Connaissance Vigne Vin, 1984, **18**, N° 1, 67-82.

LES ALTERATIONS DES VINS PAR LES BACTERIES ACETIQUES ET LES BACTERIES LACTIQUES

Suzanne LAFON-LAFOURCADE* et P. RIBÉREAU-GAYON

Institut d'Œnologie, Université de Bordeaux II
*Institut National de la Recherche Agronomique
351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex (France)

INTRODUCTION

Au cours de son élaboration et de sa conservation, le vin contient toujours des populations microbiennes. Néanmoins, le milieu très sélectif ne permet la croissance que de deux types bactériens : les bactéries acétiques et les bactéries lactiques. L'activité métabolique des premières est toujours nuisible à la qualité. Les bactéries lactiques deviennent agents de maladie lorsqu'elles dégradent tout substrat des moûts et des vins autre que l'acide malique. Certes, les altérations caractérisées, telles qu'a pu les décrire Pasteur, la piqûre acétique, la graisse, l'amertume, la tourne, auxquelles il faudrait ajouter la piqûre lactique, sont devenues rares de nos jours. Par contre, les faibles « montées » d'acidité volatile existent encore ; elles sont la conséquence première du mal, le signal d'alarme qui incite le professionnel à intervenir avant que cet incident ne débouche sur une véritable altération.

Quelle est la fréquence et l'importance des populations bactériennes au cours de la vinification ? Quels risques d'altération présentent-elles pour le vin ? Comment prévenir ces altérations ? C'est à ces questions que cette publication se propose de répondre.

I. — LES BACTERIES ACETIQUES DU VIN ET LA PIQURE ACETIQUE

a) **Permanence des bactéries acétiques à toutes les étapes de la vinification**

Les bactéries acétiques du vin appartiennent à deux genres : *Gluconobacter* et *Acetobacter*. On rencontre les premières surtout sur le raisin, les deuxièmes dans le vin, ce que l'on peut expliquer par leur affinité respective pour le glucose et l'éthanol. Mais les bactéries des deux genres ont la capacité d'oxyder l'éthanol en acide acétique. C'est pourquoi on les tient pour nuisibles en vinification (RIBÉREAU-GAYON et *al.*, 1975).

Ces microorganismes ont fait l'objet de peu de travaux en œnologie. On peut expliquer le manque d'intérêt des chercheurs pour ces microorganismes par le fait que, considérés comme aérobies stricts, on pensait

qu'ils ne pouvaient se développer qu'à la surface de contact vin/air. L'application de techniques d'analyses microbiologiques nouvelles a permis d'isoler sélectivement ces populations, de manière simple (LAFON-LAFOURCADE et JOYEUX, 1979).

Les observations suivantes ont été relevées en Bordelais (JOYEUX, 1983).

Habituellement sur le raisin, les bactéries acétiques se trouvent en nombre plus important que les bactéries lactiques ; sur les vendanges en mauvais état sanitaire, elles peuvent atteindre 1 à 10 millions de cellules par ml de jus, égalant ou même dépassant la densité des populations levuriennes. Leur développement se traduit par :

a) un enrichissement du moût en acides gluconiques et cétogluconiques

b) une formation d'acide acétique à partir des faibles teneurs en éthanol du raisin,

c) une modification de la composition du moût qui rend celui-ci moins fermentescible pour les levures. (LAFON-LAFOURCADE et JOYEUX, 1981).

Au cours de la fermentation alcoolique, les populations acétiques régressent très fortement mais moins rapidement qu'on ne pourrait le supposer (tableaux I et II). En fin de fermentation, il subsiste quelques dizaines de cellules viables par ml. Pendant cette étape de la vinification le métabolisme acétique est inhibé par les conditions de milieu réductrices et par les phénomènes d'antagonisme.

TABLEAU III

Evolution de la microflore acétique au cours de la fermentation alcoolique

Moment de la fermentation malolactique	Nombre de bactéries par millilitre	Espèces identifiées en pourcentage
Début	400	*G. oxydans* : **20** *A. pasteurianus* : **60** *A. aceti* : **20**
Fin	120	*A. pasteurianus* : **20** *A. aceti* : **80**

En vinification en rouge, les opérations d'écoulage ont souvent pour effet d'enrichir le vin en bactéries acétiques. Elles subsistent pendant la fermentation malolactique (tableau III). La filtration des vins jeunes sur terre les élimine mal.

