

EFFETS DE CERTAINES PRATIQUES ŒNOLOGIQUES TELLES QUE : PIED DE CUVE, SULFITAGE ET RÉGULATION DU pH SUR LA FLORE DE FERMENTATION DANS LES MOÛTS DE XÉRÈS

M.J. VALCARCEL MUÑOZ, L. PÉREZ RODRIGUEZ, P. GONZALEZ RAMOS
et B. DOMECCO WILLIAMS

Departamento de Calidad e Investigación de Pedro Domecq S.A.
San Idefonso, 3, Jerez de la Frontera (Espagne)

Résumé : *La vinification du Xérès caractérisée par une flore fermentaire très active et une faible acidité des moûts, nécessite l'utilisation de techniques préfermentaires correctives.*

Dans une étude, les auteurs ont étudié l'effet de certaines pratiques œnologiques : addition d'un pied de cuve, sulfitage et régulation du pH sur les levures indigènes responsables de la fermentation du Xérès.

Une analyse est réalisée au niveau du laboratoire afin de voir l'effet individuel de chacune des souches, puis l'étude est réalisée au niveau industriel.

Les résultats mettent en évidence l'efficacité de l'usage correct du pied de cuve contenant des levures sélectionnées, l'influence relativement faible de la régulation du pH sur la flore blastomycète, et enfin la sélection correcte de la flore par un sulfitage adéquat.

INTRODUCTION

Les moûts de la région de Xérès sont caractérisés par le fait qu'ils nécessitent l'emploi de pratiques œnologiques pré-fermentaires.

La variété de raisin utilisée (palomino fino) et une saison relativement chaude pendant la maturation font que les moûts de Xérès présentent une faible acidité (35 - 60 meq par litre). En septembre, des températures élevées au moment des vendanges, favorisent le développement rapide de la flore fermentaire.

Dans les moûts de Xérès, on a pu isoler différentes espèces de levures appartenant principalement aux genres suivants : *Kloeckera*, *Candida*, *Pichia*, *Hansenula*, *Saccharomyces* et *Saccharomycodes* (Tableau I).

Parmi ceux-ci, on distingue les espèces du genre *Saccharomyces* et en particulier *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces fermentati* et *Saccharomyces italicus* (ZAJARA, 1957), (IÑIGO et al., 1963), (GARCIA, 1982).

TABLEAU I

Levures isolées dans le moût de Xérès.

(classification selon LODDER, 1970).

GENRES	ESPÈCES
<i>Brettanomyces</i>	<i>bruxellensis</i>
<i>Candida</i>	<i>guilliermondii</i> <i>intermedia</i> <i>krusei</i> <i>utilis</i> <i>zeylanoides</i>
<i>Hanseniaspora</i>	<i>valbyensis</i>
<i>Hansenula</i>	<i>anomala</i> <i>subpelliculosa</i>
<i>Kloeckera</i>	<i>apiculata</i>
<i>Kluyveromyces</i>	<i>marxianus</i> <i>veronae</i>
<i>Metschnikowia</i>	<i>pulcherrima</i>
<i>Pichia</i>	<i>fermentans</i> <i>membranaefaciens</i> <i>polymorpha</i>
<i>Saccharomyces</i>	<i>bailii</i> <i>bayanus</i> <i>cerevisiae</i> <i>chevalieri</i> <i>delbrueckii</i> <i>exiguus</i> <i>fermentati</i> <i>italicus</i> <i>rosei</i>
<i>Saccharomycodes</i>	<i>ludwigii</i>

Les pratiques œnologiques pré-fermentaires courantes dans la région de Xérès, conduisent à établir une régulation du pH du moût par addition d'acide tartrique ainsi qu'à établir une sélection de la flore et un débourbage adéquat avec addition d'anhydride sulfureux, (50 - 125 mg par litre). Ainsi, la majorité des espèces appartenant aux genres pré-cités n'ont pas d'effet durant la fermentation alcoolique.

Afin de garantir la présence d'une souche de levure dirigeant la fermentation, principalement dans les cuves d'une certaine capacité (100 - 1000 hl), on utilise la technique du pied de cuve.

Nous avons pensé qu'il était important de connaître l'implication de ces pratiques œnologiques pré-fermentaires dans l'élaboration du Xérès. C'est pourquoi nous avons étudié séparément au niveau du laboratoire chacune des pratiques suivantes : sulfitage, régulation du pH et effets du pied de cuve.

Postérieurement nous avons étudié l'effet conjugué de ces trois pratiques au niveau industriel (cuves de 375 hl), en déterminant les niveaux d'efficacité.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I — ORIGINE DU MOÛT

Dans les expériences réalisées en laboratoire, le moût est mis directement du pressoir dans un erlenmeyer stérile d'une capacité de cinq litres.

Après un temps de décantation de 3 heures, le moût est réparti dans des éprouvettes stériles d'un litre.

