LA BIBLIOTHEQUE R&D DEMPTOS
www.demptos.fr
Publications scientifiques et techniques

Incidence de la fermentation malolactique en barriques et en cuves sur la composition et la qualité des vins rouges

Nicolas VIVAS(1), Aline LONVAUD-FUNEL(2), Yves GLORIES(3) et Monique AUGUSTIN(3)

(1)Chercheur de la Tonnellerie DEMPTOS, détaché à l'Institut d'Œnologie,
(2)Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Biotechnologie - Unité associée INRA,
(3)Laboratoire de Chimie Appliquée,
Institut d'Œnologie, Université de Bordeaux II,
351 cours de la Libération, 33405 Talence (France)

(Reçu après révision le 17 novembre 1994)

Résumé : La fermentation malolactique (FML) est une étape normale de la vinification des vins rouges de garde. L'étude de sa réalisation en cuves et en barriques nous a permis de montrer que la nature du récipient induisait de profondes modifications de la composition phénolique des vins entraînant un changement sensible de leurs caractères gustatifs. Les différentes dégustations réalisées ont généralement permis de classer en premier les vins issus de FML en barriques. Ces résultats suggèrent d'une part, l'intervention du bois de chêne et de ses composants solubles sur le déroulement de la FML et d'autre part, l'influence des bactéries lactiques sur les composés phénoliques des vins. Il a été possible de mettre en évidence l'amélioration de la viabilité et de l'activité malolactique des populations bactériennes en présence d'acide gallique et d'anthocyanes libres et un effet inhibiteur des procyanidines de pépins et des ellagitanins de bois de chêne.

Mots clefs : *bactéries lactiques, vins rouges, fermentation malolactique, composés phénoliques*

INTRODUCTION

La fermentation malolactique (FML) est une étape microbiologique normale de la vinification en rouge (PEYNAUD, 1984) ; elle se déroule après la fermentation alcoolique sous l'action de bactéries lactiques.

Dans les vins, elle est généralement réalisée par *Leuconostoc oenos*, coque hétérofermentaire (LONVAUD-FUNEL, 1986). Au cours de la FML, l'acide malique est décarboxylé en acide lactique sous l'action de l'enzyme malolactique (LONVAUD, 1975). L'acide citrique est également plus ou moins dégradé, conduisant à de l'acide acétique et à des composés acétoïniques (CARRE, 1982 ; PERRON de REVEL, 1992). Il résulte de cela, essentiellement une diminution de l'acidité totale due à la transformation d'un diacide en monoacide carboxylique et à une légère augmentation de l'acidité volatile. L'ensemble des transformations aboutit à un assouplissement du vin à la fois par la perte du caractère acerbe de l'acide malique, par la diminution de l'acidité et la libération de polysaccharides pariétaux (glycoprotéines) (AUGUSTIN, 1986). On constate également une modification importante des caractères aromatiques (BERTRAND, 1975 ; ZMIROU-BONNAMOUR, 1984) et gustatifs (AUGUSTIN, 1986) des vins. La FML conduit donc à de profondes modifications de la composition et de la qualité des vins rouges.

Actuellement, on a coutume de réaliser la FML soit en cuves soit en barriques. Mais, l'origine de ces deux techniques reste intimement liée à la connaissance du processus de FML et à son assimilation dans les pratiques œnologiques courantes. Ainsi, avant les années 60, la fermentation malolactique passait inaperçue, elle était inconnue et se déclenchait le plus souvent au printemps à la faveur d'un réchauffement des chais, on disait que « le vin travaille ». De plus, les conclusions de PASTEUR, à la suite de ses études sur le vin (PASTEUR, 1875), considérant que les levures font le vin et les bactéries le détruisent, ont longtemps constitué un frein au progrès scientifique dans ce domaine (RIBÉREAU-GAYON et *al.*, 1976). Après les années 60, les travaux de la Station Agronomique et Œnologique de Bordeaux ont permis de montrer que la FML est un phénomène spontané, qu'il convient de déclencher le plus tôt possible après l'achèvement de la fermentation alcoolique, indispensable à la production des vins rouges de garde (LAFON-LAFOURCADE, 1973 ; RIBÉREAU-GAYON et *al.*, 1976 ; PEYNAUD, 1989). Simultanément, à la même époque, se sont développées les cuves en béton et en acier, puis plus tard des cuves en inox et en matière plastique. Dans le même temps, les conditions d'hygiène se sont généralisées avec l'avènement d'une microbiologie œnologique et la maîtrise du sulfitage (RIBÉREAU-GAYON et *al.*, 1976). Ainsi, on a séparé les processus fermentaires des étapes d'élevage des vins rouges. Dans le Bordelais, la FML se déroulait le plus souvent en cuve de grande capacité. Le vin n'était entonné qu'après achèvement complet de ces processus fermentaires et après ajustage de la teneur en SO_2 libre. Cependant dans d'autres régions viticoles françaises, la FML

