

Aspects pratiques du levurage en conditions méditerranéennes

Technique d'inoculation et rapport entre population sélectionnée et population indigène

DELTEIL D.

Institut Coopératif du Vin, La Jasse de Maurin, Lattes, 34970, France.

Cet article reprend les éléments présentés pendant le séminaire Lallemand, Technical Meeting à Krems (Autriche) le 3 mai 2000.

Depuis une vingtaine d'années, l'Institut Coopératif du Vin conduit un programme de Recherches et Développement sur la maîtrise des fermentations en conditions industrielles des caves méditerranéennes.

Les trois axes principaux étudiés ont été la composition fine du milieu, [par exemple la teneur en azote assimilable des raisins et des jus méditerranéens (1) ou l'apport de flocons pectiques au jus après débouillage (2)], les interventions technologiques de maîtrise de la fermentation [par exemple les apports d'oxygène (3) ou le régime thermique imposé (4)] et la microflore assurant la fermentation.

Cet article fait une synthèse des travaux sur la microflore fermentaire et sa maîtrise, en rappelant des résultats déjà publiés. Les principales étapes du travail ont été : la connaissance de la microflore indigène et de ses aptitudes, la connaissance des levures œnologiques sélectionnées et de leurs aptitudes compétitives, et enfin, le suivi de leur comportement compétitif dans les conditions réelles des caves industrielles.

1 Connaître et maîtriser la microflore indigène des raisins et des jus méditerranéens

En conditions méditerranéennes, à la vigne, la baie de raisin entière est un écosystème très peu favorable au développement des micro-organismes. Il est logique que la plupart des raisins ne portent pas de levures capables de fermenter. La microflore des raisins entiers à la vigne n'est pas capable de provoquer des problèmes techniques quand on respecte les règles des bonnes pratiques de vinification, en particulier un sulfitage précoce et homogène des raisins.

En 1983, une étude a porté sur 100 prélèvements de 1 kilo de raisins sur différentes parcelles du pourtour méditerranéen français (5). Sur ces lots de raisins, pour comprendre leurs éventuelles implications œnologiques, on a étudié les micro-organismes par leur dynamique des populations.

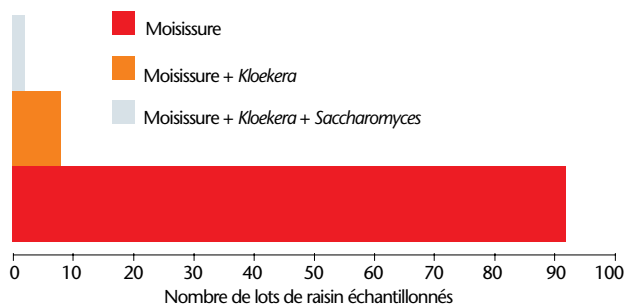


Figure 1- Dynamique des populations levuriennes indigènes sur les raisins méditerranéens à la vigne (récolte 1984). Foulage stérile des raisins. Observation microscopique après incubation de 4 jours à 28°C.

Pour cela on a créé des conditions de croissance favorables et on a observé les microflores après un temps donné de développement potentiel. Ces conditions sont rappelées dans la légende de la figure 1. Sur cette figure on constate que 90 % des lots de raisins présentent une microflore uniquement composée de moisissures. Seulement 10 % des lots contiennent des levures en plus des moisissures. Seulement 2 % contiennent des levures elliptiques, a priori capables de fermenter un jus de raisin.

En conditions méditerranéennes, dès la récolte, et dès que du jus est libéré par la récolte ou le transport, le raisin devient un milieu très favorable au développement de nombreuses levures et bactéries. Ceci est aussi vrai pour les traces de jus qui restent collées sur les matériels de récolte, de transport et de cave, en particulier avant que le raisin ne soit sulfité. Ce sont ces matériels qui sont les sources principales de contamination en levures et en bactéries des raisins arrivant à la cave. Souvent, à cause de son niveau de population et à cause de sa composition, cette microflore est capable de poser des problèmes techniques, y compris quand on respecte les bonnes pratiques de vinification. L'hygiène de tous ces matériels est la seule vraie solution pour un plan de maîtrise des risques.

En 1983, une étude a porté sur 50 prélèvements de jus coulant des bennes de transport à leur arrivée à la cave (5), et de la même façon on a étudié la dynamique des populations. Les principales conditions de l'étude sont rapportées dans la légende de la figure 2.

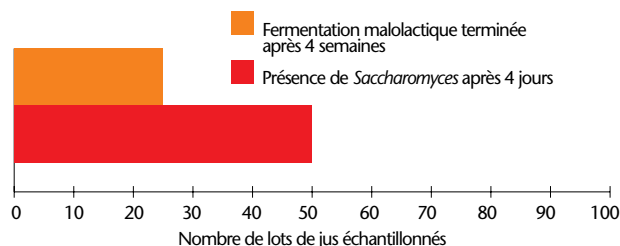


Figure 2- Dynamique des populations levuriennes indigènes sur les raisins méditerranéens arrivant à la cave (récolte 1984). Foulage stérile des raisins. Observation microscopique après incubation de 4 jours à 28°C et 4 semaines à 28°C.