Pour étudier l'effet de l'addition du pied de cuve, deux éprouvettes ont été remplies : la première avec 750 ml de moût où avait eu lieu une fermentation spontanée et la deuxième avec 720 ml de moût et 30 ml de pied de cuve, qui avait été préparé 48 heures avant en inoculant un moût stérile avec une levure sélectionnée : *Saccharomyces cerevisiae*.

Pour étudier le sulfitage, quatre éprouvettes ont été remplies de moût. A trois d'entre elles il a été ajouté du métabisulfite de potassium. Après 30 minutes, la concentration totale en soufre des moûts est respectivement dans chacune d'elles de 0 (témoin), 125, 230 et 485 mg par litre.

La gamme de concentrations choisie permet d'étudier l'effet de l'anhydride sulfureux sur la flore fermentaire, aussi bien dans les concentrations habituellement utilisées pendant les vendanges (125 mg par litre) que dans des concentrations supérieures (230 et 485 mg par litre).

Dans l'expérience de régulation du pH, deux éprouvettes ont été remplies de 750 ml de moût; à l'une d'elle il a été ajouté 2 g d'acide tartrique pour faire baisser le pH de 3,71 à 3,19.

L'action conjuguée de ces trois pratiques œnologiques a été étudiée au niveau industriel. Pour cela nous avons choisi onze cuves en acier inoxydable d'une capacité de 375 hl contenant chacune 250 hl de moût corrigé (pH 3,0 - 3,2 et SO₂ : 100 - 120 mg par litre) et décanté (24 heures). Six de ces cuves ont été remplies pendant la deuxième semaine avec du moût de première presse, cinq d'entre elles avec le pied de cuve à raison de 4 %. Les cinq autres ont été remplies pendant la troisième semaine, également avec du moût de première presse et à cette occasion seulement trois ont reçu le pied de cuve.

Toutes les cuves possèdent un système de réfrigération qui permet de maintenir la température à 28°C.

II — TECHNIQUES D'ISOLEMENT DES LEVURES

Dans toutes les expériences les isollements ont été réalisés selon la méthode de CASTELLI (1953), c'est à dire aux trois étapes de la fermentation : en début de ferment-

tion, durant la fermentation proprement dite et en fin de fermentation. De plus dans les expériences réalisées en laboratoire, nous avons également effectué les isollements dans le moût après décantation et 30 minutes après addition du pied de cuve.

III — IDENTIFICATION TAXONOMIQUE DES SOUCHES

La classification taxonomique a été réalisée suivant le procédé et le code d'identification proposés par LODDER et *al.*, (1970).

IV — PRÉPARATION INDUSTRIELLE DU PIED DE CUVE

La préparation industrielle du pied de cuve a été réalisée en plusieurs étapes.

Pendant une première étape en laboratoire, 20 hl de moût stérile sont mis à fermenter avec la levure choisie : *Saccharomyces cerevisiae*.

La seconde étape se fait dans des fermenteurs industriels où le moût en pleine fermentation provenant du laboratoire a été ajouté à raison de 4 % dans 240 hl de moût corrigé (pH : 3.2 et SO₂ : 100 mg par litre) et décanté (24 heures) obtenu lors d'une pré-vendange.

Pendant la vendange, on retire régulièrement des cuves du moût en pleine fermentation qui sert de pied de cuve pour les autres. On remplace alors le moût prélevé par du nouveau moût.

Le temps moyen de conservation du moût dans les fermenteurs du pied de cuve est de 3 à 4 jours.

V — MÉTHODES D'ANALYSES

- pH : déterminé avec un pH-mètre digital Beckman équipé d'électrodes combinées.

- acidité totale par titrage acide-base selon l'O.I.V. (1978).

- acidité volatile par distillation avec entraînement à la vapeur et titrage acide-base selon l'O.I.V. (1978).

- degré alcoolique par distillation (AMERINE et OUGH, 1980).

- densité (20/20); par pycnométrie (RIBÉREAU-GAYON et *al.*, 1975).

- glycérol par test enzymatique (EGGSTEIN et KUHLMANN, 1974).

- sucres par la méthode de Fehling selon l'O.I.V. (1978).

- SO₂ par la méthode iodométrique selon l'O.I.V. (1978).

- acétaldéhyde, acétate de méthyle, acétate d'éthyle, méthyl-2 butanol-1, butanol-2, propanol-1, méthanol, butanol-1, méthyl-3 butanol-1, méthyl-2 propanol-1 : par chromatographie en phase gazeuse, avec un chromatographe Perkin Elmer modèle 910, colonne de phase Carbowax 1500 sur chromosorb 80-100, détecteur d'ionisa-

tion de flamme, température du four : 90°C, température de l'injecteur et du détecteur : 250°C, gaz vecteur : azote; débit de 32 ml/mm et étalon interne : le méthyl-4 pentanol-2.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

