effectués ont montré que la meilleure méthode consisterait à mettre le vin en bouteille après le premier ou le deuxième hiver qui suit la vendange et à conserver le vin en bouteille en cave à une température maintenue à 15 °C.

Seuls des impératifs économiques empêchent le développement de cette pratique.

IV. - **Analyses détaillées de vins de Châteauneuf-du-Pape**

Nous avons analysé de façon complète 24 échantillons authentiques de Châteauneuf préparés soit par macération carbonique, soit par foulage (années 1964 à 1968). Analytiquement et gustativement, les différences entre les vins proviennent davantage du cépage et de la méthode de conservation que de la méthode de vinification elle-même.

Les degrés alcooliques varient de 12° 5 à 15°. Il y a donc des degrés plus faibles que ceux cités pour l'année 1962. Il faut noter qu'en règle générale ce sont les viticulteurs qui travaillent par foulage qui obtiennent les degrés les plus élevés. Ceci n'est pas évidemment imputable à la méthode.

Les extraits secs varient de 23 à 34 g par litre. Ces deux cas extrêmes sont des raisins foulés. La teneur en glycérol est voisine de 10 g par litre.

On peut noter :

— Les vins non foulés sont en général moins taniques, toutefois les vins 6 et 24 qui sont élaborés par foulage se trouvent parmi les vins ayant une teneur en tanin assez faible. Cela provient sans doute du fait qu'ils sont toujours vinifiés à une température inférieure à 30 °C.

— Le vin le plus coloré est un vin de macération carbonique (vin n° 19), élaboré à partir de cépages qui ne sont pas pourtant les plus colorés de nos régions. Il faut noter qu'il a une nuance plus faible que le vin n° 14 de la même année provenant de Grenache foulé (0,71); la couleur est donc moins oxydée.

Conclusion

Ainsi, après les premiers essais de 1956, des viticulteurs de Châteauneuf-du-Pape ont reconnu l'intérêt de la macération carbonique pour les régions chaudes produisant des vins de qualité.

Analysant le phénomène ils ont su l'adapter à leur cas particulier. Leur opinion actuelle peut être résumée de la façon suivante : il y a intérêt sous nos climats à conserver une part plus ou moins grande de raisins entiers lors de la vinification, pour qu'ils subissent la fermentation intracellulaire.

TABLEAU II

Analyses détaillées de vins de Châteauneuf-du-Pape

N° des échantillons	1	2	3	4	5	6	7	8
Millésime	1964	1965	1965	1966	1966	1966	1966	1966
Cépages	Grenache Cinsaut	Cinsaut	Grenache	Grenache Cinsaut	Cinsaut Syrah	Grenache	Grenache	Grenache
Technique de vinification	non foulé	non foulé	peu foulé	non foulé	non foulé	foulé	foulé	foulé
Degré alcoolique	13°95	13°30	13°65	13°75	11°20	13°70	14°55	13°90
Sucres réducteurs (g par litre)	1,15	1,10	2,15	1,05	1,10	1,55	4,50	1,75
Acidité totale (g par litre)	3,30	3,05	3,50	3,60	3,10	3,15	3,45	3,95
Acidité volatile (g par litre)	0,45	0,40	0,45	0,35	0,30	0,45	0,55	0,55
Acidité fixe (g par litre)	2,85	2,65	3,05	3,25	2,80	2,70	2,90	3,40
Acide tartrique (méq par litre)	38,0	30,0	42,0	40,0	28,0	18,0	28,0	30,0
Acide malique	absence	absence	traces	traces	traces	absence	absence	traces
pH	3,40	3,40	3,50	3,30	3,45	3,65	3,55	3,40
Extrait sec à 100° C (g par litre)	23,92	22,52	24,97	23,35	20,17	23,70	27,20	25,72
Extrait sec sous vide (g par litre)	28,85	26,05	30,85	27,50	26,15	26,90	31,40	23,35
Acide sulfureux total (mg par litre)	22	45	51	45	48	48	54	66
Intens. col. (D.O. 420 + D.O. 520)	0,432	0,437	0,520	0,740	0,562		0,610	0,517
Teinte (D.O. 420/D.O. 520)	0,820	0,820	0,790	0,650	0,640	0,810	0,810	0,810
Tanins (D.O. 280)	0,490	0,520	0,520	0,550	0,418	0,455	0,635	0,522
Glycérol (g par litre)	10,85	10,02	9,61	9,75	8,83	10,21	9,93	11,36
Cendres (g par litre)	1,82	1,70	2,30	1,85	2,12	2,40	2,50	2,32
Alcalinité des cendres (méq par litre)	13,5	14,5	16,0	14,5	13,0	18,5	16,0	15,5
Potassium (méq par litre)	38,0	30,0	21,0	46,0	28,0	23,8	23,0	21,7
Sodium (méq par litre)	0,43	0,34	0,4	0,4	0,95	1,43	0,52	0,30
Calcium (méq par litre)	3,0	3,0	2,9	2,9	2,7	3,4	3,6	3,8

