INFLUENCE DU CHAUFFAGE DES RAISINS ROUGES FOULES SUR LA COMPOSITION DES MOUTS ET DES VINS

P. MARTINIERE, J.-C. SAPIS et J. RIBEREAU-GAYON

Station Agronomique et Œnologique de Bordeaux
Institut d'Œnologie

351, cours de la Libération, 33405 TALENCE (France)

(Travail réalisé avec la collaboration de S. CHAUVET, Marie-Noëlle LE BESCOND DE COATPONT et Françoise MUR)

De nombreux travaux ont mis en évidence l'intérêt pratique du chauffage de la vendange rouge foulée ; au moment où l'emploi de cette technique connaît un développement certain, et compte tenu des nombreux travaux déjà réalisés, il nous a semblé nécessaire de présenter une première synthèse de nos résultats obtenus sur ce sujet.

Matériels et méthodes utilisés.

Les essais ont été réalisés sur une vendange rouge très saine de Malbec et de Cabernet-Sauvignon provenant du vignoble de la Cave expérimentale de l'Institut d'Œnologie.

Le chauffage des raisins rouges foulés est réalisé dans une cuve en acier émaillé de 6 hl comportant une double enveloppe où circule de l'eau chaude à 100 °C ; un agitateur homogénéise en permanence la température du contenu de la cuve.

Le refroidissement est obtenu soit par circulation d'eau froide dans la double enveloppe de la cuve, soit de façon spontanée par écoulage en comportes.

Les méthodes de dosage utilisées ont été les suivantes :

Détermination de l'intensité colorante : Somme des densités optiques du vin à 520 nm et 420 nm sous 1 mm d'épaisseur (SUDRAUD, 1958).

Détermination de la teinte : Rapport de la densité optique du vin à 420 nm à la densité optique du vin à 520 nm sous 1 mm d'épaisseur (SUDRAUD, 1958).

Dosage des anthocyanes : Méthode par différence de pH (STONESTREET, 1965). Les résultats rapportés à une courbe étalon sont exprimés en milligrammes d'anthocyanes par litre.

Dosage de l'acide tartrique et de l'acide malique : Après percolation du moût ou du vin à travers une résine échangeuse d'ions (Merck III) et élution, dosage par chromatographie en phase gazeuse.

Dosage du calcium, du potassium, du magnésium, du manganèse, du zinc et du cobalt : Après percolation du moût ou du vin à travers une résine échangeuse d'ions (Dowex 50) et élution, dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique (méthode de flamme) ; dans le cas du cobalt, seule diffère la technique de spectrophotométrie par absorption atomique (méthode de four).

Dosage de l'éthanal : Méthode REBELEIN utilisant le nitroprussiate de sodium et la pipéridine comme réactifs et dosage colorimétrique.

Numération des cellules de levures vivantes : Après ensemencement de moût gélosé à différentes dilutions avec le milieu à étudier, numération des colonies développées après une incubation de 48 h.

Numération des cellules de bactéries vivantes : Après ensemencement à différentes dilutions de moût gélosé, additionné d'extrait de levure, par le milieu à étudier, comptage des colonies développées après une incubation de 8 jours à 25 °C.

I. — ETUDE DE LA DIFFUSION DANS LE MOUT AU COURS DU CHAUFFAGE DE CERTAINS CONSTITUANTS DE LA PELLICULE

Diffusion de la matière colorante.

L'augmentation, rapide et intense, de la coloration des moûts au cours du chauffage des raisins rouges foulés reste encore dans la pratique un des principaux motifs de l'utilisation d'une telle technique. Cette augmentation de la coloration provenant de la diffusion des composés phénoliques colorés, anthocyanes et tanins, a fait l'objet de nombreux travaux ; aussi, ne présenterons-nous dans ce chapitre qu'un résumé des conclusions auxquelles nous ont conduit, à Bordeaux, plusieurs années d'expérimentation à ce sujet.