TABLEAU I

Evolution de la microflore acétique au cours de la fermentation alcoolique d'un moût de raisins parasités par *Botrytis cinerea*

Moment de la fermentation	Nombre de bactéries par millilitre	Espèces identifiées en pourcentage
AVANT	2 000 000	*G. oxydans* : 80 *A. pasteurianus* : 20
5e jour	80 000	*G. oxydans* : 70 *A. pasteurianus* : 30
12e jour	100 000	*A. pasteurianus* : 50 *A. aceti* : 50
20e jour	600	*A. pasteurianus* : 50 *A. aceti* : 50

TABLEAU II

Evolution de la microflore acétique au cours de la fermentation d'une vendange rouge

(Les échantillons sont prélevés par le robinet situé au bas de la cuve)

Moment de la fermentation	Nombre de bactéries par millilitre	Espèces identifiées en pourcentage
AVANT*	16 000	*G. oxydans* : 100
3e jour	3 000	*G. oxydans* : 75 *A. pasteurianus* : 25
7e jour	100	*G. oxydans* : 55 *A. pasteurianus* : 45
- avant écoulage 10e jour	20	
- après écoulage **	30 000	*G. oxydans* : 30 *A. pasteurianus* : 70

* Echantillon de moût prélevé dans la cuve.
** Echantillon de vin prélevé dans la cuve de réception du vin de goutte.

On a suivi pendant une année, par des prélèvements hebdomadaires, l'évolution des bactéries acétiques dans un vin rouge de cru, conservé en barriques. De faibles populations survivent, tant au bas du volume de vin qu'à la surface, même en présence de 20 mg d'anhydride sulfureux libre par litre (tableau IV).

Les bactéries acétiques sont donc présentes à toutes les étapes de la vinification.

TABLEAU IV

Evolution de la microflore acétique au cours de la conservation en barriques.

Moment du prélèvement	Nombre de bactéries par millilitre	Espèces identifiées en pourcentage
	Barriques « bonde dessus »	
Après 1 mois	160	*A. pasteurianus* : *20* *A. aceti* : *80*
Après 3 mois	900	*G. oxydans* : *10* *A. pasteurianus* : *30* *A. aceti* : *60*
Après 6 mois	600	*A. pasteurianus* : *20* *A. aceti* : *80*
	Barriques « bonde de côté »	
Après 2 mois	600	*A. aceti* : *100*

b) **Dangers d'altérations dues aux bactéries acétiques**

Le danger d'altération que constitue la présence des bactéries acétiques dans le vin est montré dans l'essai de laboratoire suivant (JOYEUX, 1983).

On prélève un échantillon de vin rouge dans les conditions de la pratique (éthanol 12 % vol ; SO_2 libre 28 mg/par litre ; il contient au début de l'expérimentation 500 cellules par ml de *A. aceti* et 6000 cellules par ml de bactéries lactiques (tableau V).

On inhibe la croissance de la population lactique par addition, par litre de vin, de 250 mg de pénicilline dosée à 250 000 UI. Un volume de vin est amené à pH 3,4, l'autre à pH 3,8 ; on répartit en flacons de 100 ml remplis totalement, doublement bouchés d'un bouchon de caoutchouc stérile et d'un bouchon à vis.

TABLEAU V

Evolution de l'acide acétique dans le vin en relation avec la croissance de *A. aceti*. Incidence d'une aération momentanée.

Titre alcoométrique : 12,5 % vol. SO_2 libre : 28 mg/l

	Température de conservation	pH	Nombre de bactéries par millilitre	Acide acétique mg/l
Au début de l'expérience			500	370
Après 15 jours d'incubation, soit 8 jours après une aération momentanée	10° C	3,4 3,8	1 500 1 500	380 420
	18° C	3,4 3,8	14 000 20 000	500 520

Un lot de flacons est conservé en anaérobiose stricte. Un autre est soumis, après huit jours de conservation, à une aération momentanée. A cet effet, le flacon est vidé dans un bécher et, immédiatement, le vin est reconditionné dans le flacon d'origine qui est rebouché ; le temps de contact du vin avec l'air est de 3 minutes environ ; les prélèvements nécessaires aux analyses sont effectués lors de l'aération et remplacés par un volume identique de vin stérile, de telle sorte que les flacons demeurent toujours pleins. Pour les conditions d'anaérobiose stricte, un flacon est prévu pour chaque prélèvement ; il est ensuite retiré de l'expérimentation. Celle-ci est conduite simultanément à 10° C et 18° C. Après 15 jours d'incubation, (8 jours après l'aération momentanée), on dose dans les milieux les acides acétique et lactique. Dans toutes les conditions, la pénicilline a inhibé la prolifération des bactéries lactiques.