TABLEAU II (Suite)

Analyses détaillées de vins de Châteauneuf-du-Pape

N° des échantillons	9	10	11	12	13	14	15	16
Millésime	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1967
Cépages	Grenache 40%/60% Cinsaut		Grenache	Grenache	Grenache			Grenache 90 % Syrah 10 %
Technique de vinification	foulé	non foulé	foulé	foulé	foulé	foulé	non foulé	peu foulé
Degré alcoolique	13°55	14°05	14°20	14°70	15°20	14°60	14°90	13°65
Sucres réducteurs (g par litre)	1,35	1,50	1,55	2,05	3,25	2,15	1,85	2,05
Acidité totale (g par litre)	3,55	2,90	3,50	3,45	3,80	3,45	2,90	3,25
Acidité volatile (g par litre)	0,30	0,45	0,45	0,35	0,35	0,40	0,45	0,40
Acidité fixe (g par litre)	3,25	2,45	3,05	3,10	3,45	3,05	2,45	2,85
Acide tartrique (méq par litre)	42,0	28,0	36,0	29,0	31,0	30,0	30,0	42,0
Acide malique	absence	absence	absence	absence	traces	absence	absence	traces
pH	3,40	3,80	3,45	3,60	3,50	3,55	3,70	3,60
Extrait sec à 100° C (g par litre)	21,82	21,20	23,95	24,77	29,15	26,20	22,40	25,87
Extrait sec sous vide (g par litre)	27,90	29,10	—	30,20	33,70	30,40	27,16	31,10
Acide sulfureux total (mg par litre)	45	32	89	45	40	30	45	36
Intens. col. (D.O. 420 + D.O. 520)	0,792	0,603	0,775	0,803	0,908	0,900	0,668	0,765
Teinte (D.O. 420/D.O. 520)	0,630	0,770	0,810	0,750	0,710	0,710	0,760	0,700
Tanins (D.O. 280)	0,795	0,500	0,508	0,525	0,525	0,536	0,530	0,610
Glycérol (g par litre)	10,25	9,56	10,12	10,76	11,04	10,39	9,01	9,38
Cendres (g par litre)	1,75	2,57	2,15	1,92	2,40	2,35	2,55	2,45
Alcalinité des cendres (méq par litre)	16,0	23,5	18,0	19,0	17,5	18,5	21,5	17,5
Potassium (méq par litre)	17,4	25,3	21,2	24,3	22,0	21,8	24,4	23,0
Sodium (méq par litre)	0,26	0,86	0,50	0,33	0,30	0,27	0,69	0,4
Calcium (méq par litre)	2,8	2,4	3,3	3,6	3,45	3,05	2,65	2,65

TABLEAU II (Suite)

Analyses détaillées de vins de Châteauneuf-du-Pape

N° des échantillons	17	18	19	20	21	22	23	24
Millésime	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1968	1968
Cépages	Grenache 80 % Syrah 10 % Mourvèdre 10 %		Grenache Cinsaut	Grenache	Grenache 90 % Cinsault Mourvèdre	Grenache 50 %	Cinsaut Syrah	Grenache
Technique de vinification	peu foulé	foulé	non foulé	foulé	peu foulé	foulé	non foulé	foulé
Degré alcoolique	14°05	14°75	13°95	15°35	13°50	15°10	12°50	14°40
Sucres réducteurs (g par litre)	1,75	2,00	1,05	1,70	1,65	2,15	1,35	2,00
Acidité totale (g par litre)	3,45	3,60	3,70	3,20	3,45	3,40	4,35	4,75
Acidité volatile (g par litre)	0,30	0,40	0,35	0,40	0,35	0,50	0,75	0,35
Acidité fixe (g par litre)	3,15	3,20	3,35	2,80	3,10	2,90	4,20	3,80
Acide tartrique (méq par litre)	48,0	28,0	46,0	32,0	32,0	36,0	28,0	20,0
Acide malique	traces	absence	absence	absence	absence	absence	présence	présence
pH	3,40	3,55	3,30	3,60	3,50	3,55	3,50	3,70
Extrait sec à 100° C (g par litre)	23,90	27,30	23,50	23,55	25,32	24,30	26,47	23,95
Extrait sec sous vide (g par litre)	29,35	29,85	26,95	30,75	29,50	27,95	30,65	33,90
Acide sulfureux total (mg par litre)	42	34	29	29	50	67	83	86
Intens. col. (D.O. 420 + D.O. 520)	0,775	0,880	1,072	0,955	0,995	0,590	0,400	0,490
Teinte (D.O. 420/D.O. 520)	0,610	0,720	0,590	0,670	0,630	0,760	0,630	0,750
Tanins (D.O. 280)	0,570	0,570	0,590	0,630	0,675	0,685	0,380	0,480
Glycérol (g par litre)	8,83	11,04	8,46	10,76	9,50	9,56	9,47	11,31
Cendres (g par litre)	2,17	2,65	1,75	2,35	2,45	2,50	2,37	2,90
Alcalinité des cendres (méq par litre)	16,5	20,5	11,5	19,5	15,0	16,0	20,5	31,0
Potassium (méq par litre)	19,1	25,3	46,0	21,7	60,0	22,5	28,0	32,8
Sodium (méq par litre)	0,34	0,43	0,47	0,26	0,4	0,43	0,34	0,39
Calcium (méq par litre)	2,7	3,75	3,2	2,6	3,1	2,8	4,0	4,9