Au sortir du fouloir, la matière colorante présente dans la pellicule du raisin n'a pas encore, dans la plupart des cas, diffusé dans la phase

liquide. Les anthocyanes n'y sont présentes qu'en faible quantité (de 15 à 30 mg par litre) ; l'intensité colorante du moût est également faible (environ 0,05) ainsi que la teneur en tanins à base de leucoanthocyanes (0,3 g par litre).

Au début du chauffage de la vendange, c'est-à-dire entre 20 et 40 °C environ, ces valeurs varient peu. A partir de 40 °C, la diffusion de la matière colorante dans le moût augmente jusqu'à environ 70 °C ; au-delà, et jusqu'à 80 °C, on assiste à un ralentissement du phénomène.

Cependant, dans certains cas, le chauffage peut aller à l'encontre du but recherché. Entre 45 et 55 °C, on assiste à une augmentation de l'activité des enzymes d'oxydation des polyphénols rassemblées sous l'appellation « polyphénoloxydases ». Ce phénomène est susceptible de provoquer la précipitation de la matière colorante en particulier dans le cas du chauffage de raisins atteints de pourriture, dans lesquels l'activité polyphénoloxydasique est importante. Si cet intervalle de température critique n'est pas franchi rapidement, la matière colorante précipite en cours de chauffage, annulant l'influence bénéfique du chauffage sur la coloration du moût.

Pour obtenir une bonne diffusion de la matière colorante dans le moût au cours du chauffage, il importera donc de porter les raisins le plus rapidement possible à une température suffisamment élevée, de l'ordre de 70 °C.

Diffusion de l'acide tartrique et de l'acide malique.

Au cours de précédents essais, nous avons montré que le chauffage des raisins rouges foulés augmente, de façon importante, la teneur du moût en acide tartrique (MARTINIERE et RIBEREAU-GAYON, 1972). La figure 1 montre que la dissolution de cet acide dans le moût augmente avec la température du chauffage ; par contre, la teneur en acide malique reste sensiblement invariable.

Nous avons comparé, d'autre part, la quantité d'acide tartrique qui passe en solution dans le moût après foulage des raisins et celle qui est extraite par le chauffage par rapport à la quantité totale présente dans le grain de raisin. Nous avons trouvé que la proportion d'acide tartrique extraite est de l'ordre de 40 p. 100 dans le cas d'une vinification classique et de 75 p. 100 dans le cas d'une vendange chauffée et vinifiée en blanc après pressurage.

Diffusion du calcium, potassium, magnésium, manganèse, zinc et cobalt.

Comme l'acide tartrique et les composés phénoliques constituant la matière colorante, les cations Ca, K, Mg, Mn, Zn et Co, diffusent dans le moût au cours du chauffage. Cette diffusion est d'autant plus importante que la température est plus élevée (fig. 2) en particulier dans le cas du calcium et du potassium.

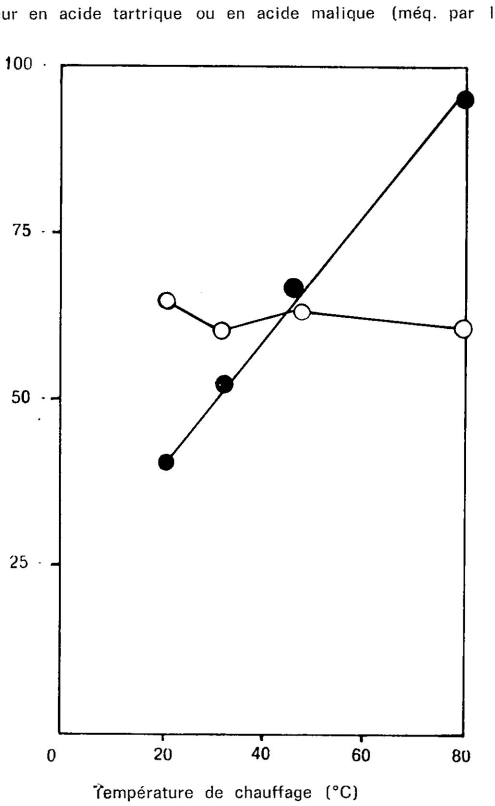


Fig. 1. — Influence de la température de chauffage sur la dissolution de l'acide tartrique (●—●) et de l'acide malique (○—○).