J. Sci. Tech. Tonnellerie, 1995, n°1
© Vigne et Vin Publications Internationales - Martillac (France)

en barriques a perduré. C'est le cas de la Bourgogne, pour laquelle la petite taille des propriétés, donc le plus faible volume de vin, a permis de conserver cette tradition, tout en appliquant un contrôle rigoureux de chacune des barriques au cours de la FML.

La comparaison organoleptique des vins rouges issus de la FML en cuves et en barriques a donné des résultats souvent en faveur des FML en barriques (VIVAS et *al.*, 1994). Ces caractères, confirmés après 2 ou 3 ans de conservation en bouteilles, ont suscité ces dernières années un engouement pour cette technique, prenant actuellement une place de plus en plus importante dans la production de vins rouges de différentes appellations du Bordelais. On retrouve, dans d'autres pays viticoles, le souhait de l'appliquer pour des vins de haut de gamme ; parmi ces pays les Etats-Unis (Californie, Oregon), le Chili, l'Afrique du Sud (le Cap) et l'Espagne (Rioja, Ribero de Douero) sont en bonne place. C'est donc pour répondre à ce nouveau problème que des travaux ont débuté dans ce domaine. Les résultats des dégustations montrent généralement, qu'à la suite d'une FML en barriques, le vin paraît plus souple, plus gras, plus ample ; ses caractéristiques aromatiques ont été modifiées ; le vin est totalement restructuré et paraît mieux adapté à l'élevage ultérieur en barriques. Le vin évolue plus lentement, se charpente et s'arrondit. Les caractères asséchants perceptibles dans les premiers mois de barriques sont largement atténués. Ces observations empiriques suggèrent que les bactéries ne jouent pas seulement un rôle de désacidifiant naturel, mais qu'elles interviennent également sur les éléments responsables de la saveur et des propriétés gustatives des vins que sont les composés phénoliques.

C'est à SARAÏVA (1983) que l'on doit les premiers travaux sur les relations entre les bactéries lactiques, les levures et les composés phénoliques des vins. Il a été montré que les composés phénoliques, tel que les acides phénols et les procyanidines, inhibent le développement des bactéries, au contraire de la malvidine qui semble être stimulante. FEUILLAT et *al.* (1985) mettent à jour une relation négative entre le nombre de cellules viables d'une population de bactéries lactiques et la concentration en composés phénoliques. AUGUSTIN (1986) étudie l'influence de la FML sur les composés phénoliques des vins rouges et montre en particulier que la FML augmente la teneur en combinaison tanins-anthocyanes des vins, diminue leur astringence et modifie sensiblement leur couleur. Nous possédons peu de travaux sur les interactions entre les composés phénoliques du vin et les bactéries lactiques. Seul le travail très récent de VIVAS et *al.* (1995) a apporté un éclairage nouveau sur le sujet.

Ce travail se propose d'étudier l'influence du contenant (bois ou inox) sur le déroulement de la FML et sur la composition des vins ainsi que l'influence des composés phénoliques du vin et du chêne sur la viabilité des bactéries lactiques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I — MATÉRIEL

1) Essais dans les chais

Les essais de FML sont réalisés sur des cuves de 50 et 100 hl en inox et en barriques neuves (barriques bordelaises 225 l, chêne Allier, séchage naturel 24 mois, chauffe moyenne), dans des vignobles du Médoc (Cabernet-Sauvignon, Merlot noir) et de Saint-Emilion (Merlot noir). Les barriques sont disposées dans le même local que les cuves et la température est maintenue au dessus de 19°C jusqu'au déclenchement de la FML qui se déroule avec les populations bactériennes indigènes.

Les analyses sont pratiquées 15 jours après achèvement de la FML.

2) Essais au laboratoire

Les études d'interaction sont pratiquées au laboratoire, en conditions contrôlées, sur *Leuconostoc oenos* souche IOEB 8413.

3) Origine des extraits végétaux

Les extraits de pellicules sont issus de Cabernet-Sauvignon et obtenus par macération de pellicules fraîches dans une solution hydroalcoolique. L'extrait obtenu est délipidé par extraction à l'hexane. La fraction contenant les anthocyanes libres a été purifiée sur colonne de PVPP dans les conditions décrites par GLORIES (1978). L'extrait est utilisé sous forme lyophilisée.

