

Vinifications : principales opérations unitaires communes

Dominique DELTEIL, ICV, La Jasse de Maurin, 34 970 Lattes, France

Texte publié dans :

Oenologie, fondements scientifiques et technologiques, C. Flanzky coordonnateur. Tec Doc Lavoisier, Paris, 1998.

Référence bibliographique qui doit être citée pour toute utilisation d'extraits de ce document :
ASSELIN C. et DELTEIL D. (1998). *Vinifications : principales opérations unitaires communes.* In : *Oenologie, fondements scientifiques et technologiques, C. Flanzky coordonnateur. Tec Doc Lavoisier, Paris, 669-716.*

Préambule

Ce chapitre concerne les techniques communes aux différentes vinifications : la récolte, le transport des raisins, le tri des raisins, la réception, le sulfitage, l'enzymage, les transferts des raisins en cave, le levurage, l'éraflage, le foulage, le pressurage, les transferts des liquides (jus et vins).

Les chapitres suivants traiteront des différentes vinifications, vinification par vinification, et donc des éventuels objectifs particuliers et des spécificités d'utilisation des opérations communes.

En conséquence, pour limiter les redites et les doublons avec les différents chapitres à venir, pour rester général sans être vague, dans le chapitre présent nous abordons chaque action technologique selon un plan qui s'inspire de la méthodologie de diagnostic d'entreprise. Notre but est de donner un guide général de réflexion dont pourra s'inspirer par exemple un responsable d'entreprise pour une création de cave, ou pour faire un diagnostic d'ensemble de sa technologie.

De nombreux points abordés sont des points de simple logique. Certains peuvent les juger comme des évidences qu'un tel ouvrage ne devrait pas rappeler, des évidences que tout concepteur de cave ou de schéma technologique prend en compte.

Nous prenons le parti de les rappeler. En effet, à l'échelle française et mondiale, la très grande majorité des caves n'ont pas été conçues par rapport à un vin à élaborer et par rapport à un environnement économique et technique global. La plupart des caves sont aujourd'hui le résultat d'ajustements progressifs, de rénovations et de remplacements unitaires. La plupart de ces évolutions ne se sont pas faites avec une vision stratégiquement préparée et mûrie. Dans certains cas on constate même des dysfonctionnements parce que certains éléments de la chaîne ont été mis en place selon une certaine logique, et d'autres éléments selon une autre logique.

La plupart des lecteurs ont ou auront donc à travailler avec des outils issus de ce type d'évolution. Le rappel de certaines évidences ne nous paraît donc pas superflu, bien au contraire.

Nous segmentons le développement de chaque opération unitaire commune selon trois parties.

- D'abord nous rappelons les fonctions de chaque opération technique, et les missions à remplir pour assurer ces fonctions.
- Ensuite, nous analysons les impacts, les risques, ou au contraire les développements que la technique unitaire peut produire. Cette analyse se fait selon deux axes : le style du vin d'une part, et la productivité de fonctionnement d'autre part. En effet, le vinificateur doit prendre en compte ces deux axes de travail, à leur juste niveau. Ceci est valable lorsqu'il s'agit d'élaborer une cuvée de très haut de gamme à quelques centaines de bouteilles, ou de produire un lot d'une dizaine de millions de litres.
- Enfin, après ces aspects généraux, nous donnons des points de références en indiquant l'éventail des modalités pratiques de la technique dans différentes régions de France et du monde. En complément de ces références, nous essayons d'analyser les causes principales et la cohérence de la diversité. Avec la diversité des objectifs commerciaux des caves à l'échelle nationale et mondiale, avec la diversité des styles de vins recherchés, il est très logique de trouver une grande diversité de mise en oeuvre des techniques traitées par ce chapitre. Pour ces techniques la diversité n'est pas une hétérogénéité incohérente à l'échelle mondiale.