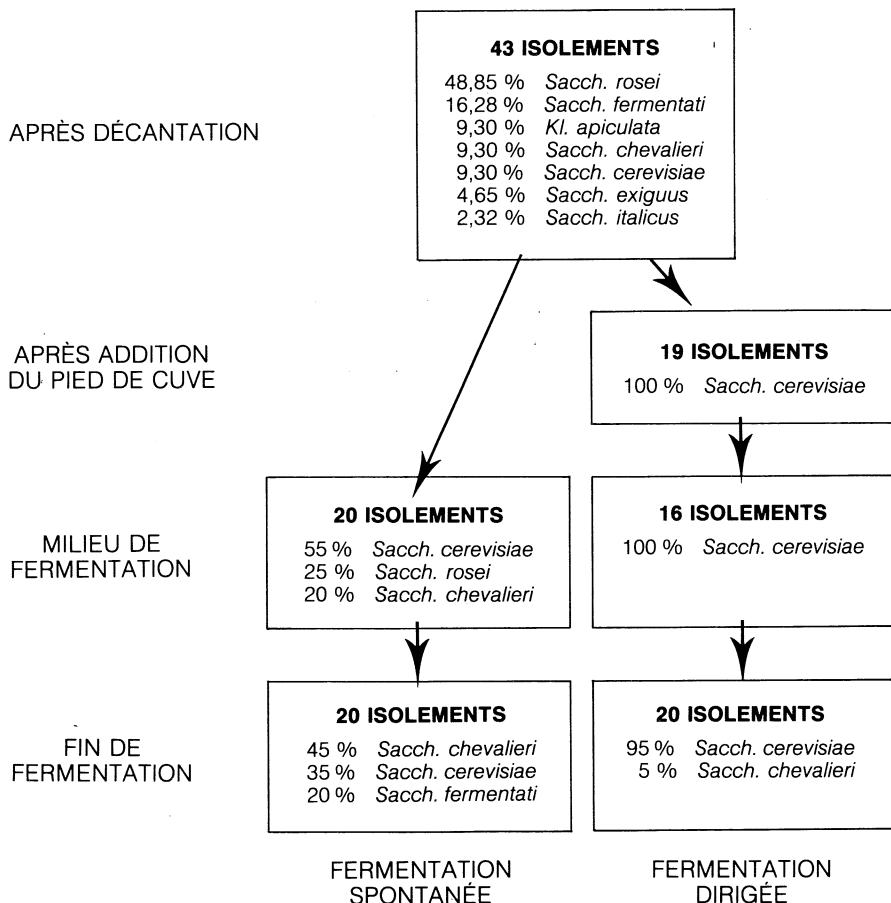
I — EFFET DU PIED DE CUVE

Dans le tableau II sont présentées les espèces de levures isolées pendant la fermentation du moût avec et sans addition de pied de cuve ainsi que les pourcentages d'apparition et le nombre d'isolements réalisés à chaque étape de la fermentation.

Dans ce tableau on peut noter qu'il existe des différences importantes dans la microflore responsable des deux fermentations.

TABLEAU II

Espèces de levures isolées durant la fermentation spontanée ou dirigée au moyen d'un pied de cuve dans des moûts de Xérès.



Durant la fermentation spontanée du moût, on assiste à une succession d'espèces de levures dominantes.

Au début de la fermentation, 90,7 % des souches isolées appartiennent au genre *Saccharomyces*, tandis que 9,3 % sont constitués de levures du genre *Kloeckera* (*Kl. apiculata*). A cette étape, parmi les espèces isolées provenant du genre *Saccharomyces*, on trouve : *Saccharomyces rosei*, *Saccharomyces fermentati*, *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces exiguus* et *Saccharomyces italicus*; *Saccharomyces rosei* étant la levure majoritaire avec un pourcentage d'apparition de 48,85 %.

En milieu de fermentation, on note que toutes les souches isolées appartiennent au genre *Saccharomyces* : *Saccharomyces cerevisiae* (espèce majoritaire à 55 %), *Saccharomyces chevalieri* et *Saccharomyces rosei*.

Il en est de même en fin de fermentation où seules sont isolées des espèces du genre *Saccharomyces* : *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces cerevisiae* et *Saccharomyces fermentati*. Le pourcentage d'apparition de *Saccharomyces fermentati* a augmenté de façon progressive depuis le début de la fermentation alors que l'espèce *Saccharomyces rosei* n'a pas été isolée à cette étape. *Saccharomyces chevalieri* est l'espèce dominante à cette étape (45 %).

Quand la fermentation est dirigée par addition d'un pied de cuve, l'espèce majoritaire durant tout le processus de fermentation est la levure sélectionnée (*Saccharomyces cerevisiae*).

Dans l'expérience réalisée on note que 100 % des levures isolées 30 minutes après mélange du pied de cuve avec le moût ou bien isolées en milieu de la fermentation sont des *Saccharomyces cerevisiae*. C'est seulement à la fin de la fermentation qu'apparaît en faible proportion (5 %) une autre espèce, *Saccharomyces chevalieri*.