L'extrait de pépins est obtenu dans les mêmes conditions que pour l'extrait de pellicules. Cependant on n'utilise pas de colonne de pvpp, la fraction procyanidine étant isolée par extraction à l'acétate d'éthyle (GLORIES, 1978).

Les extraits de bois de chêne sont obtenus dans les conditions décrites par VIVAS et *al.* (1991).

J. Sci. Tech. Tonnellerie, 1995, n° 1
© Vigne et Vin Publications Internationales - Martillac (France)

4) Origine des composés phénoliques purs

Les différents acides phénols utilisés sont fournis par Sigma™.

II — MILIEUX ET CONDITIONS DE CULTURE

1) Milieux de culture

- Le milieu « A » est utilisé pour la culture des bactéries (casamino acid, 5 g ; extrait de levure, 4 g ; KH_2PO_4, 0,55 g ; KCl, 0,425 ; $CaCl_2$, 0,125 g ; $MnSO_4$, 0,025 g ; $MgSO_4$, 0,125 g ; glucose, 5 g ; acide DL malique, 10 g ; Tween 80, 1 ml ; pH 4,5-4,8 ; H_2O qsp 1000 ml).

- Le milieu « B » est utilisé pour le dénombrement des bactéries (extrait de levure, 5 g ; néopeptone, 5 g ; acide DL malique, 10 g ; $MgSO_4$, 0,05 g ; $MnSO_4$, 0,02 g ; jus de tomate, 250 ml ; pH 4,5-4,8 ; H_2O qsp 1000 ml).

- Le milieu « C » est utilisé pour étudier la survie des populations bactériennes en présence de différents substrats (tampon phosphate, KH_2PO_4 0,15 M ; pH = 4,5).

Les milieux sont stérilisés à l'étuve 15 min à 120°C.

2) Conditions de culture

Les cultures sont conduites en milieu calme à 25°C et à l'obscurité.

III — MÉTHODES

1) Dénombrement des bactéries lactiques

Les bactéries sont dénombrées sur gélose nutritive : le milieu nutritif constitué de « B » est additionné à volume égal de gélose DIFCO (20 g/l). La croissance des levures est éliminée par addition de pimaricine (0,2 ml d'une solution à 5 mg/ml par boîte de 10 ml). La croissance des bactéries peut être suivie par mesure de la densité optique à 600 nm (1 unité de DO = 1,3 . 10^9 bact./ml). Les boîtes de Petri sont incubées 5 jours à 25°C dans des jarres en anaérobiose.

2) Préparation de cellules non proliférantes

La biomasse nécessaire (de l'ordre de 10^9 bact./ml) est obtenue par centrifugation du milieu de culture (10 min, 10000 tpm, 4°C), elle est lavée par 10 ml de tampon phosphate et centrifugée à nouveau.

La population bactérienne est ensuite reprise par 10 ml de tampon phosphate supplémenté par différents substrats phénoliques. Le nombre de bactéries viables est estimé après 1 et 2 jours d'incubation à 25°C, par comptage sur gélose.

3) Dosage de l'acide malique et du glucose

L'acide malique et le glucose sont dosés par voie enzymatique (BOEHRINGER, Mannheim)

4) Activités enzymatiques de *L. oenos*

Les activités exocellulaires totales de *L. oenos* 8413 sont révélées sur APIZYM™ (réf. 2 520 0) à partir de 65 ml d'une suspension contenant $5 . 10^9$ bact./ml à pH = 5,4.

5) Dosage des composés phénoliques

Nous utilisons les méthodes mises au point par GLORIES (1978, 1984b). Les composés phénoliques totaux sont estimés par la mesure de la DO 280nm (RIBÉREAU-GAYON, 1970).

6) Dosages classiques des vins

Les méthodes recommandées par l'O.I.V. sont utilisées (alcool, acidité totale et volatile, pH, sucres réducteurs).

7) Dosage des polysaccharides

Les polysaccharides acides et neutres sont isolés et dosés dans les conditions décrite par VIVAS et GLORIES (1993).

RÉSULTATS

I — CROISSANCE DES BACTÉRIES LACTIQUES EN CUVES ET EN BARRIQUES : INFLUENCE SUR LA COMPOSITION ET LES QUALITÉS GUSTATIVES DES VINS ROUGES

1) Incidence de la nature du récipient sur la croissance des bactéries lactiques

Nous avons suivi sur un lot de vin de Cabernet-Sauvignon, en cuves et en barriques neuves, la population viable des bactéries lactiques après

J. Sci. Tech. Tonnellerie, 1995, n° 1
© Vigne et Vin Publications Internationales - Martillac (France)

achèvement de la fermentation alcoolique. Les résultats sont rassemblés sur la figure 1. Il convient de noter que les populations initiales moyennes sont pratiquement identiques pour les deux modes de FML.