Dans la série conservée en anaérobiose stricte, aux deux températures expérimentées, les populations acétiques régressent, plus fortement à pH 3,4 qu'à pH 3,8 ; les teneurs du vin en acide acétique demeurent inchangées.

Par contre, huit jours après une aération momentanée (tableau V) pour les deux valeurs de pH expérimentées, la population acétique est respectivement multipliée par 3 et par 30 environ, selon que le vin est conservé à 10° C et 18° C. La formation d'acide acétique demeure peu significative à 10° C ; par contre à 18° C, selon que le vin est à pH 3,4 ou 3,8, on observe une élévation de 130 et 150 mg par litre.

Un autre exemple est tiré d'observations effectuées dans les conditions de la pratique (tableau VI) (JOYEUX, 1983). Un vin rouge, après

fermentation malolactique en cuve (pH 3,67 ; éthanol 12,6 % vol.; acidité volatile 0,34, SO^2 libre 25 mg par litre), est réparti dans des barriques neuves. Après trois mois de conservation, on observe une élévation de la teneur en acide acétique variable selon les barriques. Dans toutes les conditions, les populations acétiques sont de l'ordre de 250 et 340 cellules par ml et les populations lactiques de 3000 à 10 000 cellules par ml ; elles sont plutôt plus faibles dans les barriques dans lesquelles les teneurs en acide acétique sont les plus élevées.

TABLEAU VI

Métabolisme bactérien des populations résiduelles au cours de la conservation du vin en barriques.

Titre alcoométrique : 12,6 % vol. pH : 3,67

Acide malique : absence SO_2 libre : 25 mg/l

Echantillons	Populations* acétiques	Populations* lactiques	Acide acétique (mg/l)	Acide citrique (mg/l)	Glucose (mg/l)	Fructose (mg/l)
Temps initial	30	10 000	420	70	200	160
Barrique n° 1	250	80 000	480	18	180	140
Barrique n° 2	340	3 000	720	27	200	150
Barrique n° 3	340	7 000	650	18	200	150

* Les populations sont exprimées en nombre de bactéries par millilitre.

On a essayé de faire un bilan des substrats dégradés par les bactéries lactiques pour connaître par différence l'incidence des bactéries acétiques. L'intervention des bactéries lactiques est attestée par la production de quelques dizaines de mg d'acide lactique par litre.

Néanmoins dans la barrique (1), 52 mg d'acide citrique et 20 mg de fructose et de glucose par litre sont dégradés ; ceci est insuffisant pour rendre compte de la production de 60 mg d'acide acétique par litre. En effet, on admet généralement qu'une molécule d'acide citrique fournit 1,3 molécule d'acide acétique et chacune des molécules de fructose et de glucose, une molécule d'acide acétique. Dans le cas présent la formation d'acide acétique par les bactéries lactiques ne devrait pas dépasser une trentaine de mg par litre. A fortiori dans les vins (2) et (3), 300 mg et 230 mg d'acide acétique par litre ne peuvent s'expliquer par la seule intervention des bactéries lactiques. En conséquence, une activité des bactéries acétiques a tout lieu d'être suspectée.

L'enquête révèle que les deux barriques neuves (2) et (3) ont été conservées vides pendant une année. On peut penser que, dans ce cas, le bois plus sec, donc plus poreux, a laissé pénétrer davantage d'air, ce qui a favorisé le métabolisme des bactéries acétiques.

c) **La prévention de la piqûre acétique**

Il est vrai que la présence d'oxygène est indispensable à la multiplication des bactéries acétiques. Cependant, pendant leur conservation en barriques, les vins contiennent toujours dans l'ensemble du volume, quelques faibles populations acétiques résiduelles ; celles-ci s'éteignent progressivement lorsque les conditions d'anaérobiose deviennent strictes, en bouteilles par exemple ; la régression est d'autant plus rapide que le pH est bas.

Mais ce qu'il faut souligner, c'est le fait qu'une population acétique extrêmement faible, de l'ordre de 100 à 1000 cellules par ml, peut, dès que les conditions d'aération deviennent favorables, former de l'acide acétique en quantité mesurable. Il suffit pour cela d'un simple contact avec l'air, pendant deux ou trois minutes, des bactéries contenues dans le vin. L'anhydride sulfureux libre, tout au moins aux doses habituellement utilisées pour conserver les vins rouges, ne semble pas suffire pour protéger radicalement le vin en barriques du métabolisme acétique, en particulier si son pH est élevé. C'est pourquoi, il est indispensable de maintenir le vin à l'abri de l'air. Ceci est connu depuis longtemps.