Formation d'éthanal.

Au cours d'un précédent travail. nous avons mis en évidence la formation d'éthanal au cours du chauffage des raisins rouges foulés (MARTINIERE et **al.**, 1969). Les résultats obtenus au cours d'un essai sont rassemblés dans le tableau I.

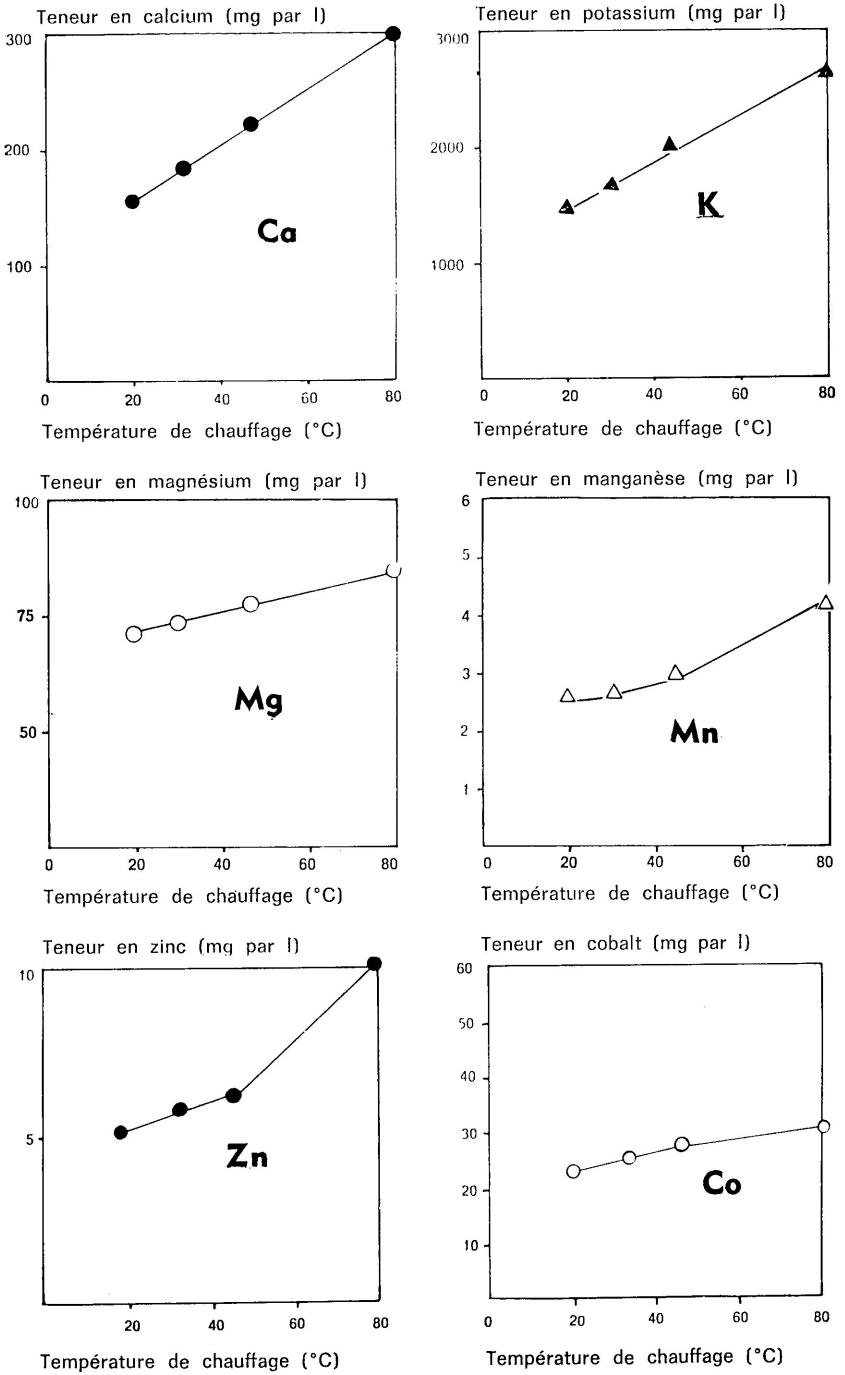


Fig. 2. — Influence de la température de chauffage sur la dissolution du calcium, du potassium, du magnésium, du manganèse, du zinc et du cobalt.

Ces résultats montrent que les teneurs en éthanal formées au cours du chauffage restent faibles ; cela provient probablement du fait que cette substance est particulièrement volatile (point d'ébullition à 20,6 °C) et qu'il se produit des pertes au cours du chauffage, ce que confirment les teneurs décroissantes obtenues à partir de 40 °C. Cependant, cette présence d'éthanal jointe à une dissolution d'azote provoque un départ en fermentation précoce suivi d'une fermentation elle-même très rapide.

TABLEAU I

Formation d'éthanal au cours du chauffage

Température (°C)	Teneur du moût en éthanal (mg par litre)
20	4
40	22
60	19
70	13

II. — EVOLUTION DES CONSTITUANTS DU MOUT DE RAISIN CHAUFFE AU COURS DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

1. Evolution de la matière colorante.

Au cours d'une vinification classique, on assiste à une augmentation régulière de la teneur en anthocyanes et de l'intensité colorante jusqu'à un maximum obtenu vers le cinquième jour après le départ de la fermentation.