Sur cette figure on constate que 100 % des lots de jus présentent une microflore levurienne suffisante pour démarrer rapidement une fermentation alcoolique, et que 50 % des lots sont suffisamment contaminés en bactéries lactiques pour provoquer rapidement une fermentation malolactique.

La différence significative entre les fréquences de la figure 1 (2 % de lots avec des levures elliptiques) et de la figure 2 (100 % des lots avec des levures elliptiques) montre bien que la microflore levurienne des raisins méditerranéens qui arrivent à la cave a pour origine les contaminations par les matériels.

En cave, après sulfitage des raisins et des jus, les levures *Saccharomyces* colonisent tous les jus. Au pH du vin, le phénomène killer s'exprime nettement dans la compétition des différentes levures indigènes pour coloniser le milieu. Les levures avec le caractère killer (phénotype K2) sont déjà majoritaires pendant ce qu'un vinificateur appelle les phases préfermentaires. Ce fait est important car c'est pendant cette phase que se développe le mieux la population indigène qui sera en compétition avec la population sélectionnée. Dans la figure 3 (6), les histogrammes à gauche de la figure illustrent ce fait sur un échantillon de 490 *Saccharomyces* isolé alors que les jus ne présentaient pas de signe visible de fermentation.

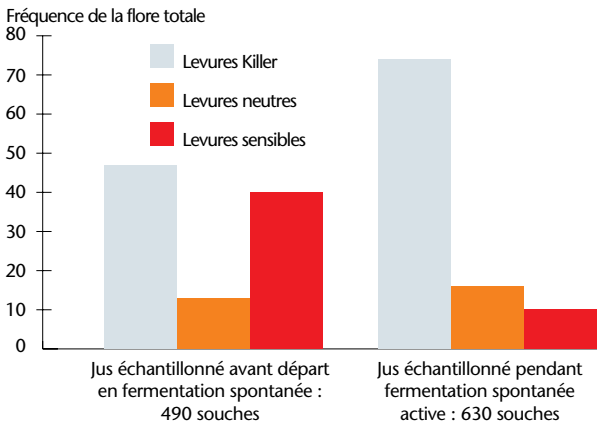


Figure 3- Population levurienne indigène des caves méditerranéennes, ses potentialités compétitives.

Quand il y a un départ de fermentation visible avec la microflore levurienne indigène, le facteur killer donne un avantage compétitif encore plus important aux souches qui en sont dotées. Ceci est illustré par les histogrammes à droite de la figure 3, sur un échantillon de 630 *Saccharomyces*. Les souches killer représentent 75 % de la microflore. Ce résultat donne une indication sur la composition et la compétitivité de la microflore levurienne qui se développe dès que l'on laisse des traces de jus plusieurs heures sur des matériels ou de la cuverie.

En plus de leurs aptitudes microbiologiques, il est bien sûr important de connaître les aptitudes œnologiques de cette microflore indigène. Les figures 4a et 4b (7) apportent une partie de réponse. Avec un jus facilement fermentescible (riche en azote assimilable, et relativement peu riche en sucre, à une température favorable), 68 souches (38 % des 178 levures testées) ont été incapables de finir la fermentation. Sur ce jus non-sulfité, à partir des acides aminés et des sulfates du jus, 48 souches (29 % des levures testées) ont produit des quantités notables de SO₂, avec un record à 225 mg/l ! De façon évidente, de telles souches perturberont tous les équilibres polyphénoliques dans de la vendange rouge.

Sucres résiduels laissés par 178 souches différentes sur le même jus en mg/l

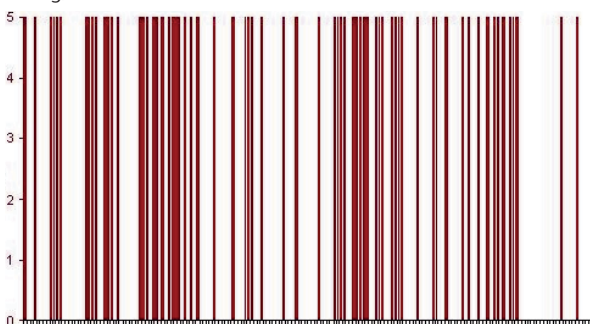


Figure 4a- Population levurienne indigène des caves méditerranéennes : ses potentialités œnologiques.