Une première opération de chai pour satisfaire cette nécessité est l'ouillage, mais on ne saurait trop recommander de veiller scrupuleusement à l'hygiène des récipients réservés à cet effet et à la qualité du vin utilisé. Effectué dans de mauvaises conditions un ouillage peut être une source de contamination à double titre : 1) par les bactéries contenues dans le vin d'ouillage et dans les matériels ; 2) l'évaporation du vin dans les barriques laisse à l'air libre, autour de la bonde, le bois humide ; celui-ci constitue une remarquable niche écologique pour les bactéries acétiques et les levures oxydatives. L'ouillage, noyant à nouveau ces parties de la barrique, a pour effet de mettre en suspension ces micro-organismes, c'est-à-dire d'ensemencer le vin. Cette technique traditionnelle, contraignante et onéreuse, pourrait être avantageusement remplacée par des systèmes plus ingénieux.

Le soutirage est une autre opération classique du travail des chais ; elle permet l'élimination du dépôt et du gaz carbonique, le réglage de la teneur en anhydride sulfureux et l'introduction d'oxygène nécessaire à l'évolution des composés phénoliques qui interviennent dans la couleur des vins rouges (PONTALLIER et *al.*, 1980). Il est certain que cette aération se justifie exclusivement dans les vins nouveaux, aussitôt après la fermentation malolactique. Elle doit être évitée après plusieurs mois de conservation surtout si la température du vin est un peu élevée.

En effet la température est un autre facteur important qui contrôle l'activité des bactéries acétiques. On doit certainement à la température basse des chais la relative innocuité des bactéries acétiques et le fait

que la piqûre acétique reste un accident limité. Le refroidissement éventuel des chais (15° C) est certainement un moyen efficace de prévenir ces altérations ; cette condition est d'autant plus importante que le pH est élevé.

II — LES BACTERIES LACTIQUES DU VIN ET LES ALTERATIONS CORRESPONDANTES

A) **Présence des bactéries lactiques à toutes les étapes de la vinification**

On considère généralement les bactéries lactiques dans leurs relations avec la fermentation malolactique, facteur de qualité, tout au moins pour certains vins. Mais ces microorganismes trouvent dans les moûts et les vins d'autres substrats.

La fermentation des pentoses et la fermentation hétérolactique des hexoses conduit à une élévation de l'acidité totale et volatile ; c'est la piqûre lactique. La fermentation du glycérol libère en outre des substances acétoïniques et de l'acroléine qui, se combinant aux polyphénols, confèrent aux vins des goûts amers ; c'est la maladie de l'amertume. La fermentation de l'acide tartrique se traduit par une diminution de l'acidité totale, une augmentation de l'acidité volatile ; des goûts lactiques apparaissent et des odeurs de choucroûte ; c'est la maladie de la tourne. La maladie de la graisse se caractérise par la formation de polysaccharides complexes qui donnent aux vins un aspect huileux. En la traitant rapidement on évite la formation d'acide acétique. Sous leur forme aigüe, ces maladies ont pratiquement disparu. Mais les agents demeurent.

La présence des bactéries lactiques est permanente tout au long de la vinification (CARRE, 1982). Rares sur le raisin, on les trouve plus nombreuses dès que la vendange est foulée. A ce niveau, il existe dans le moût une compétition entre les populations lactiques et levuriennes. Une étude systématique des facteurs qui la contrôlent reste à faire. Il intervient a priori la nature des populations levuriennes et bactériennes, leur rapport en nombre initialement, la composition du moût et sa richesse nutritionnelle, la teneur éventuelle en substances anti-levure et anti-bactérie, la concentration en sucre, la teneur en anhydride sulfureux, la température de la fermentation alcoolique, sa durée, le pH, etc...

Nos essais montrent que selon les conditions, l'évolution des populations lactiques est différente (LAFON-LAFOURCADE et *al.*, 1983). On observe :

a) une inhibition importante des bactéries qui se solde par une extinction quasi totale des populations ; c'est le cas le plus fréquemment observé en vinification en Bordelais, dans les conditions de la pratique, avec des moûts sulfités et relativement riches en sucre, dont la fermentation se prolonge plusieurs jours.

b) une inhibition partielle des bactéries qui se traduit par le maintien de la population en latence, ou laisse place à une croissance limitée pendant la fermentation alcoolique ; c'est le cas observé en particulier en vinification des vins de base de Cognac, correspondant à des moûts moins riches en sucre, non clarifiés et non sulfités, dans lesquels la fermentation alcoolique est rapide.

c) une inhibition partielle des levures qui se manifeste par un arrêt de la fermentation principale avant l'épuisement total du sucre et par le danger de piqûre lactique.