Les résultats des analyses (tableau III) montrent que les vins obtenus par fermentation de moûts additionnés d'un pied de cuve présentent de meilleures caractéristiques par rapport aux moûts fermentés de façon spontanée.

II — EFFET DU SULFITAGE DU MOÛT

Les espèces de levures isolées durant la fermentation, ainsi que leurs pourcentages d'apparition et le nombre d'isolements réalisés aux différentes étapes sont présentés dans le tableau IV.

Dans le moût fermenté sans addition de métabisulfite de potassium, on observe qu'au début de la fermentation 80 % des souches isolées sont du genre *Saccharomyces* et les 20 % restant sont *Kl. apiculata*.

Parmi les espèces isolées du genre *Saccharomyces*, on trouve *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces rosei*, *Saccharomyces cerevisiae* et *Saccharomyces italicus*; *Saccharomyces chevalieri* étant majoritaire.

TABLEAU III

**Résultats analytiques de la fermentation spontanée ou dirigée
au moyen d'un pied de cuve sur des moûts de Xérès.**

PARAMÈTRE	MOÛT	VIN	
		FERMENTATION SPONTANÉE	FERMENTATION DIRIGÉE
Degré alcoolique (°GL)	—	10,9	11,3
pH	3,94	3,70	3,79
Acidité totale ⁽¹⁾	3,81	4,49	4,25
Acidité volatile ⁽²⁾	—	0,84	0,60
Sucres réducteurs (g/l)	199	< 2,0	< 2,0
Acétaldéhyde (mg/l)	—	24,5	32,8
Acétate de méthyle (mg/l)	—	2,8	2,4
Acétate d'éthyle (mg/l)	—	20,8	14,0
Méthanol (mg/l)	—	54,1	52,2
Butanol-2 (mg/l)	—	0,0	0,0
Propanol-1 (mg/l)	—	30,5	38,7
Méthyl-2 propanol-1 (mg/l)	—	28,8	35,4
Butanol-1 (mg/l)	—	1,9	1,0
Méthyl-2 butanol-1 (mg/l)	}	101,0	132,7
Méthyl-3 butanol-1 (mg/l)			
Alcools supérieurs (mg/l)	—	162,2	207,8

⁽¹⁾ en g d'acide tartrique par litre.

⁽²⁾ en g d'acide acétique par litre.

En milieu de fermentation, seules des espèces du genre *Saccharomyces* sont isolées : *Saccharomyces chevalieri* (espèce majoritaire à 60-70 %), *Saccharomyces cerevisiae* et *Saccharomyces rosei*.

La présence de SO₂ dans le milieu fait varier la flore responsable de la fermentation. Plus la teneur en SO₂ est élevée, plus cette variation est importante.

Dans les trois fermentations réalisées avec du moût sulfité, on s'aperçoit qu'au début de la fermentation l'espèce *Kl. apiculata* n'a pas été isolée, ce qui met en évidence la faible résistance au soufre de cette levure. Par contre, quand la concentration en SO₂ dans le moût est de 230 ou 285 mg par litre, on isole l'espèce *S'Codex Ludwigi*. Cette levure présente une haute résistance au SO₂, mais sa présence n'est pas souhaitable car elle produit des quantités importantes d'acétate d'éthyle (SOUFLE-ROS et BERTRAND, 1979).

Dans les trois expériences réalisées en début de fermentation, l'espèce majoritaire est *Saccharomyces cerevisiae*, avec des pourcentages d'apparition qui oscillent entre 55 et 65 %; ce qui indique que cette espèce a une meilleure résistance au SO₂ que *Saccharomyces chevalieri*.

Dans le moût contenant 125 mg par litre de SO₂, 100 % des levures isolées en milieu et en fin de fermentation appartiennent au genre *Saccharomyces* : *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces chevalieri* et *Saccharomyces italicus*, alors que dans les deux autres expériences sont isolées les espèces : *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces italicus* ainsi qu'une espèce du genre *Saccharomycodes* : *S'Codes Ludwigii*.

Cette sélection microbienne qui a lieu lors du sulfitage conditionne les caractéristiques du vin obtenu (Tableau V). Dans ce tableau, on peut observer que le degré alcoolique augmente avec la concentration en SO₂. Ceci est du à la présence dès le début de la fermentation, de levures à haut pouvoir alcoologène. Les levures de faible pouvoir alcoologène ne tolèrent que de basses concentrations en SO₂.

La teneur la plus élevée en acidité volatile correspond à l'échantillon fermenté en absence de SO₂, ce qui met en évidence une des caractéristiques pour laquelle cette substance est employée : son action antiseptique sur la flore bactérienne.

TABLEAU V

Résultats analytiques de la fermentation des moûts de Xérès avec ou sans addition de SO₂.