Production de SO₂ par 178 souches différentes sur le même jus en mg/l

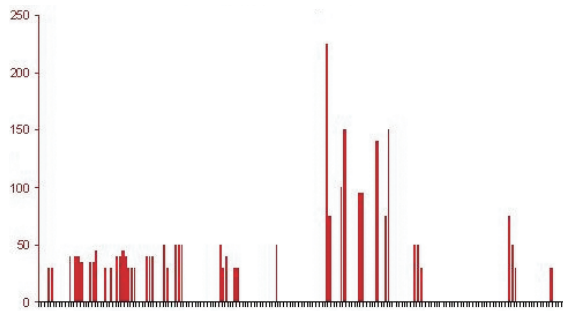


Figure 4b- Population indigène des caves méditerranéennes : ses potentialités œnologiques.

Cette étude confirme une fois de plus la forte fréquence de levures à hauts risques œnologiques parmi la microflore indigène méditerranéenne. Cette fréquence est la première justification de la stratégie de maîtrise de la fermentation à partir de levures œnologiques sélectionnées.

2 Connaître et utiliser les potentialités compétitives des levures œnologiques sélectionnées

Face à une population indigène qui ne peut pas être connue en temps réel pour chaque cuve, il est important d'apporter une population levurienne sélectionnée dans de bonnes conditions de compétitivité.

Différents éléments influent sur cette compétitivité. Le premier élément est la quantité de levures vivantes dans la préparation commerciale de levures : elle dépend de la qualité du travail industriel du levurier et de la qualité de la réhydratation des levures sèches actives. Le deuxième élément est l'état physiologique des cellules de la population après réhydratation. Cet état influe sur le délai après lequel les cellules de levures vont commencer à se multiplier réellement : c'est ce qu'on appelle la phase de latence. Plus ce délai est court et plus vite les levures sélectionnées entrent en compétition avec les levures indigènes. Ce délai dépend de la température du jus, de l'état nutritionnel de la levure avant son séchage (c'est le savoir-faire industriel du levurier), et de la qualité de la réhydratation. Tout ce qui précède est valable pour toutes les levures sélectionnées. Un troisième élément important est la compétitivité propre à chaque levure œnologique sélectionnée. Un test simple, mis au point à l'I.C.V. (8), permet d'évaluer cette compétitivité. Un jus méditerranéen sulfité selon les bonnes pratiques de vinification est ensemencé avec la même quantité de levures sèches actives des deux levures sélectionnées que l'on veut comparer. On mesure ensuite la présence de l'une et l'autre levure au cours de la fermentation. Dans le test utilisé pour le tableau 1, la levure œnologique sélectionnée I.C.V. K1 Marquée, est la levure de référence (notée A).

Tableau 1- Evaluation rapide de la compétitivité de différentes levures œnologiques sélectionnées en conditions méditerranéennes (8,9).

Levures inoculées ensemble (5 g/hl de chaque levure sèche)	% de chaque levure au moment du levurage	% de chaque levure en fin de phase de croissance cellulaire	% de chaque levure en fin de phase stationnaire
Levure A (killer)/ Levure S (sensible)	50 %/50 %	100 %/0 %	100 %/0 %
Levure A (killer)/ Levure B (killer)	50 %/50 %	65 %/35 %	65 %/35 %
Levure A (killer)/ Levure C (killer)	50 %/50 %	95 %/5 %	95 %/5 %
Levure A (killer)/ Levure D (neutre)	50 % /50 %	30 %/70 %	30 %/70 %

Légende : le premier pourcentage dans chaque case est celui de la levure A

Ce tableau confirme que la plupart des phénomènes compétitifs entre les *Saccharomyces* ont lieu pendant la phase de croissance. Elle est d'environ 2 jours dans les conditions de température du test. Les équilibres évoluent peu pendant la phase stationnaire.

Dans ces essais, on a 4 cas de figures classiques qui ont des répercussions pratiques en cave.

La levure killer ICV K1 Marquée, est notée A, la levure Levuline BRG sensible est notée S.

Le premier cas met en compétition une population killer (levure A) et une population sensible (levure S), à niveau initial égal : les cellules sensibles sont tuées pendant la phase de croissance. La levure killer domine totalement le milieu pendant toute la fermentation. Dans la pratique, si on inocule une levure sensible sur une population indigène de niveau quantitatif équivalent, la levure sélectionnée sensible est totalement et rapidement éliminée du milieu. Ses cellules en mourant ne servent que de nutriment à la population indigène ! Rappel : sur la figure 3, il a été montré que les levures indigènes sont majoritairement killer en zone méditerranéenne.

Le deuxième cas met en compétition deux populations killer (Levure A et ICV D47, cette dernière sera notée B), à niveau initial égal : les deux populations restent toutes les deux dans le milieu et participeront toutes les deux aux résultats œnologiques de la fermentation. Ces deux levures œnologiques ont des aptitudes compétitives proches pour s'approprier les nutriments de ce jus. Dans la pratique, si on inocule une levure sélectionnée killer sur une population indigène de niveau quantitatif équivalent, la levure sélectionnée pourra rester dans le milieu, mais son implantation totale n'est pas garantie pour autant. D'un point de vue pratique, le facteur killer d'une levure sélectionnée est une défense contre les levures indigènes. Ce n'est pas un outil automatique de domination : les levures indigènes sont majoritairement killer (figure 3), et ne sont donc pas affectées directement par ce mécanisme compétitif. Entre deux levures killer, la compétition se fait sur la relation entre les niveaux de population et l'adaptation aux conditions physico-chimiques et nutritionnelles du milieu.