Au contraire, les moûts provenant de raisins foulés, chauffés à 70 °C pendant trente minutes et pressés avant fermentation, ont des teneurs en anthocyanes et une intensité colorante très importantes, mais au cours de la fermentation alcoolique, ces teneurs diminuent fortement et à l'écoulage il y a peu de différences entre les vins témoins et les vins issus de vendanges chauffées. La couleur de ceux-ci est cependant aussi forte, parfois plus.

Mais cette diminution s'effectue en deux stades bien distincts : pendant les dix premières heures, la teneur en anthocyanes et l'intensité colorante restent sensiblement constantes et montrent même une légère augmentation ; puis, après dix à vingt-quatre heures de fermentation, on observe une diminution rapide et importante des anthocyanes et de

l'intensité courante (fig. 3). Ce phénomène ne peut, pour l'instant, recevoir aucune explication. Cette diminution se produisant après un certain temps de fermentation, il est possible que la matière colorante, instable en milieu — même faiblement — alcoolique, précipite ou se transforme progressivement au fur-et-à-mesure que le degré alcoolique du milieu augmente.

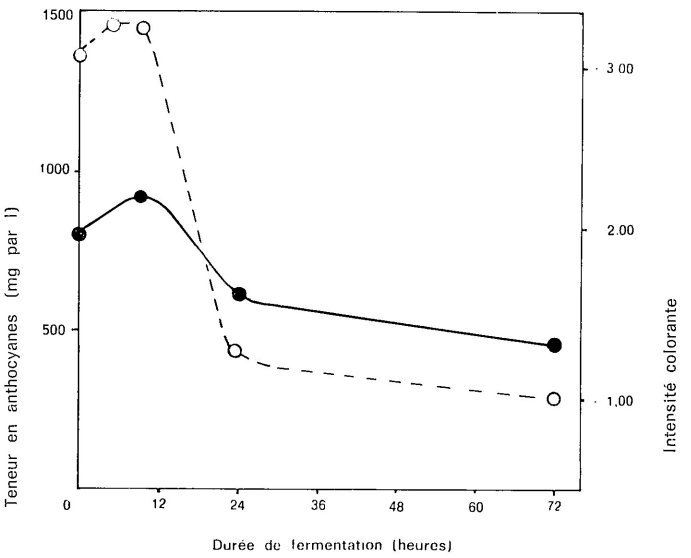


Fig. 3. — Evolution, au cours de la fermentation alcoolique, de la teneur en anthocyanes (●—●) et de l'intensité colorante (○— — —○) d'un moût de vendange chauffée.