PARAMÈTRES	MOÛT	VIN			
		Addition de SO ₂ (mg/l)			
		0	125	230	485
Sucres réducteurs (g/l)	207	—	—	—	—
Degré alcoolique (°GL)	—	11,1	11,2	11,4	11,5
pH	3,82	3,56	3,55	3,55	3,54
Acidité totale ⁽¹⁾	4,19	5,19	4,92	4,90	4,94
SO ₂ (mg/l)	—	—	71	139	329
Acidité volatile ⁽²⁾	—	0,45	0,23	0,30	0,31
Sucres totaux (g/l)	—	2,0	1,7	1,9	2,5
Glycérol (g/l)	—	8,1	8,4	8,0	8,2
Acétaldéhyde (mg/l)	—	32,1	69,8	82,8	182,4
Acétate de méthyle (mg/l)	—	1,3	2,0	2,0	2,4
Acétate d'éthyle (mg/l)	—	18,9	8,2	24,8	25,1
Méthanol (mg/l)	—	30,7	33,9	30,1	31,7
Butanol-2 (mg/l)	—	0,0	0,0	0,0	0,0
Propanol-1 (mg/l)	—	21,3	18,5	18,6	19,6
Methyl-2 propanol-1 (mg/l)	—	69,3	72,6	80,3	98,5
Butanol-1 (mg/l)	—	1,6	2,0	1,7	1,9
Methyl-2 butanol-1 (mg/l)	}	—	132,7	135,4	139,7
Methyl-3 butanol-1 (mg/l)					
Alcools supérieurs (mg/l)	—	224,9	228,5	240,3	262,7

⁽¹⁾ en g d'acide tartrique par litre.

⁽²⁾ en g d'acide acétique par litre.

Les taux de SO₂ totaux rencontrés dans les vins proviennent des additions qui se sont réalisées. De plus, cette présence de SO₂ entraîne parallèlement la même conséquence sur les taux d'acétaldéhyde.

La fermentation a été complète dans tous les échantillons, indépendamment de la concentration de SO₂ comme le montrent les taux résiduels en sucres qui en aucun cas ne dépassent 3 g par litre.

Les taux d'acétate d'éthyle dans les échantillons sulfités augmentent avec la concentration de soufre, peut être est-ce en raison de la présence d'une proportion importante de l'espèce *S'Codes Ludwigii* pendant la fermentation.

Bien qu'il n'existe pas de différence notable entre les taux des alcools supérieurs propanol-1 et butanol-1 dans les quatre expériences, on observe une augmentation des taux de méthyl-2 propanol-1, méthyl-2 butanol-1 et méthyl-3 butanol-1 avec la concentration de SO₂ : Cette augmentation est due d'une part à l'effet que produit le SO₂ sur les voies de synthèse de ces composants chez les levures, et d'autre part, à la présence de l'espèce *S'Codes Ludwigii*, espèce qui produit des quantités plus élevées d'alcools supérieurs (170-200 mg par litre) que les espèces du genre *Saccharomyces*, bien que d'un pouvoir fermentaire similaire (125-185 mg par litre). Ces deux remarques sont reprises dans la bibliographie (SOUFLEROS et BERTRAND, 1979; PEREZ, 1979).

Enfin il faut souligner que le début de la fermentation dépend de la concentration en SO₂ employée; ainsi le processus fermentaire est d'autant plus tardif que la quantité de SO₂ ajouté est importante. Cependant, à partir de ce moment les courbes de fermentation n'ont pas de variation notable.

III — EFFET DE LA RÉGULATION DU pH DU MOÛT

En régulant le pH du moût (Tableau VI), on ne remarque pas d'effets de sélection d'espèces particulières de levures intervenant dans la fermentation, du moins dans la gamme de pH étudiée (3,2 à 3,7).

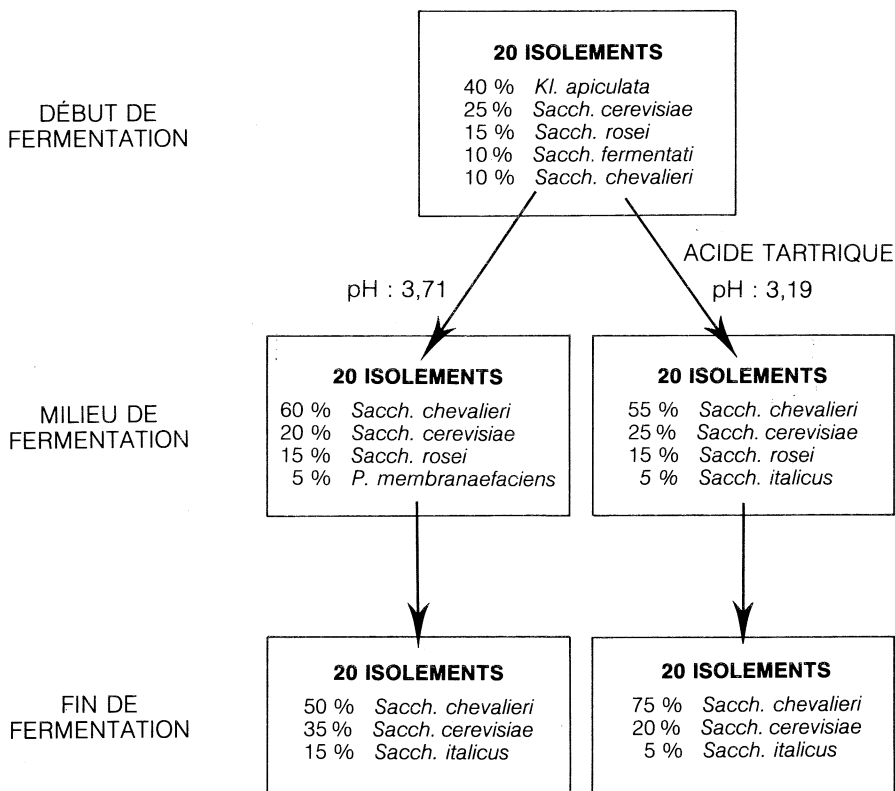
Au début de la fermentation on isole comme espèce majoritaire (à 40 %) *Kl. apiculata*; les 60 % restant correspondant à des espèces du genre *Saccharomyces* : *Saccharomyces rosei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces fermentati* et *Saccharomyces chevalieri*.