Le troisième cas met en compétition deux populations killer (Levure A et L2056, cette dernière sera notée C), à niveau initial égal : une des levures élimine quasiment l'autre. Les résultats œnologiques de la fermentation lui seront imputables. Ces deux levures œnologiques ont des aptitudes compétitives différentes pour s'approprier les nutriments de ce jus. Le facteur killer n'intervenant pas dans la compétition entre ces 2 populations également killer, c'est l'adaptation au milieu qui a déterminé l'équilibre entre les 2 populations. Dans la pratique, si on inocule la deuxième levure sélectionnée killer sur une population indigène killer de la qualité de la première levure de l'essai, à un niveau quantitatif équivalent, elle risque d'être éliminée quasiment du milieu. Ce cas de figure démontre que l'utilisation d'une levure sélectionnée killer ne dispense absolument pas de respecter les bonnes pratiques du levurage : dose de levures sèches apportée et maîtrise du niveau quantitatif de la microflore indigène.

Le quatrième cas de figure met en compétition une levure killer (Levure A) et une levure neutre (ICV D254, notée D). On retrouve globalement le deuxième cas de figure. La levure neutre n'est pas affectée par le facteur killer et elle présente une compétitivité équivalente, voire légèrement supérieure. Ses cellules sont majoritaires dans la population vivante tout au long de la fermentation.

Ce cas démontre à nouveau l'importance du début de la phase de croissance dans les phénomènes de compétition entre les levures. C'est logique : c'est la phase la plus active de colonisation du milieu et les basculements d'une population vers l'autre sont plus intenses. La levure D est bien connue pour fermenter plus lentement les sucres que la levure A pendant la fin de la phase de croissance et pendant la phase stationnaire. Or, légèrement dominante en fin de phase de croissance, elle conserve sa domination en terme de population, bien que son activité fermentaire soit plus lente. Dans la pratique, ceci veut dire que

si l'on n'a pas maîtrisé parfaitement le levurage et son environnement technique, on a peu de chance de voir sa levure sélectionnée s'imposer pour mener la fermentation de façon majoritaire, même si on utilise une levure très résistante à l'éthanol final.

3 Mettre au point et valider une technique d'inoculation adaptée aux conditions industrielles des caves

À partir de ces essais comparatifs entre levures sélectionnées et la connaissance des caractères principaux de la microflore indigène, on a pu proposer des techniques d'inoculation réalistes vis-à-vis des contraintes industrielles des caves.

Le projet vital d'une population levurienne sélectionnée n'est pas de faire plaisir au vinificateur ou répondre à certaines attentes anthropomorphiques. C'est de coloniser le milieu en éliminant ses concurrents pour ce biotope. Comme l'ont montré tous les tests comparatifs, pour implanter une population levurienne sélectionnée et permettre à cette population de gagner sa guerre biologique pour l'écosystème à conquérir, il faut respecter toutes les conditions ci-dessous.

3.1- Un nombre suffisant de cellules sélectionnées vivantes et en bon état physiologique. (Facteurs clés : la dose de levures sèches, la qualité de la production industrielle, le respect des bonnes pratiques de réhydratation).

Ce nombre est à adapter en fonction de la population indigène prévisible, des conditions de croissance dans le jus (sucres, azote assimilable, température, facteurs de survie anaérobie et acides gras polyinsaturés, SO₂), des conditions de fermentation active (éthanol, nutriments, oxygène, température, etc.). Plus les conditions de croissance et de fermentation sont difficiles et plus le nombre de cellules à apporter doit être élevé ; jusqu'à un maximum de 15 à 20 millions de levures par millilitre, soit environ 50 g/hl. (tableaux 2a et 2b). En effet, quand une levure se multiplie en conditions difficiles, certains constituants se diluent de générations en générations sans que les cellules nouvelles puissent les re-synthétiser. En limitant le nombre de générations, on augmente les chances de cette population d'avoir un niveau suffisant en facteurs de résistance aux conditions difficiles du milieu. On limite ainsi les risques de problèmes fermentaires.

Tableau 2a- Dose de levures sèches actives en fonction des conditions de croissance et de fermentation. Vinification en rouge. (Levurage direct avec les bonnes pratiques de réhydratation et apport des levures dès le début du remplissage de la cuve).