B) **Formation d'acide acétique à partir des sucres. Incidence de la présence d'acide malique**

Pour éviter la piqûre lactique, on préconise à Bordeaux de favoriser la croissance des bactéries lactiques exclusivement après l'épuisement du sucre par la fermentation alcoolique. Néanmoins, l'observation montre qu'une fermentation malolactique peut se produire en présence de sucre, sans augmentation d'acidité volatile.

TABLEAU VII

Fermentations lactiques dans le moût de raisin

Sucre initial : 233 g/l — Acide malique initial, moût A : 1,70 g/l
pH : 3,65 — moût B : 2,40 g/l
Bactérie lactique : *Leuconostoc oinos* :
population initiale 10.000.000 de cellules par millilitre.

	Moût A		Moût B	
	0 au 2e jour	2e au 4e jour	0 au 2e jour	2e au 4e jour
Acide malique dégradé (g/l)	0,92	0,48	1,65	0,75
Acide lactique L(+) + D(—) (g/l)	1,05	0,91	0,96	1,17
Acide acétique (g/l)	0,14	0,69	0,13	1,04
Acide lactique / Acide acétique	7,50	1,30	7,10	1,10

Le tableau VII fournit l'exemple de fermentation lactique des sucres dans le moût de raisin par *Leuconostoc oinos,* accompagnée d'une dégradation malolactique. Pendant les deux premiers jours, par comparaison avec les deux journées suivantes, des quantités d'acide lactique équivalentes sont formées alors que l'acide malique dégradé varie du simple au double. Simultanément l'acide acétique produit est 6 à 8 fois moins élevé (LUCMARET, 1981).

Les résultats pourraient laisser supposer que l'acide malique lui-même joue un rôle dans la régulation de la production d'acidité volatile par les bactéries décomposant les sucres. Nous avons voulu vérifier cette hypothèse. Dans un milieu synthétique de pH 3,5, titrant 40 g de sucre (glucose et fructose) par litre, contenant ou non de l'acide malique (5 g par litre) ensemencé avec des bactéries hétérofermentaires *(Lactobacillus brevis)*, on observe (figure 1) : (LUCMARET, 1981)

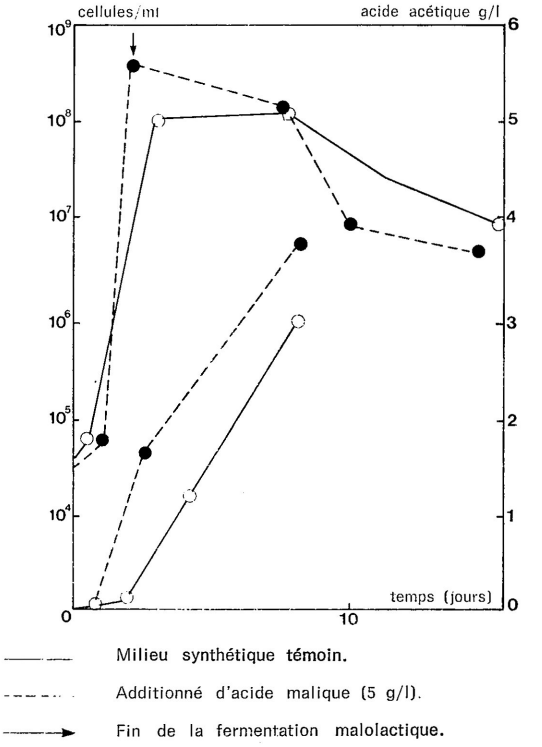


Fig. 1. — Courbes de croissance et de production d'acide acétique par Lactobacillus brevis (milieu synthétique à base de glucose et fructose, pH 3,5).

a) La formation d'acide acétique est faible pendant la phase exponentielle de croissance, que le milieu contienne ou non de l'acide malique.

b) L'acide malique est dégradé en totalité pendant cette phase.

c) L'augmentation du taux d'acide acétique intervient pendant la phase stationnaire de croissance ; elle est d'autant plus accentuée que le milieu de culture est riche en fructose.

La même expérimentation a été reproduite avec des bactéries homofermentaires dans un milieu synthétique pH 3,5 à base de pentose (arabinose) ; elle conduit aux mêmes observations. Ces résultats mettent en

évidence que l'acide malique n'intervient pas lui-même dans la non-production d'acide acétique ; il faut prendre en compte l'état physiologique des populations bactériennes.