A partir du milieu de fermentation, dans les deux expériences on isole les espèces *Saccharomyces chevalieri*, majoritaire à 55-75 %, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces rosei*, *Saccharomyces italicus*. De plus, dans les expériences de fermentation à pH 3,7, on isole l'espèce *P. membranaefaciens*, espèce ne jouant pas un grand rôle dans la fermentation spontanée des moûts de Xérès.

Les résultats obtenus dans cette expérience correspondent avec ceux obtenus lors d'études réalisées dans d'autres régions viti-vinicoles (PEYNAUD, 1989), (RIBÉREAU-GAYON et al., 1975), (AMERINE et al., 1967). En conclusion, la correction

TABLEAU VI

Espèces de levures isolées pendant la fermentation des moûts de Xérès en fonction du pH.



du pH, si elle ne produit pas à elle seule un effet sélectif sur la flore fermentaire, a du moins une incidence sur les bactéries présentes dans le moût.

Le fait qu'il n'y ait pas une sélection de la flore levurienne explique que les caractéristiques physico-chimiques des vins obtenus soient similaires, comme on peut le constater sur le tableau VII.

IV — EFFET DU PIED DE CUVE AU NIVEAU INDUSTRIEL SUR LA FERMENTATION DES MOÛTS SULFITÉS ET A pH CORRIGÉ

Dans le tableau VIII apparaissent les espèces de levures isolées durant la fermentation industrielle, spontanée ou dirigée, des moûts sulfités (100 - 200 mg par litre) au pH corrigé (3,2), ainsi que les pourcentages d'apparition, le nombre d'isolements réalisés à chaque étape fermentaire et l'efficacité du pied de cuve.

TABLEAU VII

**Résultats analytiques de la fermentation des moûts de Xérès
en fonction du pH.**

PARAMÈTRES	pH : 3,19		pH : 3,72	
	MOÛT	VIN	MOÛT	VIN
Sucres réducteurs (g/l)	244	—	244	—
Degré alcoolique (°GL)	—	13,9	—	13,7
pH	3,19	3,13	3,71	3,69
Acidité totale ⁽¹⁾	6,15	6,76	3,50	5,18
Acidité volatile ⁽²⁾	—	0,28	—	0,32
Sucres totaux (g/l)	—	2,9	—	3,1
Glycérol (g/l)	—	9,5	—	10,3
Acétaldéhyde (mg/l)	—	10,2	—	10,8
Acétate de méthyle (mg/l)	—	2,0	—	3,3
Acétate d'éthyle (mg/l)	—	16,8	—	14,8
Méthanol (mg/l)	—	71,0	—	74,9
Butanol-2 (mg/l)	—	0,0	—	0,0
Propanol-1 (mg/l)	—	24,7	—	26,1
Methyl-2 propanol-1 (mg/l)	—	54,7	—	55,9
Butanol-1 (mg/l)	—	2,1	—	1,9
Methyl-2 butanol-1 (mg/l) } Methyl-3 butanol-1 (mg/l) }	—	299,3	—	304,6
Alcools supérieurs (mg/l)	—	380,8	—	388,5

⁽¹⁾ en g d'acide tartrique par litre.

⁽²⁾ en g d'acide acétique par litre.

On peut noter que les résultats coïncident avec ceux obtenus en laboratoire.

Dans les fermenteurs où il y a addition de pied de cuve, la levure majoritaire est celle sélectionnée (*Saccharomyces cerevisiae*), accompagnée des espèces : *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces fermentati* et *Saccharomyces rosei*, alors que dans les fermenteurs où il n'y a pas addition de pied de cuve, la levure majoritaire est *Saccharomyces fermentati*; les espèces *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces cerevisiae* et *Saccharomyces rosei* étant également présentes.

L'efficacité ou effectivité du pied de cuve se définit comme le pourcentage de fermenteurs additionnés du pied de cuve, ayant pour levure majoritaire durant tout le processus celle sélectionnée.