	Dose de levurage avec une levure connue pour sa bonne compétitivité	Dose de levurage avec une levure de compétitivité inconnue ou de compétitivité faible
Conditions assez faciles de fermentation : Degré potentiel < 13 % vol. + Température maximale < 28°C + Oxygénation de tout le jus vers 1060 + Jus riche en azote assimilable, ou apport de nutriments complets. Bonnes pratiques d'hygiène de récolte et de cave.		
Première semaine de vendange	10 g/hl	15 à 20 g/hl
Deuxième semaine de vendange	15 g/hl	20 g/hl
Troisième semaine de vendange	25 g/hl	30 g/hl
Conditions difficiles de fermentation : Degré potentiel > 13 % vol. ou température maximale > 28°C ou pas d'oxygénation de tout le jus vers 1060 ou jus pauvre en azote assimilable et pas d'apport de nutriments complets. Bonnes pratiques d'hygiène de récolte et de cave.		
Première semaine de vendange	20 g/hl	25 g/hl
Deuxième semaine de vendange	20 g/hl	25 g/hl
Troisième semaine de vendange	25 g/hl	30 g/hl

Tableau 2b- Dose de levures sèches actives en fonction des conditions de croissance et de fermentation. Vinification en blanc ou rosé. Levurage direct avec les bonnes pratiques de réhydratation et apport des levures dès le début du remplissage de la cuve.

	Dose de levurage avec une levure connue pour sa bonne compétitivité	Dose de levurage avec une levure de compétitivité inconnue ou de compétitivité faible
Conditions assez faciles de fermentation : Degré potentiel < 12,5 % vol. + Apport de facteurs de survie anaérobie (flocons pectiques ou levures inactivées) + Température entre 17° et 19°C + Oxygénation de tout le jus vers 1060 + Jus riche en azote assimilable, ou apport de nutriments complets. Bonnes pratiques d'hygiène de récolte et de cave.		
Première semaine de vendange	20 g/hl	25 g/hl
Deuxième semaine de vendange	25 g/hl	30 g/hl
Troisième semaine de vendange	30 g/hl	40 g/hl
Conditions difficiles de fermentation : Degré potentiel > 13 % vol. ou pas d'apport de facteurs de survie anaérobie ou température < 16°C ou pas d'oxygénation de tout le jus vers 1060 ou jus pauvre en azote assimilable et pas d'apport de nutriments complets. Bonnes pratiques d'hygiène de récolte et de cave.		
Première semaine de vendange	30 g/hl	30 g/hl
Deuxième semaine de vendange	30 g/hl	30 g/hl
Troisième semaine de vendange	30 g/hl	40 g/hl

3.2- Un nombre suffisamment bas de levures indigènes

Le nombre limite de levures indigènes pour réussir le levurage dépend de tous les paramètres ci-dessus. C'est le concept de ratio d'inoculation défini plus loin dans cet article. La meilleure maîtrise est l'hygiène des matériels de récolte et de cave. Plus les vendanges progressent et plus le risque est élevé d'avoir un niveau critique de population indigène (10). Un autre facteur clé est le délai que l'on laisse à la microflore pour se développer dans les raisins ou le jus. Les figures 5a et 5b (10) illustrent les différences d'efficacité du levurage qui peuvent en résulter.

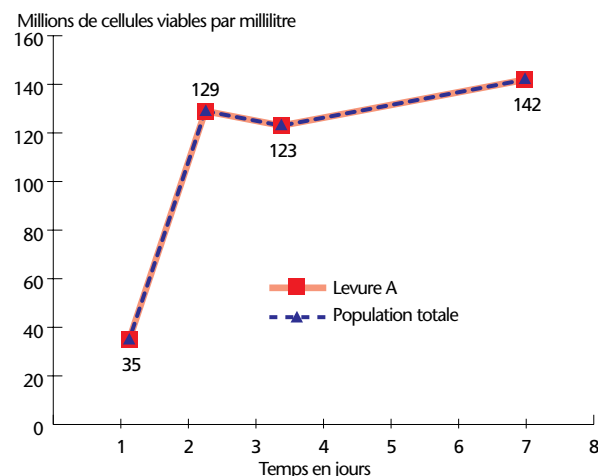


Figure 5a- Efficacité du levurage direct en vinification en rouge. Apport des levures sèches actives dès le début du remplissage de la cuve.

Dans le cas de la figure 5a on apporte toute la population sélectionnée dès l'apport du premier voyage de raisin. La population sélectionnée s'implante totalement et ce tout au long de la fermentation. Dans le cas de la figure 5b, on attend 36 heures après le début du remplissage pour apporter la même quantité de levures sélectionnées. Dans ce cas, la population sélectionnée ne représente au maximum qu'environ 15 % de la population

levurienne totale, quel que soit le moment de la fermentation. Pendant les 36 heures qui ont précédé le levurage, la population indigène a poursuivi sa croissance et est arrivée à un niveau tel que la population sélectionnée n'était plus en condition de coloniser le milieu.