Dans les conditions normales de la vinification, les traces de sucres résiduels sont assimilés pendant la phase de prolifération ; la fermentation malolactique se déroule sans augmentation notable de l'acidité volatile. Dans le cas d'un développement bactérien en présence de sucre, si la fermentation malolactique intervient pendant la phase de croissance exponentielle, la libération d'acide acétique reste faible ; mais on peut craindre une augmentation d'acidité volatile dès que la population atteindra la phase stationnaire. Cette circonstance peut se rencontrer dans le cas d'arrêt de fermentation et en vinification continue. On comprend l'importance de retarder le déclenchement de la fermentation malolactique jusqu'à l'épuisement complet des sucres par la levure.

TABLEAU VIII

Incidence des conditions physico-chimiques sur l'activité métabolique des populations lactiques résiduelles au cours de la conservation après fermentation malolactique.

Composition du vin de référence : titre alcoométrique 11,25% vol. ; pH 3,60

		Produits formés	
		Acide D (-) lactique (g/l)	Acide acétique (g/l)
pH	3,3	0,31	0,39
	3,6	0,41	0,56
	3,9	0,45	0,64
Température (°C)	4	0,31	0,35
	12	0,31	0,36
	18	0,41	0,56
	26	0,32	0,38
Titre alcoométrique (% vol.)	10	0,41	0,62
	11,25	0,41	0,56
	12,5	0,34	0,54
Sulfitage (mg/l)	0	0,41	0,56
	20	0,34	0,55
	40	0,31	0,45

C) **Survie et métabolisme des bactéries lactiques dans le vin au cours de la conservation**

L'achèvement de la fermentation malolactique n'entraîne pas systématiquement l'entrée en déclin des populations lactiques, comme cela se produit pour les levures dès l'épuisement du sucre. Elles peuvent survivre plusieurs semaines selon les conditions de pH (figure 2a), de titre alcoométrique (figure 2b), de température (figure 2c), de teneur en anhydride sulfureux (figure 2d). (CARRE, 1982).

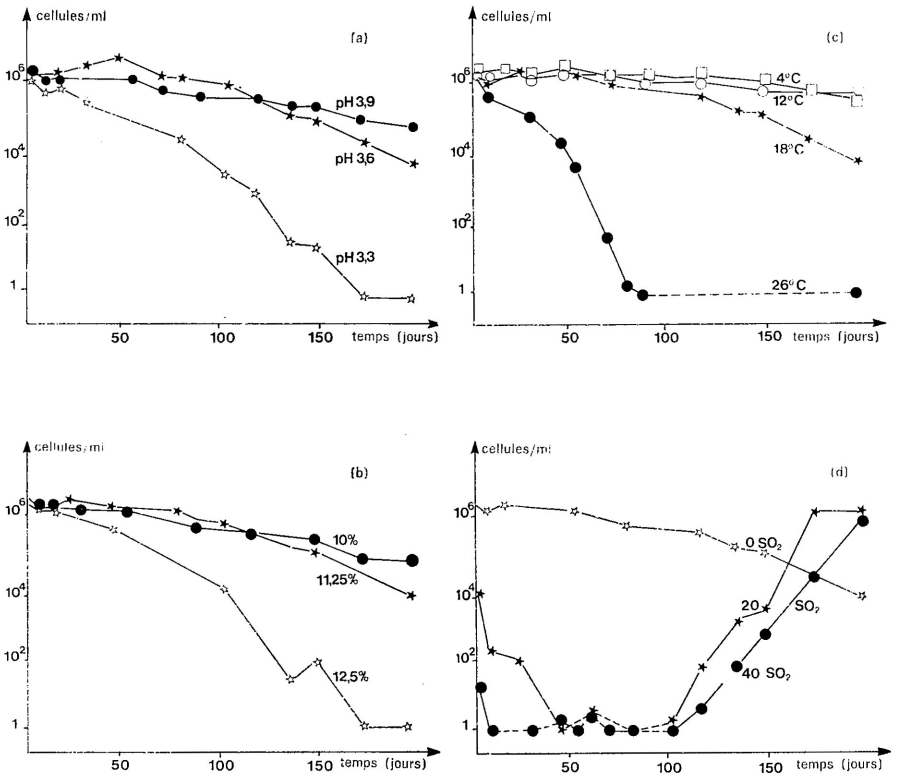


Fig. 2. — Survie des populations lactiques dans le vin après fermentation malolactique, selon a) le pH ; b) le titre alcoométrique ; c) la température ; d) le sulfitage.