Mais ce n'est là qu'un des aspects de l'importance nouvelle que les viticulteurs châteauneuvois attachent au raisin et les méthodes de vinification sans foulage se sont particulièrement développées chez ceux d'entre eux qui, à côté de l'effort d'amélioration des méthodes de vinification, ont fait le premier effort indispensable, celui de l'encépagement.

Les expériences citées ont toutes fait l'objet de publications citées dans la bibliographie.

Nous tenons à remercier Messieurs J. AVRIL, L. BARROT, L. et G. BRUNEL, P. COULON, P. DUFAYS, P. LAGE et P. LANCON qui ont établi les modes de vinification décrits et qui nous ont fourni les vins que nous avons analysés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDRÉ P. et FLANZY C. — Vinification avec macération carbonique. 2^{me} Symposium international d'œnologie, Bordeaux, juin 1967. **Ann. Technol. agric.** 1968, n° hors série 2.

ANDRÉ P., BÉNARD P., CHAMBROY Y., FLANZY C. et JOURET C. — Méthode de vinification par macération carbonique. I. - Production de jus de goutte en vinification par macération carbonique. II. - La production d'alcool en vinification par macération carbonique. **Ann. Technol. agric.,** 1967, **16,** 109-123.

BÉNARD P. et JOURET C. — Essais de vinification. Comparaison de trois techniques de vinification en rouge. **Vignes et Vins,** 1962, **108,** 25-20 et **109,** 7-11.

BÉNARD P. et JOURET C. — Essais de vinification en rouge. **Ann. Technol. agric.,** 1963, **12,** 85-102.

CHARNAY M. et ANDRÉ P. — Côtes du Rhône. Les observations récentes de la vendange sur souche au vin biologiquement stable. **Vignes Vins,** 1962, **105,** 15-22.

CHARNAY M. — Essais de vinification. **Vignes et Vins,** 1948, **69,** 2-8.

CHAUVET J. — Vinification en rouge par macération carbonique de la vendange. **Vignes et Vins,** 1954, **35,** 21-22.

CHAUVET J., BRÉCHOT P., DUPUY P., Mme CROSON M. et IRRMANN R. — Evolution des acides malique et lactique dans la vinification par macération carbonique de la vendange. **Ann. Technol. agric.,** 1963, **13,** 237-246.

FLANZY M. — Nouvelle méthode de vinification. **C.R. Acad. agric.,** 1935, **21,** 935-958.

FLANZY M. — Sur la vinification des vins rouges. Nouvelle méthode de vinification. Rev. **Vitic.,** 1935, **83,** 315-319, 325-329, 341-347.

FLANZY C. et ANDRÉ P. — Note sur le métabolisme des raisins en situation d'anaérobiose. **Ann. Technol. agric.,** 1965, **14,** 173-178.

FLANZY C., ANDRÉ P., FLANZY M. et CHAMBROY Y. — Variations quantitatives des acides organiques stables, non cétoniques, non volatils, dans les baies de raisin placées en anaérobiose carbonique. I. Influence de la température. II. Influence de la durée d'anaérobiose. **Ann. Technol. agric.,** 1967, **16,** 89-107.

PEYNAUD E. et GUIMBERTEAU G. — Modification de la composition des raisins au cours de leur fermentation propre en anaérobiose. **Ann. Physiol. vég.,** 1962, **4,** 161-167.