Cette efficacité diminue au cours des quatre semaines, que durent les vendanges dans cette région. Dans les premiers jours de vendanges l'efficacité est de 95 %, à la fin elle est d'environ 50 %. Cette baisse est due à la prolifération de la flore indigène dans le moût durant la période des vendanges et donc dans les fermenteurs industriels contenant le pied de cuve.

TABEAU VIII

Espèces de levures isolées pendant la fermentation contrôlée au niveau industriel des moûts de Xérés avec et sans addition de pied de cuve.

2 ^e SEMAINE DE VENDANGE		3 ^e SEMAINE DE VENDANGE	
	Moût sans pied de cuve Espèce sélectionnée : Sacch. cerevisiae	Moût sans pied de cuve Espèce sélectionnée : Sacch. cerevisiae	Moût sans pied de cuve
DÉBUT DE FERMENTATION	50 ISOLEMENTS 66 % Sacch. cerevisiae 34 % Sacch. fermentati	10 ISOLEMENTS 90 % Sacch. fermentati 10 % Sacch. cerevisiae	20 ISOLEMENTS 60 % Sacch. fermentati 25 % Sacch. cerevisiae 10 % Sacch. chevalieri 5 % Sacch. rosei
MILIEU DE FERMENTATION	50 ISOLEMENTS 78 % Sacch. cerevisiae 22 % Sacch. fermentati	10 ISOLEMENTS 60 % Sacch. fermentati 40 % Sacch. cerevisiae	20 ISOLEMENTS 45 % Sacch. fermentati 35 % Sacch. cerevisiae 10 % Sacch. chevalieri 10 % Sacch. rosei
FIN DE FERMENTATION	50 ISOLEMENTS 80 % Sacch. cerevisiae 18 % Sacch. fermentati 2 % Sacch. chevalieri	10 ISOLEMENTS 60 % Sacch. fermentati 30 % Sacch. cerevisiae 10 % Sacch. chevalieri	20 ISOLEMENTS 40 % Sacch. fermentati 30 % Sacch. cerevisiae 30 % Sacch. chevalieri
EFFICACITÉ DES PIEDS DE CUVE	80 %	67 %	—

En comparant les caractéristiques physico-chimiques des vins obtenus par fermentation spontanée ou par fermentation dirigée au moyen de pied de cuve, on remarque qu'il n'existe pas de différences significatives (tableau IX).

TABLEAU IX

Résultats analytiques de l'effet du pied de cuve dans la fermentation contrôlée des moûts de Xérès au niveau industriel.

PARAMÈTRES	MOÛTS		VINS	
	sans pied de cuve	avec pied de cuve	Fermentation sans pied de cuve	Fermentation avec pied de cuve
Degré alcoolique (°GL)	—	—	11,15	11,05
pH	3,05	3,07	3,04	3,03
Acidité totale ⁽¹⁾	6,66	6,67	6,87	7,11
SO ₂ (mg/l)	111	108	—	—
Acidité volatile ⁽²⁾	—	—	0,31	0,31
Sucres Réducteurs (g/l)	191	188	1,6	1,5
Glycérol (g/l)	—	—	7,1	7,3
Densité 20/20 (g/l)	—	—	993,6	993,8
Extrait densimétrique (g/l)	—	—	25,8	25,8
Acétaldéhyde (mg/l)	—	—	75,0	90,0
Acétate de méthyle (mg/l)	—	—	4,9	4,2
Acétate d'éthyle (mg/l)	—	—	23,0	25,0
Méthanol (mg/l)	—	—	57,0	53,0
Butanol-2 (mg/l)	—	—	0,0	0,0
Propanol-1 (mg/l)	—	—	27,0	29,0
Methyl-2 propanol-1 (mg/l)	—	—	50,0	50,0
Butanol-1 (mg/l)	—	—	1,6	2,0
Methyl-2 butanol-1 (mg/l)	}	}	133,0	147,0
Methyl-3 butanol-1 (mg/l)				
Alcools supérieurs (mg/l)	—	—	211,6	228,0

⁽¹⁾ en g d'acide tartrique par litre.

⁽²⁾ en g d'acide acétique par litre.

Ce résultat est logique si on tient compte du fait que l'espèce sélectionnée pour préparer le pied de cuve a été isolée dans le moût de Xérès en fin de la fermentation alcoolique. Cependant l'emploi du pied de cuve reste significatif pour plusieurs raisons :

Pendant les premiers jours de vendanges, le raisin provenant de la vigne présente une faible potentiel en levures à haut pouvoir fermentaire, ceci étant dû en partie aux traitements phytosanitaires pratiqués sur le vignoble. Ainsi, la durée de début de fermentation est prolongée, ce qui peut favoriser un développement bactérien dans le milieu et suppose donc un contrôle de la programmation de la vendange. Il convient d'indiquer que certaines exploitations de la région pressent quotidiennement plus d'un million de kilos de raisin.