Ces biomasses résiduelles, non proliférantes, peuvent développer une certaine activité métabolique (tableau VIII), caractérisée par la production des acides D (-) lactique et acétique. On n'observe aucune modification significative à pH 3,3, à 26° C ; également à 12° C et au-dessous, bien que la survie soit importante. Par contre, à pH 3,9 et 10 % vol. d'éthanol, la teneur en acide acétique augmente de 60 p. 100.

Compte-tenu de l'absence d'acide malique quels sont les substrats dégradés ?

L'acide citrique d'abord, le plus souvent en même temps que l'acide malique ou en fin de fermentation malolactique. La petite élévation d'acidité volatile qui accompagne cette fermentation provient de la dégradation de l'acide citrique et non des quelques centaines de mg de sucres résiduels par litre qui sont transformés pendant la croissance (non acétigène). Le vin contient seulement quelques centaines de mg par litre de cet acide ; c'est une circonstance heureuse, sinon il eut été exclu d'utiliser les bactéries lactiques pour désacidifier les vins. Après l'acide citrique, ces micro-organismes attaquent le glycérol et exceptionnellement l'acide tartrique.

Ces faits nouveaux montrent le danger des populations lactiques résiduelles et la nécessité de les éliminer rapidement.

D) **Prévention des altérations lactiques**

Pour éviter ces altérations, il est nécessaire d'interdire la croissance bactérienne en présence de sucre. Ceci est obtenu par le sulfitage de la vendange. Contrairement à ce qui est souvent admis, l'intérêt du sulfitage n'est pas immédiat. En effet, dans un premier temps ce sont les levures qui inhibent les bactéries par les produits de leur métabolisme. Mais il reste toujours en fin de fermentation alcoolique, une faible population résiduelle prête à se développer si l'activité fermentaire des levures vient à faiblir, avec des risques de piqûre lactique. A ce moment, l'anhydride sulfureux ajouté à la vendange, qui se trouve sous forme combinée, intervient pour retarder la croissance de ces quelques cellules bactériennes ; son taux doit être suffisant pour permettre le bon achèvement de la fermentation alcoolique sans développement bactérien.

Au niveau du vin, l'incidence du sulfitage (figure 2d) mérite d'être soulignée. Il ne suffit pas de sulfiter le vin pour le mettre définitivement à l'abri des altérations bactériennes. La survie de quelques cellules résistantes suffit pour induire une nouvelle croissance. En outre, des populations bactériennes non proliférantes, lorsqu'elles sont importantes, peuvent libérer des quantités appréciables d'histamine.

En conséquence, il est impératif, dès la fermentation malolactique terminée, d'éliminer les populations lactiques le plus rapidement possible non seulement au moyen d'un sulfitage mais aussi par une clarification rapide, éventuellement par filtration. En outre, une basse température et un pH acide sont les facteurs qui limitent les altérations lactiques.

E) **Contrôle de l'activité des bactéries lactiques**

Pendant la durée de la conservation en barriques, il est nécessaire de multiplier les contrôles. Le dosage de l'acide acétique permet de suivre un éventuel développement bactérien acétique ou lactique ; en outre, le dosage de l'acide D (-) lactique rend compte spécifiquement du métabolisme des bactéries lactiques.

L'acide lactique, produit principal du métabolisme bactérien, existe sous deux formes isomériques : l'acide L (+) lactique et D (-) lactique La dégradation de l'acide L (-) malique conduit à la formation stéchiométrique d'acide L (+) lactique ; celle de tous les autres substrats libère simultanément les deux isomères dans un rapport variable selon l'espèce bactérienne et le substrat. Les levures forment aussi de l'acide lactique au cours de la fermentation alcoolique, mais en quantité relativement faible pour les espèces couramment rencontrées en vinification, inférieure à 200 mg d'acide D(-) lactique par litre.

Le dosage de l'acide D (-) lactique autorise les conclusions suivantes : (LAFON-LAFOURCADE, 1981)

a) Des teneurs supérieures à 200 mg par litre doivent être considérées comme l'indice probable d'une activité bactérienne aux dépens d'un substrat autre que l'acide malique.

b) Toute élévation du taux de cet acide dans le vin constitue la preuve d'une altération potentielle.

Cette détermination, par dosage enzymatique, s'effectue de manière rapide et précise ; elle permet de déceler les premières manifestations d'une activité lactique avant l'apparition d'un taux excessif d'acidité volatile.