En cuves, la phase de croissance exponentielle des bactéries lactiques est plus précoce et plus rapide qu'en barriques. Egalement, la population maximale est plus élevée dans les cuves que dans les barriques.

La viabilité des populations bactériennes en cuves diminue rapidement après épuisement de l'acide malique ; au contraire, en barriques, les bactéries demeurent viables plus longtemps, mais la fin de la FML est aussi plus tardive. Ces résultats sont significatifs, malgré un écart à la moyenne parfois important.

Des essais, réalisés sur des cuves inox de 3 hl comparables en capacité aux barriques, montrent que les différences enregistrées, et en particulier le prolongement de la phase stationnaire en barriques, ne sont pas dues au seul « effet volume ». Ces observations suggèrent l'intervention de composés du chêne solubilisés dans le vin. Mais on doit également prendre en compte le fait qu'en petit volume l'inertie thermique est moins importante.

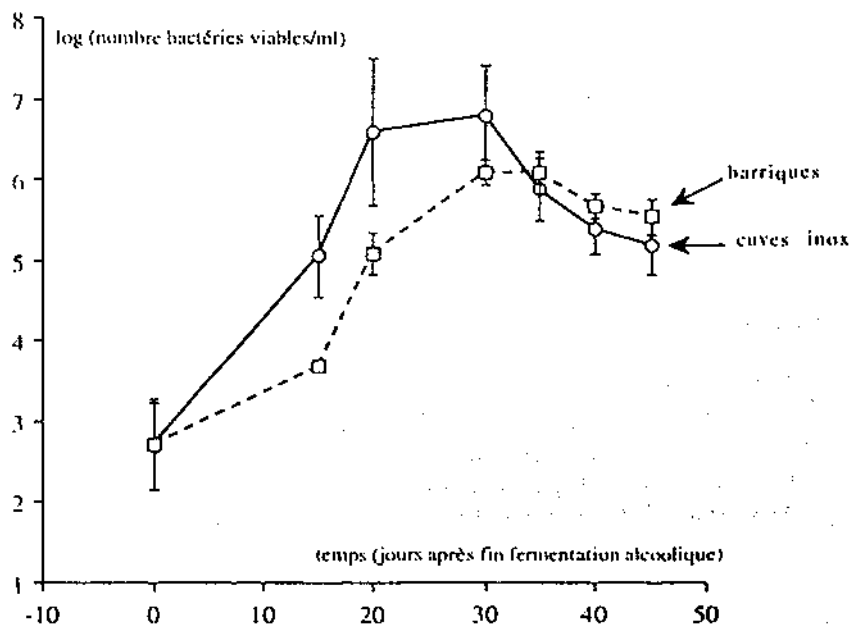

Figure 1 — Incidence de la nature du récipient sur le cycle de croissance des bactéries lactiques (moyenne des FML dans différents vins rouges)

2) Influence de la FML sur la composition des vins

Le tableau 1 montre les traits classiques de la modification de composition d'un vin à la suite d'une FML en cuves et en barriques : une diminution de l'acidité totale, une augmentation du pH, une disparition complète de l'acide malique, également une légère diminution des sucres résiduels (utilisés comme source d'énergie), enfin une augmentation de l'acidité volatile probablement issue de la dégradation d'une partie de l'acide citrique. Les différences entre cuves et barriques ne sont pas significatives.

Tableau 1 — Incidence de la fermentation malolactique en cuves et en barriques sur la composition des vins

	Avant FML	Après FML	
	Cuves	Cuves	Barriques
TAV (%vol.)	12,4	12,55	12,55
pH	3,65	3,98	3,95
Sucre réducteur (g/l)	1,6	1,3	1,4
Acidité totale*	3,95	2,87	2,85
Acidité volatile*	0,19	0,32	0,36
Acide malique (g/l)	2,2	0	0

* en g H_2SO_4/l

3) Incidence de la FML sur la couleur des vins et les composés phénoliques

Dans le tableau 2 sont regroupées les caractéristiques chromatiques des vins avant et après FML en cuves ou en barriques. Le témoin (avant FML) a été prélevé et analysé à l'écoulage. L'oxygénation importante du vin lors de la manipulation explique que l'intensité colorante (IC') est plus élevée que dans les vins qui ont effectué leur FML. La FML en barriques conduit par rapport à la cuve à une IC' plus forte (1,37 cuves < 1,44 barriques) qui se caractérise par une part de bleu plus importante (11 % cuves < 13 % barriques). L'analyse de l'origine de la couleur rouge (tableau 2) montre que la FML diminue sensiblement la part initiale des anthocyanes libres à la DO 520 (40 % avant FML contre 25 % en cuves et 16 % en barriques après FML).