On a émis l'hypothèse que cette diminution de coloration pouvait provenir de la fixation, par les levures, d'une partie importante de la matière colorante ; cependant, la figure 4 montre que cette hypothèse ne peut être retenue : en effet, au moment du début de la diminution du taux d'anthocyanes et de la coloration le nombre de levures présentes dans le moût de raisin chauffé est faible ; il est même inférieur au nombre de levures dans le moût témoin ; d'autre part, le deuxième jour de fermentation, jour où l'on note le plus grand nombre de levures dans le moût de raisin chauffé, la précipitation de la matière colorante est déjà réalisée depuis 24 heures.

2. Evolution des teneurs en acide tartrique, en acide malique, en calcium et en potassium.

Nous avons vu précédemment que l'une des conséquences du chauffage des raisins rouges foulés consistait en une dissolution importante d'acide tartrique dans le moût ; cette concentration élevée, en présence d'un taux également plus grand de calcium et de potassium entraîne la rupture de l'équilibre de solubilité qui est encore aggravée par l'augmentation progressive de la teneur en alcool du milieu (tableaux II et III).

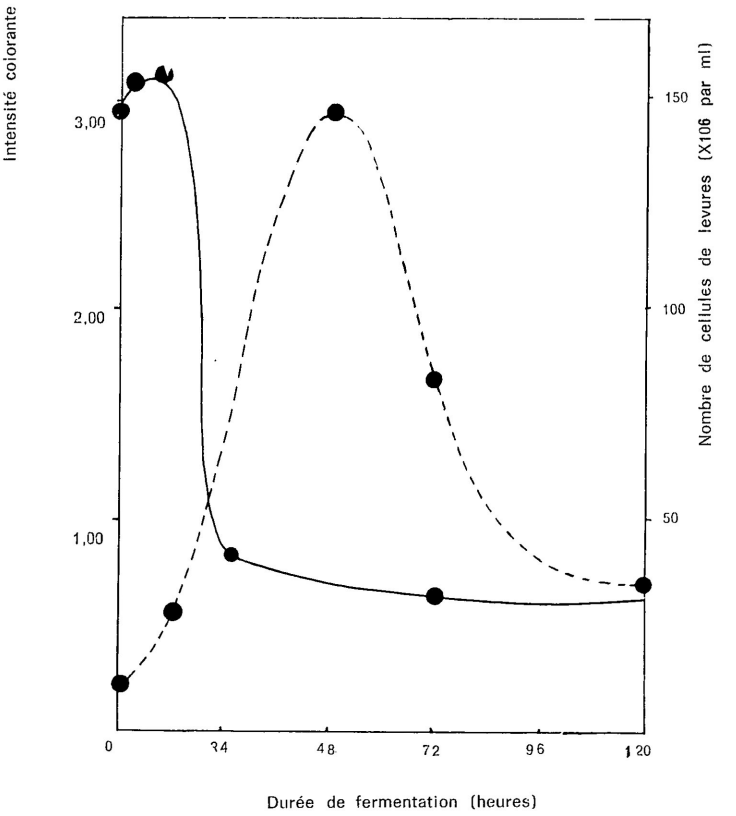


Fig. 4. — Evolution, au cours de la fermentation alcoolique, de l'intensité colorante (●—●) et de la multiplication du nombre de levures vivantes (●— — —●).