CONCLUSION

Les bactéries acétiques et lactiques existent à toutes les étapes de la vinification et de la conservation ; les risques inhérents à leur présence sont latents ; le pH acide et le degré alcoolique limitent les dangers. Au cours de la conservation, une température basse et des contrôles fréquents doivent assurer aux techniciens la maîtrise des populations bactériennes et de leurs activités.

Il est certain qu'une connaissance plus précise des mécanismes qui régulent la dégradation des divers substrats et des systèmes qui contrôlent les phénomènes de symbiose et d'antagonisme entre les micro-organismes du vin, permettrait une meilleure approche des problèmes de stabilisation biologique. C'est dans ce sens que s'orientent actuellement les recherches dans ce domaine.

Manuscrit reçu le 29 novembre 1983 ; accepté pour publication le 22 décembre 1983.

RÉSUMÉ

Les bactéries acétiques et lactiques sont présentes à toutes les étapes de la vinification et de la conservation. Le pH acide et la teneur en éthanol limitent les dangers d'altération. Au cours de la conservation, une température basse, un bon usage de l'anhydride sulfureux et des contrôles fréquents assurent aux techniciens la maîtrise des populations bactériennes et leurs activités.

SUMMARY

Acetic acid and lactic acid bacteria were present at all stages of wine making. A lower pH and a highter ethanol concentration limit the risks of altération. During the conservation, a low temperature, good use of SO_2 and frequent checkings ensure control of bacterial growth and metabolism.

ZUSAMMENFASSUNG

Essigsäure- und Milchsäurebakterien sind bei allen Phasen des Weinaubaus und der Aufbewahrung vorhanden. Ein saures pH und der Athanolgehalt begrenzen die Gefahr einer Umsetzung. Während der Lagerung geben eine niedrige Temperature, eine vernünftige Verwendung von Schwefeldioxyd und häufige Tests dem Kellermeister die Möglichkeit, die bakterielle Population und deren Tätigkeit unter Kontralle zu halten.

RESUMEN

Las bacterias acéticas y lácticas están presentes en todas las etapas de la vinificatión y de la conservación. El pH ácido y una dosis elevada en etanol limitan los peligros de alteración. En el transcurso de la conservación, una temperatura baja, un uso adecuado del anhídrido sulfuroso y controles frecuentas aseguran a los técnicos el control de las poblaciones bacterianas y de sus actividades.

RIASSUNTO

I batteri acetici e lattici sono presenti in ogni tappa della vinificazione e della conservazione. Il pH e la gradazione di etanolo limitano i pericoli di alterazione. Durante la conservazione, una temperatura bassa, una buon' utilizzazione de SO_2 e controlli frequenti consentono ai technici il dominio delle popolazioni batterici e della loro attività.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

JOYEUX A., 1983. Analyse microbiologique des raisins, des moûts et des vins. Application à l'étude des bactéries acétiques. *Thèse d'Université,* Bordeaux II.

LAFON-LAFOURCADE S., 1982 in « *Actualités œnologiques et viticoles* ». P. RIBÉREAU-GAYON et P. SUDRAUD ed, Dunod Paris p. 247.

LAFON-LAFOURCADE S. et JOYEUX A., 1979. Techniques simplifiées pour le dénombrement et l'identification des microorganismes vivants dans les moût et les vins. *Connaissance Vigne Vin,* **13** N° 4 295-310.

LAFON-LAFOURCADE S. et JOYEUX A., 1981. Les bactéries acétiques du vin. *Bull. O.I.V.,* **608**, 803-829.

LAFON-LAFOURCADE S., CARRE E., LONVAUD-FUNEL A., et RIBÉREAU-GAYON P., 1983. Induction de la fermentation malolactique des vins par inoculation d'une biomasse industrielle congelée de *L. œnos* après réactivation. *Connaissance Vigne Vin*, **17**, N° 1, 55-71.

LUCMARET V. 1981. *In « Actualités œnologiques et viticoles »*. P. RIBÉREAU-GAYON et P. SUDRAUD ed. Dunod Paris p. 223.

PONTALLIER P., GLORIES Y., et RIBÉREAU-GAYON P., 1980. Le rôle de l'oxydation dans l'évolution des vins rouges. *C.R. Acad. Agric.*, **66**, N° 2, 989-993.

RIBÉREAU-GAYON J., PEYNAUD E., RIBÉREAU-GAYON P. et SUDRAUD P., 1975. *Sciences et Techniques du vin.* Tome II Dunod ed., Paris.