© Vigne et Vin Publications Internationales - Mutillac (France)

Tableau 2 — Influence de la fermentation malolactique en cuves et en barriques sur les caractéristiques chromatiques des vins

	Avant FML	Après FML	
	Cuves	Cuves	Barriques
Couleur			
IC'[1]	1,48	1,37	1,44
Teinte[2]	0,51	0,56	0,53
d420 %[3]	30	34	32
d520 %[4]	60	56	55
d620 %[5]	10	11	13
Origine de la couleur rouge			
DO 520	0,89	0,77	0,79
dA1 %[6]	40	25	16
dTA %[7]	33	44	50
dTAT %[8]	27	31	34

1 : DO420+DO520+DO620 - 2 : DO420/DO520 - 3 : % de jaune - 4 : % de rouge
5 : % de bleu dans IC' - 6 : contribution des anthocyanes libres à la DO520
7 : contribution des combinaisons tanins-anthocyanes décolorables par SO_2 à la DO520
8 : contribution des combinaisons tanins-anthocyanes non décolorables par SO_2 à la DO520

La FML en cuve provoque (tableau 3) une diminution de la teneur en phénols totaux (d280), du résultat du dosage des tanins (procyanidines) et des anthocyanes. On observe également une baisse de l'astringence des tanins (indice de gélatine) et une augmentation très nette des combinaisons tanins-anthocyanes (indice de pvpp). Ces résultats suggèrent que, lors de la FML, une partie des composés phénoliques précipite ou est dégradée (diminution de la d280 et des anthocyanes) et une autre partie subit une modification de structure.

Par ailleurs, la FML en barriques s'accompagne de changements spécifiques (tableau 3) : la barrique cède au vin des constituants qui provoquent une augmentation de la d280 et l'apparition d'ellagitanins solubles. La structure des tanins et leurs états dans le vin sont plus nettement modifiés en barriques qu'en cuves, cela se traduit par une augmentation du degré de condensation des tanins (indice d'HCl), un

accroissement de leur état colloïdal (indice de dialyse) et une diminution plus forte qu'en cuves de leur réactivité à l'égard des protéines (indice de gélatine). Enfin, on note une stabilisation plus importante en barriques qu'en cuves de la matière colorante, par combinaison des anthocyanes avec les tanins.

Tableau 3 — Incidence de la FML en cuves et en barriques sur les composés phénoliques des vins

	Avant FML	Après FML	
	(Cuves)	Cuves	Barriques
Dosage des composés phénoliques			
Phénols totaux (d280)	54	51	55
Procyanidines (g/l)	2,4	2,1	2,3
Ellagitanins (mg/l)	—	—	89
Anthocyanes (mg/l)	874	786	772
Structure des tanins du vin			
Indice de gélatine(1) (%)	54	50	43
Indice HCl(2) (%)	14	17	23
Indice de dialyse(3) (%)	15	13	19
État de la matière colorante			
Indice de PVPP(4) (%)	46	52	56

1 : tanins astringents - 2 : degré de condensation des tanins
3 : état colloïdal - 4 : combinaisons tanins-anthocyanes

4) Incidence de la FML en cuves et en barriques sur la teneur en polysaccharides des vins

Par rapport à une FML en cuves, la FML en barriques entraîne une augmentation de la teneur en polysaccharides neutres totaux (tableau 4), liée pour l'essentiel à l'augmentation des polysaccharides neutres combinés. Des recherches conduites par ailleurs nous ont révélé que les polysaccharides du bois de chêne solubilisables en milieu aqueux ou hydroalcoolique (10 à 15 % vol d'éthanol) sont des polysaccharides neutres essentiellement sous forme combinés (PN libres : 20 % ;

J. Sci. Tech. Tonnellerie, 1995, n°1
© Vigne et Vin Publications Internationales - Mortillac (France)

PN combinés : 80%). Dans les mêmes conditions d'extraction, les polysaccharides levuriens et bactériens sont sous forme libre (VIVAS et *al.*, 1995). Ces résultats semblent suggérer l'apport de polysaccharides du bois de chêne dans les vins au cours de la FML et plus généralement pendant l'élevage. L'apport des polysaccharides neutres libres par les lies paraît plus limité.