Au cours de la fermentation du moût témoin la diminution de la teneur en acide tartrique est relativement faible ; par contre, cette diminution, dans le cas d'un moût de raisin chauffé, est deux fois plus importante

(fig. 5) ; le tableau III montre également que la diminution de la teneur en calcium est également plus forte pour un moût de raisins chauffés. En ce qui concerne le potassium, l'évolution des teneurs du moût témoin et du moût de raisin chauffé est très différente (fig. 6 et tableau IV).

TABLEAU II

Evolution de la teneur en acide tartrique, au cours de la fermentation alcoolique, d'un moût témoin et d'un moût de raisins chauffés

	Teneur en acide tartrique (méq. par litre)		Evolution de la teneur en acide tartrique (p. 100)
	Avant fermentation	Après fermentation	
Moût témoin	42	30	— 28
Moût de raisins chauffés	77	30	— 61

TABLEAU III

Evolution du calcium au cours de la fermentation alcoolique d'un moût témoin et d'un moût de raisins chauffés

	Teneur en calcium (mg par litre)		Evolution de la teneur en calcium (p. 100)
	Avant fermentation	Après fermentation	
Moût témoin	165	70	— 57
Moût de raisins chauffés	225	70	— 68

TABLEAU IV

Evolution de la teneur en potassium au cours de la fermentation d'un moût témoin et d'un moût de raisins chauffés

	Teneur en potassium (méq. par litre)		Evolution de la teneur en potassium (p. 100)
	Avant fermentation	Après fermentation	
Moût témoin	1470	1600	+ 8
Moût de raisins chauffés	2150	1550	— 27

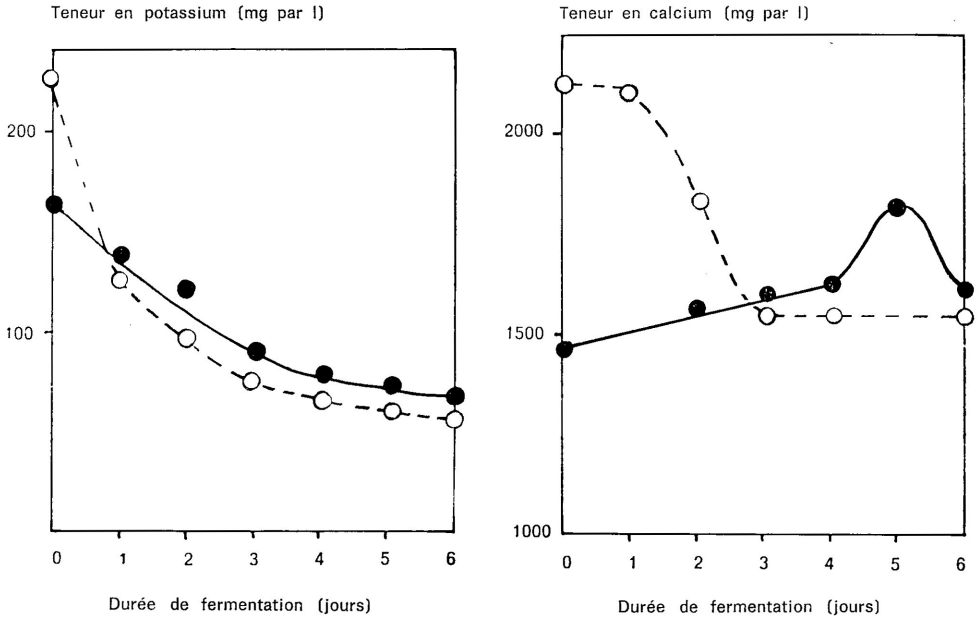


Fig. 6 — Evolution, au cours de la fermentation alcoolique, des teneurs en calcium et en potassium d'un moût de vinification en rouge témoin (●—●) et d'un moût de raisins chauffés (○- - -○).