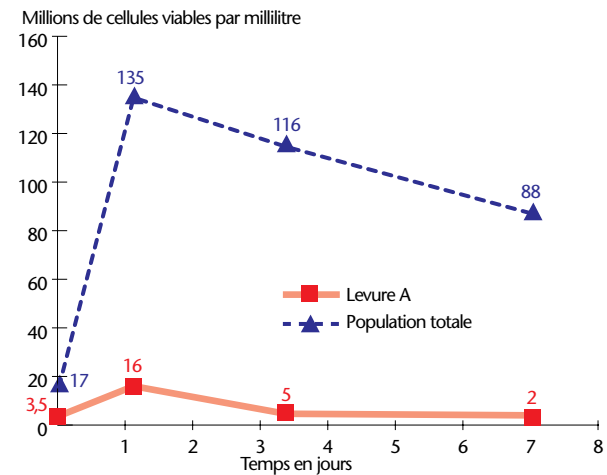


Figure 5b- Efficacité du levurage direct en vinification en rouge. Apport des levures sèches actives 36 heures après le début du remplissage de la cuve.

À 20°C, la population indigène double toutes les 4 heures. En 36 heures, elle a pu faire 9 générations, soit se multiplier par 512 fois ! NB : Dans certaines régions, il est recommandé de levurer une fois que la cuve est pleine lors d'un remontage d'homogénéisation. Une des raisons invoquée est d'éviter de mettre les levures sélectionnées en présence de SO₂ libre pour éviter la production de composés soufrés malodorants. Avec notre expérience de plus de 2000 cuves contrôlées au niveau de l'efficacité du levurage dans la pratique des caves (10), en conditions méditerranéennes cette pratique de levurage tardif est à éviter pour des raisons d'implantation de la population sélectionnée : (figure 5b). Quant au problème éventuel de la production de composés soufrés malodorants, la meilleure prévention est de choisir une levure sélectionnée connue pour en produire peu en présence de SO₂ et en conditions de carence azotée des jus méditerranéens. A l'I.C.V., c'est un des critères prioritaires de sélection des levures œnologiques.

D'un point de vue pratique, on peut proposer les tableaux 2a et 2b. Ils prennent en compte la variabilité des conditions de caves. Ce sont les conditions connues et validées pour minimiser les risques fermentaires.

Si les bonnes pratiques d'hygiène ne sont pas appliquées à la récolte et en cave, augmenter les doses citées dans ces tableaux ne sert pas à grand chose.

La mise en place de bonnes pratiques d'hygiène est l'investissement le plus rentable pour une cave qui veut gérer professionnellement ces risques.

4 Le ratio d'inoculation

À partir des nombreuses expériences de terrain, on peut proposer le concept de ratio d'inoculation. C'est le rapport de population entre les cellules sélectionnées et les cellules de levures indigènes. C'est un concept de réflexion expérimentale. Ce n'est pas un outil opérationnel de travail de vinification. En effet, le seul élément connu du rapport est le niveau de population sélectionné. La population indigène vivante n'est pas connue en temps réel en cave. Les outils pratiques sont les tableaux 2a et 2b ci-dessus. La figure 6 (10) donne l'efficacité probable de différents ratios d'inoculation dans les conditions méditerranéennes, en prenant trois exemples de levures sélectionnées avec des compétitivités différentes.

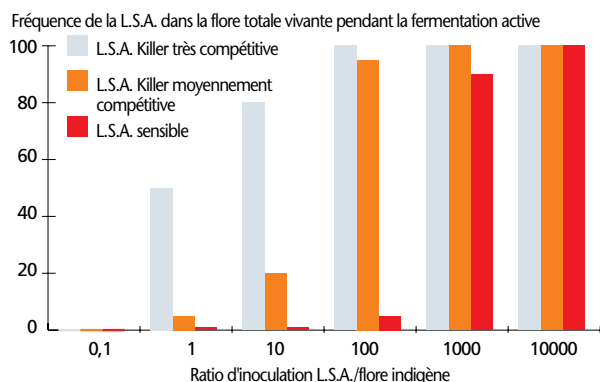


Figure 6- Efficacité de différents ratios d'inoculation en conditions méditerranéennes

Le concept du ratio d'inoculation a l'avantage d'attirer l'attention sur les effets possibles de différents rapports entre levures sélectionnées et levures indigènes. Il rappelle aussi que la maîtrise de la microflore indigène est le levier le plus efficace : en effet, les variations des doses de levurage sont relativement faibles (de 1 à 5 environ).

5 Valider les techniques de levurage en conditions industrielles

De 1987 à 1989, grâce à la facilité d'identification de la levure A, l'I.C.V. a fait plus de 2000 mesures dans des jus en fermentation dans des caves méditerranéennes.

À partir de ces résultats on a pu définir arbitrairement trois classes d'efficacité du levurage :

- Levurage efficace : plus de 80 % de la levure sélectionnée dans la population vivante en pleine fermentation.
- Levurage moyennement efficace : entre 50 % et 80 % de la levure sélectionnée dans la population vivante en pleine fermentation.
- Levurage inefficace : moins de 50 % de la levure sélectionnée dans la population vivante en pleine fermentation.