Tableau 4 — Incidence de la FML en cuves et en barriques sur la teneur en polysaccharides neutres (PN) et acides (PA) des vins

(Résultats en mg/l eq. glucose pour PN et mg/l eq. ac. galacturonique pour PA)

	Récipients de FML	
	Cuves	Barriques
PN libres	435	505
PN combinés	203	392
PN totaux (PNT)	638	897
% PN combinés	32	47
PA libres	72	68
PA combinés	240	227
PA totaux (PAT)	312	295
% PA combinés	77	77
PNT/PAT	2	3

Les polysaccharides acides, issus du raisin, évoluent peu (tableau 4) ; ils sont très largement sous forme combinée (PA combinés : 80 %). Dans le cas de FML en barriques, une partie des polysaccharides acides combinés est précipitée.

Ainsi, en barriques, la FML conduit à une augmentation des polysaccharides neutres combinés (provenant du bois de chêne) et libres (provenant du bois de chêne et des lies de bactéries et de levures) et à une plus faible diminution des polysaccharides acides combinés (éliminés par précipitation) ; dans ces conditions, le rapport PNT/PAT passe de 2 en cuve, à 3 en barrique.

© Vigne et Vin Publications Internationales - Martillac (France)

5) Incidence de la FML en cuves et en barriques sur la qualité des vins

Dans la majorité des essais réalisés, les vins issus de FML en barriques, sont préférés à ceux de FML en cuves. Les préférences restent identiques après 1, 2 et 3 ans de conservation en bouteilles ; les différences organoleptiques apportées par la FML en barriques sont donc stables et durables.

On retrouve toujours les mêmes commentaires pour décrire la FML en barriques : les vins sont parfois plus colorés, souvent plus sombres, les tanins sont souples, lisses et ronds, le vin paraît plus gras et ample, le boisé et les arômes de fruits sont en équilibre, le bouquet du vin est harmonieux.

II — INCIDENCE DE DIFFÉRENTS COMPOSÉS PHÉNOLIQUES SUR LA VIABILITÉ DE *L. OENOS* 8413

Les bactéries sont prélevées en phase stationnaire par centrifugation et incubées 48 h en conditions non proliférantes en présence de différents composés phénoliques, tel que d280 = 50 ; ceci représentant la teneur en phénols totaux d'un vin rouge. La figure 2 rapporte l'évolution des populations dans les différents milieux après 48 h d'incubation.

L'analyse de ces résultats (figure 2) montre nettement l'effet positif sur la viabilité des bactéries lactiques, de l'acide gallique et des anthocyanes libres qui semblent même assurer une croissance. Au contraire, les ellagitanins de chêne et surtout les procyanidines de pépins de raisins s'avèrent avoir un effet négatif sur la viabilité des bactéries. Les acides vanillique et *p*-hydroxybenzoïque n'ont qu'un léger effet. Plusieurs essais reproduits dans les mêmes conditions ont donné des résultats identiques.

L'augmentation de la viabilité observée avec certains composés phénoliques (anthocyanes libres et acide gallique) suggère l'intervention des activités enzymatiques exocellulaires des bactéries. D'ailleurs l'étude sur galerie API™ montre de fortes activités α-galactosidase, α-glucosidase et β-glucosidase, en outre *L. oenos* 8413 est aesculine positive. Ces différentes activités laissent prévoir l'utilisation des hétérosides phénoliques par les bactéries lactiques, telles que *L. oenos*. La baisse de viabilité, observée dans certains cas, peut être interprétée comme le résultat d'un ensemble de mécanismes d'inhibition liés soit à l'adsorption des composés phénoliques sur la paroi bactérienne, soit à leur pénétration jusque dans le cytoplasme.

LA BIBLIOTHEQUE R&D DEMPTOS
www.demptos.fr
Publications scientifiques et techniques