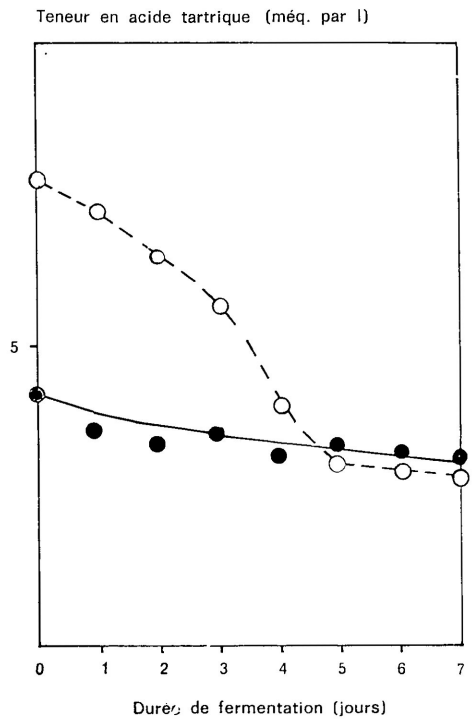


Fig. 5. — Evolution, au cours de la fermentation alcoolique, de la teneur en acide tartrique d'un moût de vinification en rouge témoin (●—●) et d'un moût de raisins chauffés (○——○).

Dans le cas du moût témoin on assiste à une augmentation de la teneur en potassium suivie d'une diminution en fin de fermentation ; par contre, la teneur en potassium du moût de raisins chauffés diminue régulièrement.

Il est intéressant de noter que dans cet essai, tant en ce qui concerne l'acide tartrique que le calcium et le potassium, les teneurs en ces substances sont, en fin de fermentation, semblables dans le moût témoin et le moût de raisins chauffés ; ceci montre qu'il existe, pour ces trois ions, un équilibre que le chauffage ne modifie pas.

L'évolution de la teneur en acide malique dans le moût témoin et le moût de raisins chauffés est identique ; on assiste à une lente et parallèle diminution (tableau V).

TABLEAU V

Evolution de la teneur en acide malique au cours de la fermentation alcoolique d'un moût témoin et d'un moût de raisins chauffés

Durée de fermentation (jours)	Teneur en acide malique (méq. par litre)	
	Moût témoin	Moût de raisins chauffés
1	115	121
2	110	97
3	105	110
4	101	100
5	104	101
6	97	90
7	81	89

3. **Evolution du magnésium, du manganèse et du zinc.**

Après dissolution de ces cations dans le moût par le chauffage, les teneurs varient peu au cours de la fermentation alcoolique. Dans le cas d'une vinification classique, en présence de marc, le passage des cations dans la phase liquide se fait progressivement, ce qui explique qu'en fin de fermentation les teneurs sont maximales (tableau VI).

4. **Evolution de la population de levures et de bactéries.**

Le nombre de levures vivantes s'accroît d'une manière très importante dans le cas d'une fermentation de moût de vendange rouge chauffée à 70 °C (fig. 7). Nous avons vu dans un travail précédent (MARTINIERE et **al.,** 1973) que la population pouvait atteindre 140 millions de cellules vivantes par ml au lieu de 70 millions dans le cas d'une fermentation classique. Ce résultat se retrouve en ce qui concerne les bactéries malo-lactiques ; au début de la fermentation le nombre de bactéries augmente considérablement, passant de 1.000 cellules après chauffage à 200.000 après le départ en fermentation.