Dans la figure 7 (11), et les figures 8 et 9 (10) des résultats d'enquêtes de terrain sont présentés.

Certaines techniques ont montré leurs limites dans la pratique industrielle : c'est le cas du "pied de cuve" avec repiquage de cuve à cuve, comme le montre la figure 7 dans le cas de la vinification en rouge, pendant les vendanges 1987.

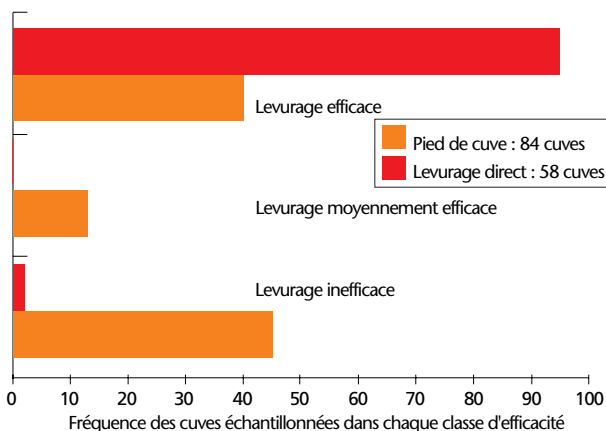


Figure 7- Efficacité d'une technique de levurage en conditions industrielles. Comparaison entre levurage direct et pied de cuve : 142 cuves différentes dans 40 caves, vinification en rouge.

Près de 50 % des cuves analysées ont montré que le levurage avait été inefficace. Dans la même enquête, le levurage direct a montré son efficacité en toutes situations de cave : 98 % de cuves échantillonnées (figure 7). A partir de ces résultats, l'I.C.V. a pu présenter des indicateurs mesurés de risques aux caves qui pratiquaient des pieds de cuve.

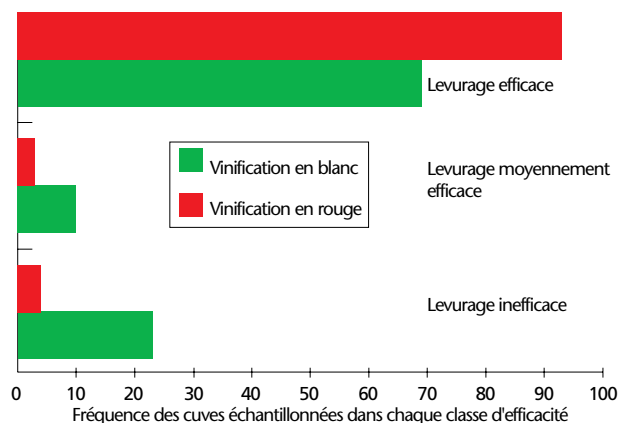


Figure 8- Efficacité de levurage technique en conditions industrielles. Comparaison entre la vinification en blanc et la vinification en rouge. 298 cuves différentes dans 119 caves.

Il a été montré aussi que la vinification en blanc ne permettait pas de maîtriser facilement la microflore indigène, contrairement à beaucoup d'idées reçues à l'époque. Sur plusieurs centaines de cuves, en 1988, la figure 8 montre que seulement 70 % des levurages directs sont efficaces en blanc, au lieu de 90 % de levurages efficaces en rouge. Ces résultats ont particulièrement surpris les vinificateurs qui pensaient que le débordage éliminait la plupart des levures. En fait, le grand nombre de manipulations des raisins puis des jus contaminent les jus. Ensuite, le froid et le débordage ne bloquent et n'éliminent pas suffisamment cette microflore indigène. La figure 9 montre bien que la plus faible fréquence de levurages efficaces en blanc est due à un problème d'hygiène. Si on décompose les cuves de l'enquête en deux groupes, les cuves échantillonnées en début de vendanges (première semaine) et les cuves échantillonnées en fin de vendanges (troisième semaine) on a deux fréquences nettement différentes de levurages efficaces. Pendant la première semaine, les levurages efficaces sont aussi nombreux qu'en vinification en rouge. Pendant la troisième semaine de vendanges, quand la microflore indigène augmente dans les caves, la fréquence des levurages efficaces est du même ordre qu'avec les pieds de cuves de l'enquête de 1987 (figure 7). La population apportée par 10 g/hl de levures sèches ne suffit plus pour dominer quasiment à coup sûr la microflore indigène.

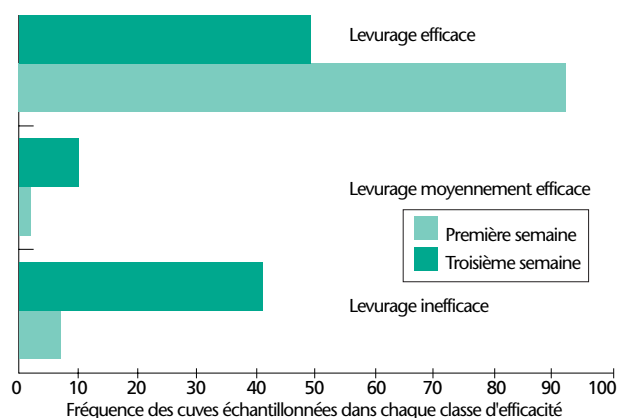


Figure 9- Efficacité du levurage direct en blanc. Comparaison entre la première et la 3^{ème} semaine de vendanges.