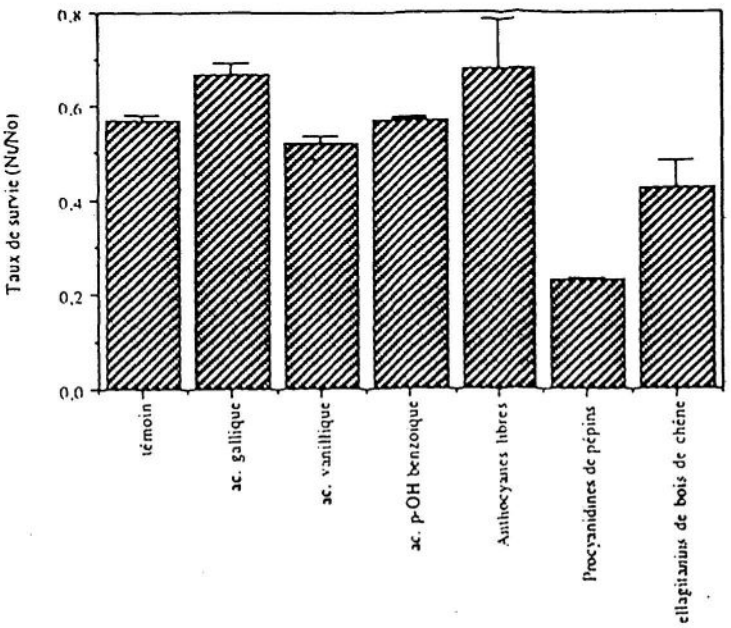

Figure 2 — Influence de divers composés phénoliques sur la survie de *L. œnos* en condition non proliférante (Nt : population après 48 heures d'incubation - No : population initiale)

DISCUSSION ET CONCLUSION

La fermentation malolactique est généralement réalisée en cuves inox ou béton. Cependant, depuis quelques années, dans le Bordelais, et dans de nombreux vignobles étrangers, la FML en barriques est redécouverte. Il ne s'agissait d'abord que de simples essais, puis devant les résultats qualitatifs très satisfaisants, la méthode s'est rapidement développée. Aujourd'hui de nombreuses propriétés réalisent la FML en barriques pour un volume variable de leur récolte ; celle-ci est assemblée ensuite avec des lots dont la FML s'est déroulée en cuves. Les différences organoleptiques entre ces deux techniques de FML sont très nettes et souvent en faveur de l'utilisation de la barrique. Ces résultats et les observations de terrain effectuées dans plusieurs vignobles nous ont conduit à étudier en détail l'influence de la nature du récipient (cuve inox ou barrique) sur la composition et la qualité des vins. Mais la maîtrise et la meilleure connaissance de la FML des vins rouges nécessitaient également une étude détaillée des relations entre *L. oenos* et les composés du vin et des barriques.

La FML en barriques induit, par rapport aux cuves, des modifications appréciables de la couleur et de la composition phénolique des vins. L'intensité colorante augmente essentiellement par augmentation de la part du rouge et du bleu ; le vin paraît alors plus sombre. L'astringence des tanins diminue parallèlement à l'augmentation de leur degré de polymérisation ; la matière colorante est stabilisée sous la forme de combinaisons tanins-anthocyanes. L'ensemble de ces modifications a un impact significatif sur les qualités gustatives des vins ayant réalisé leur FML en barriques. Ces vins sont préférés à ceux dont la FML a eu lieu en cuves. Les différences demeurent identiques après 3 ans de conservation en bouteilles. Ces résultats nous ont suggéré l'intervention des bactéries lactiques sur les composés phénoliques des vins.

Le métabolisme bactérien, en fûts de chêne, est affecté par l'effet « petits volumes », également par la porosité du matériau et par la solubilisation des constituants du bois. Quelques semaines après l'achèvement de la FML, on peut doser dans le vin des ellagitanins et des polysaccharides neutres combinés ; ces constituants proviennent des douelles des barriques. Ainsi, le cycle de croissance de *L. oenos* est sensiblement modifié.

Le début de la phase de croissance exponentielle est retardé par rapport à une FML en cuves, la population maximale est plus faible ; en revanche la phase stationnaire est plus longue. Des tests de viabilité de bactéries en phase stationnaire ont montré l'effet positif de l'acide gallique et des anthocyanes libres du raisin, et l'effet négatif des procyanidines des pépins de raisin et des ellagitanins du bois de chêne. Ces résultats nous ont suggéré l'intervention des constituants phénoliques du chêne et des vins sur les bactéries lactiques responsables de la FML.

Ces observations de laboratoire et de terrain nous ont conduit à l'étude des interactions entre une souche de *L. oenos* (8314) et des composés phénoliques rencontrés dans les vins et dans le chêne.

L'acide gallique et les anthocyanes libres ont des effets favorables sur la viabilité de *L. oenos*. Au contraire, les procyanidines sont fortement inhibitrices de la viabilité des bactéries. Enfin, les extraits de bois de chêne possèdent les mêmes propriétés que les procyanidines. Une étude plus détaillée (résultats non publiés) sur des structures définies, comme la castalagine, nous a révélé la possibilité d'hydrolyser certains ellagitanins en molécules simples et faiblement inhibitrices. Cette voie, bien que secondaire, peut constituer un moyen complémentaire de détoxification des milieux.

Finalement, dans les vins, après entonnage, les bactéries lactiques trouvent simultanément des éléments favorisant leur croissance et leur activité malolactique et des familles de composés appartenant au groupe des tanins qui possèdent à leur égard des effets inhibiteurs. On peut assimiler cela à un équilibre qui, en fonction de la composition du vin, est en faveur d'une FML précoce et rapide ou, au contraire, à une FML tardive et longue.