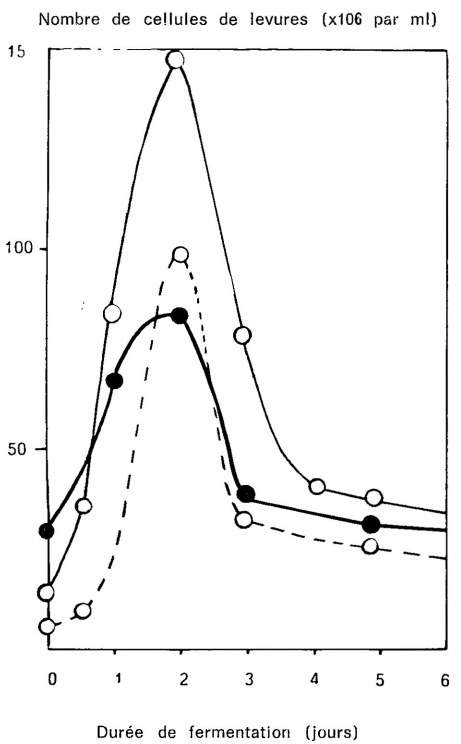


Fig. 7. — Evolution, au cours de la fermentation alcoolique, du nombre de cellules de levures vivantes d'un moût de vinification en rouge témoin (●—●) un moût de raisins chauffés et pressés avant fermentation (○—○) et d'un moût de vendange chauffée et non pressé avant fermentation (○—○)

Dans cet essai, ce nombre diminue très rapidement pour tomber aux environs de 300 à 400 par ml et la fermentation malolactique n'a pas eu lieu après la fermentation, mais au printemps suivant. Il est donc certain que non seulement les bactéries se sont développées rapidement

au départ de la fermentation par suite de la présence d'un milieu très riche et donc favorable à la multiplication bactérienne, mais que très rapidement ces bactéries se sont heurtées soit à une carence du milieu, soit à une action antagoniste qui a inhibé leur développement ultérieur. C'est le point que nous nous attachons actuellement à étudier.

TABLEAU VI

Evolution des teneurs en magnésium, en manganèse et en zinc, au cours de la fermentation d'un moût témoin et d'un moût de raisins chauffés

	Témoin Vinification en rouge			Vendange chauffée Vinification en blanc		
	Mise en cuve	3e jour de fermentation	Fin de fermentation	Mise en cuve	3e jour de fermentation	Fin de fermentation
Mg	62	66	76	81	73	78
Mn	2,6	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3
Zn	5,3	7,8	9,6	8,6	6,0	8,6

Les chiffres sont des mg par litre.

CONCLUSIONS

Le chauffage de la vendange rouge foulée permet d'extraire les constituants de la pellicule qui passent dans le moût pour le pressurage avant la fermentation. Cette extraction est bien plus intense que celle qui s'effectue au cours d'une fermentation classique en présence de marc. Mais la concentration des différents constituants est telle qu'en présence de l'alcool formé, l'équilibre qui s'établit par précipitation de certains d'entre eux (principalement le calcium, le potassium, l'acide tartrique, les polyphénols...) est semblable à celui réalisé après une vinification classique.

Les levures se multiplient très rapidement et le nombre maximum de cellules au cours de la fermentation est le double de celui existant dans une fermentation classique. La conséquence en est que la fermentation est beaucoup plus rapide. La même constatation peut être faite en ce qui concerne les bactéries, mais on a pu remarquer qu'il existe un empêchement à leur action. Le développement des levures et bactéries peut être rattaché à une extraction importante des matières azotées mais les causes de l'arrêt de l'action des bactéries n'ont pu être encore élucidées.

On peut donc dégager le fait que le chauffage de la vendange rouge ne modifie pas la composition chimique du vin fait et a, sous bien des aspects, l'avantage de permettre un contrôle plus efficace de la vinification.

Manuscrit reçu le 31 juillet 1973.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MARTINIERE P. et RIBEREAU-GAYON J., 1969. Modification du processus fermentaire par chauffage préalable des raisins. **C.R. Acad. Sci., 269** D, 925-928.

MARTINIERE P. et RIBEREAU-GAYON J., 1972, Influence du chauffage sur la fermentation de la vendange rouge. **C.R. Acad. Agric., 58,** n° 5, 305-313.

RIBEREAU-GAYON P. et STONESTREET E., 1966. Dosage des tanins du vin rouge et détermination de leur structure. **Chim. anal., 48,** n°, 188-196.

SUDRAUD P., 1958. Interprétation des courbes d'absorption des vins rouges. **Ann. Technol. Agric., 7,** n° 2, 203-208.