C'est pourquoi, l'emploi du pied de cuve permet :

a - la présence de levures autochtones à haut pouvoir fermentaire dans le moût corrigé et décanté depuis le début des vendanges.

b - de réduire les temps de début de fermentation.

c - d'éviter dans la mesure du possible le développement de la flore bactérienne.

d - une utilisation rationnelle du SO₂ comme antiseptique, (emploi de moindres quantités) pour diminuer le risque de contamination.

e - de mener à bien une programmation et un contrôle du processus de vinification.

CONCLUSION

Les levures majoritaires dans la fermentation spontanée industrielle de moûts de Xérès appartiennent au genre *Saccharomyces* : *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces fermentati* et *Saccharomyces rosei*.

L'emploi généralisé dans la région de Xérès de système de fermentation contrôlée, par rapport à ce qui se fait traditionnellement (barrique de 500 l), permet une utilisation efficace de la technique du pied de cuve. L'usage rationnel de cette technique permet d'obtenir des résultats semblables à ceux d'une fermentation naturelle.

L'emploi du pied de cuve au niveau industriel est nécessaire ; il permet une diminution de la durée de début de fermentation en favorisant le développement rapide des levures fermentaires dans le moût. Il permet en outre la réduction de la probabilité de contamination bactérienne et enfin permet de mener à bien à la fois programmation traitement et contrôle durant la vendange.

L'efficacité et l'effectivité du pied de cuve au niveau industriel diminue au cours de la vendange, à cause de l'augmentation de la prolifération de la flore indigène dans les moûts.

Il est confirmé au niveau industriel, que le sulfitage à raison de 100 mg par litre de SO₂ provoque une sélection de la flore fermentaire en faveur des espèces du genre *Saccharomyces* et au détriment des espèces des genres *Kloeckera*, *Pichia*, *Hanseluna* et *Candida*; ces dernières existant dans le moût de Xérès avant qu'il ne soit corrigé.

Des concentrations de SO₂ supérieures à 200 mg par litre dans le moût favorisent la présence de l'espèce *S'Codes Ludwigii*, présence non souhaitée car cette levure provoque des altérations organoleptiques du vin. C'est pourquoi il est recommandé de doser le SO₂ durant les vendanges à des concentrations inférieures à 150 mg par litre. De plus, cette espèce est décrite comme un contaminant dans les vins liquoreux, ce qui constitue sans doute un grave danger potentiel pour certains types de vins de Xérès.

Si la correction du pH n'a pas directement un effet sélectif sur la flore fermentaire, elle a quand même une incidence sur les bactéries présentes dans le moût. Le contrôle du pH est une technique nécessaire pour mener à bien le long processus de croissance biologique et le vieillissement physico-chimique.

Manuscrit reçu le 15 janvier 1990; accepté pour publication le 25 mai 1990.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMERICAN SOCIETY OF ENOLOGISTS, 1972. Uniform Methods of Analysis for Wines and Spirits. ASE. Davis.
- AMERINE M.A., BERG H.W., CRUESS W.V., 1967. Technology of Wine Making. Ed. The AVI Publishing Compagny, Inc.
- AMERINE M.A., OUGH C.S., 1980. Methods for Analysis of Musts and Wines. John Wiley and Sons. New-York.
- CASTELLI T., 1953. Actas VI Congreso Internacional de Microbiologia. Rome.
- EGGSTEIN M., KUHLMANN E., 1974. Methods of Enzymatic Analysis. H.H. Bergemeyer (Ed). Academic Press, New-York.
- GARCIA E., 1982. Evolución de levaduras durante la fermentación alcohólica en Jerez. Actas de las II Jornada Universitarias sobre el Jerez. Cádiz.
- IÑIGO B., VAZQUEZ D., ARROYO V., 1963. Los agentes de la fermentación vinica en la zona de Jerez. *Revista Ciencias Aplicadas*, 93, 296-305.
- LODDER, KREGER-VAN-RIJ, 1970. The yeasts : a Taxonomic Study. Ed. North-Holland. Amsterdam.
- OFFICE INTERNATIONAL DE LA VIGNE ET DU VIN, 1978. Recueil des Méthodes Internationales d'analyses des Vins. O.I.V. Paris.
- PEREZ L., 1979. Formación y Evolución de Alcoholes Superiores y otros Componentes en Vinos de Jerez. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- PEYNAUD E., 1989. Enologia Practica. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- RIBÉREAU-GAYON J., PEYNAUD E., RIBÉREAU-GAYON P., SUDRAUD P., 1975. Traité d'Oenologie. Sciences et Techniques du Vin. Ed. Dunod Paris.
- SOUFLEROS E., BERTRAND A., 1979. Rôle de la souche de levure dans la production des substances volatiles au cours de la fermentation du jus de raisin. *Connaissance Vigne Vin*, **13**, 181-198.
- ZAJARA J., 1957. Contribución al Estudio de las Levaduras del Jerez. Tesis Doctoral. Universidad de Madrid.