La connaissance plus précise des différentes molécules activatrices ou inhibitrices permettra de mieux apprécier la « fermentescibilité malolactique » du vin en barriques. L'avantage qualitatif de ce procédé justifie que l'on approfondisse l'étude de la biologie des bactéries lactiques dans ce milieu complexe.

Références bibliographiques

AUGUSTIN M., 1986. Etude de l'influence de certains facteurs sur les composés phénoliques du raisin et du vin. *Thèse Université* (ancien régime). Université de Bordeaux II.

BERTRAND A., 1975. Recherches sur l'analyse des vins par chromatographie en phase gazeuse. *Thèse ès sciences*. Université de Bordeaux II.

CARRE E., 1982. Recherches sur la croissance des bactéries lactiques en vinification. Désacidification biologique des vins. *Thèse 3e cycle*. Université de Bordeaux II.

FEUILLAT M., GUILLOUX-BENATIER M. et GERBEAUX V., 1985. Essais d'activation de la fermentation malolactique dans les vins. *Rev. Fr. Œnol.*, 99, 45-54.

GLORIES Y., 1978. Recherches sur la matière colorante des vins rouges. *Thèse es sciences*. Université de Bordeaux II.

GLORIES Y., 1984b. La couleur des vins rouges. I- Mesure, origine et interprétation. *Connaissance Vigne Vin*, 18, n°4, 253-271.

LAFON-LAFOURCADE S., 1973. Factors of the malolactic fermentation of wines. In « *Lactic acid bacteria in beverages and food* », Fourth Long Ashton Symposium. Academic press (ed.), New-York.

LONVAUD M., 1975. Recherches sur l'enzyme des bactéries lactiques du vin assurant la transformation du malate au lactate. *Thèse 3e cycle*. Université de Bordeaux.

LONVAUD-FUNEL A., 1986. Recherches sur les bactéries lactiques du vin. Fonctions métaboliques, croissance, génétique plasmidique. *Thèse ès sciences*. Université de Bordeaux II.

PASTEUR L., 1875. *Etudes sur le vin*. 2ième édition. Librairie F. Savy.

PERRON de REVEL G., 1992. Le diacétyle, les composés dicarbonylés et leurs produits de réduction dans le vin. *Thèse*. Université de Bordeaux II.

PEYNAUD E., 1989. *Le vin et les jours*. Dunod (éd.), Paris.

PEYNAUD P., 1984. *Connaissance et travail du vin*. Dunod (éd.), Paris.

RIBÉREAU-GAYON J., PEYNAUD E., RIBEREAU-GAYON P. et SUDRAUD P., 1976. *Traité d'Œnologie*, Tome III, Dunod (éd.), Paris.

RIBÉREAU-GAYON P., 1970. Le dosage des composés phénoliques totaux dans les vins rouges. *Chim. Anal.*, 52, 627-631.

SARAÏVA R. 1983. Contribution à l'étude de l'incidence des composés phénoliques à l'égard du métabolisme des levures et des bactéries lactiques du vin. *Thèse 3° cycle*, Université de Bordeaux II.

VIVAS N., GLORIES Y., DONECHE B. et GUEHO E., 1991. Observation sur la flore fongique du bois de chêne (*Quercus sp.*) au cours de son séchage naturel. *Ann. Sc. Nat. Bot.* (Paris), 13, 11, 4, 149-153.

VIVAS N. et GLORIES Y., 1993. Etude de la flore fongique du chêne (*Quercus sp.*), caractéristiques du séchage naturel des bois destinés à la tonnellerie. *Crypto. Mycol.*, 14, n°2, 127-148.

VIVAS N., BELLEMERE L., LONVAUD-FUNEL A., GLORIES Y. et AUGUSTIN M., 1994. Etudes sur la fermentation malolactique des vins rouges en barriques et en cuves. I[ière] partie. *Rev. Fr. Œnol.*, 34, 149, 41-47.

VIVAS N., BELLEMERE L., LONVAUD-FUNEL A., GLORIES Y. et AUGUSTIN M., 1995. Etudes sur la fermentation malolactique des vins rouges en barriques et en cuves. II[ième] partie. *Rev. Fr. Œnol.*, 35, 151, 39-45.

ZMIROU-BONNAMOUR C., 1984. Contribution à l'étude des produits secondaires de la fermentation malolactique des vins. *Thèse 3° cycle*, Université de Bordeaux II.

© Vigne et Vin Publications Internationales - Martillac (France)