C'est à partir de ces enquêtes et d'autres essais de compétitivité des levures sélectionnées qu'on a pu établir des tableaux de recommandations pratiques comme les tableaux 2a et 2b.

Des confirmations expérimentales en cave viennent régulièrement valider ces recommandations et les faire évoluer.

La figure 10 (12) valide en cave la recommandation d'augmenter la dose de levurage à 25 g/hl en fin de vendanges, en vinification en rouge. Pour assurer réellement une bonne implantation de la levure sélectionnée, cette augmentation a été nécessaire

dans une cave appliquant de bonnes pratiques d'hygiène et en conditions assez faciles de fermentations (comme définies dans le tableau 2a).

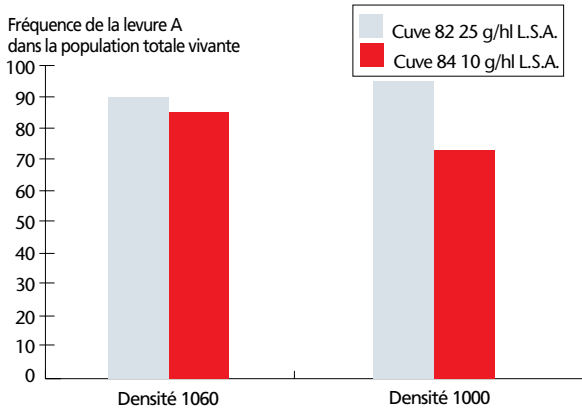


Figure 10- Effet de la dose d'inoculation sur l'efficacité du levurage direct en conditions industrielles. Vinification en rouge.

Avec le levurage direct à 25 g/hl, la levure sélectionnée reste à un niveau acceptable tout au long de la fermentation : respectivement 90 et 95 % de la population vivante. Dans les mêmes conditions, avec une assez forte pression concurrentielle de la microflore indigène, la population apportée par 10 g/hl permet d'avoir seulement un levurage moyennement efficace : 85 % d'implantation en début de fermentation, mais seulement 73 % en fin de fermentation.

CONCLUSION

Tout vinificateur doit connaître précisément les coûts directs et avoir des informations scientifiques sur les risques possibles de non-qualité avant de mettre en œuvre une technique dans un processus complet de vinification.

Le levurage direct avec une levure sélectionnée répond complètement à ces attentes professionnelles. C'est aussi un des points clés de la maîtrise complète de la fermentation alcoolique.

Depuis de nombreuses années, des résultats expérimentaux de terrain ont permis de proposer puis de valider des

procédures simples de mise en œuvre adaptée aux différentes situations industrielles de vinification et de fermentation : vinification en rouge, vinification par macération carbonique, vinification continue, thermovinification, flash détente, vinification en blanc ou en rosé, vinification de VDN ou de vins naturellement doux.

Dans le cadre d'une œnologie méditerranéenne, pratique et basée sur des résultats scientifiques, cette procédure prend sa pleine efficacité dans les caves qui cherchent à maîtriser le plus complètement leurs vinifications pour satisfaire les différents segments des marchés de consommation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) I.C.V., 1995a Etude expérimentale de la variabilité de la fermentescibilité des moûts. Compte rendu CPER LR. Vendanges 1995.
- (2) DELTEIL D., 1998a. Revue Française d'œnologie, 173 : 34-36.
- (3) I.C.V., 1995b. Transfert d'oxygène à une cuve de fermentation au stade industriel. Compte rendu CPER LR. Vendanges 1994.
- (4) I.C.V., 1998. Etude expérimentale des nouveaux process mis en œuvre en Languedoc Roussillon sur les cépages Merlot, Chardonnay et Sauvignon. Compte rendu CPER LR. Vendanges 1997.
- (5) DELTEIL D., 2000. Guide de la vinification rhodanienne, 4 : 25-26.
- (6) DELTEIL D. et PINEAU J., 1985. L'Enotecnico, 10 : 925-926.
- (7) DELTEIL D., 1994. Viti, 190 : 43-46.
- (8) DELTEIL D., 1989. Le levurage en œnologie, Cevilar, Lattes.
- (9) DELTEIL D., 1996. Document de séminaire interne du 16 juin, I.C.V., Lattes.
- (10) DELTEIL D., 1992. Vignevisi, 9 : 35-38.
- (11) DELTEIL D. et AIZAC T., 1988. Australian Wine Industry Journal, november : 53-56
- (12) DELTEIL D., 1998b. Flash Infos Vendanges n°9, document interne I.C.V., Lattes, 1-3.