Beaucoup des opérations unitaires développées dans ce chapitre reposent sur des matériels spécifiques. Ici, nous n'aborderons que les points généraux pour ne pas faire double emploi avec le chapitre spécifique sur le génie œnologique et le matériel.

1 - Les points communs aux différentes opérations unitaires

1.1 - Les frottements, les triturations des raisins

La plupart des opérations exposées ci-dessous impliquent soit le fonctionnement de matériels avec des parties mobiles, soit des mouvements du raisin ou du jus ou du vin.

Dans tous les cas, il faut limiter au maximum les frottements des matériels sur les baies ou les frottements des baies les unes sur les autres. Ces frottements provoquent une translation de la pellicule sur la pulpe. Ceci génère un broyage des cellules sous-pelliculaires et de façon forcée la libération de composés qui directement ou après réaction provoquent des problèmes. Ces problèmes peuvent être de nature qualitative sur le produit, ou de nature économique. Par exemple, pour les problèmes qualitatifs, on peut citer certains acides gras libérés par broyage. En présence d'oxydases et d'air, ces acides gras donnent des composés à six carbones comme l'hexanol et le cis-3-hexenal. Ces composés en C6 sont généralement reconnus comme pouvant provoquer des odeurs herbacées dans le vin. Autre exemple, sur le plan économique : les frottements génèrent la libération de petites particules végétales. Ces particules augmentent significativement le volume de bourbes et de lies, et en conséquence la part relative des sous-produits, ou nécessitent des traitements supplémentaires. Ceci augmente les coûts directs.

Souvent l'éclatement de la baie dû à des pressions radiales, sans frottements, ne présente pas d'aspects négatifs en soit. C'est ce que doit faire un foulage bien fait par exemple. Bien sûr cet éclatement sans frottement ne doit se produire qu'à la place et au moment voulu dans la chaîne technologique.

Dans tous les cas, les opérations unitaires devront respecter l'intégrité des pépins, et des rafles quand elles sont encore présentes. Pour ces parties, ce ne sont pas seulement les frottements qu'il faut éviter, mais aussi tout éclatement et toute coupure. Ceci prend une importance particulière quand on travaille avec des rafles qui ne sont pas lignifiées et des pépins qui ne sont pas à maturité phénolique complète. La rafle, par blessure, libère des sucres végétaux qui peuvent conférer au vin des caractères herbacés prononcés. Ici nous évoquons la libération instantanée de sève ou de sucres vacuolaires de cellules photosynthétiques. Les tanins qu'une rafle intégrale laisse diffuser dans le vin pendant macération ne rentrent pas dans ce cas de figure. Ce point est abordé dans les chapitres sur les vinifications spécifiques.

Au niveau des jus et des vins, le même type de réflexion doit être mené pour analyser la validité d'une opération unitaire. Dans ce cas, ce sont les éventuelles modifications du système colloïdal du jus ou du vin qu'il faut prendre en compte.

1.2 - La gestion des risques de contaminations

Toutes les opérations unitaires devront être analysées aussi selon une analyse du type HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) pour la gestion des risques de contaminations du raisin, du jus ou du vin (*Codex alimentarius*, 1995).

En ce qui concerne la maîtrise des risques de contamination chimique, tous les matériaux en contact avec le raisin ou le vin seront d'abord conformes aux critères des matériaux aptes à un contact alimentaire (Cabanis et Blaise, 1995).

Ensuite, la conception des matériels doit permettre une hygiène complète, aisée et à faible coût pour gérer les risques de contaminations chimiques et biologiques.

Dans la gestion des risques liés au fonctionnement des matériels, il y a bien sûr aussi la gestion de la sécurité des opérateurs. La conformité des matériels et des locaux aux normes existantes en la matière est obligatoire.

1.3 - La gestion des risques économiques

La réussite technique et économique d'une vinification repose sur une chaîne technologique continue et complexe. Cette chaîne technologique repose elle-même sur la mise en oeuvre séquentielle de toute une série de matériels. Or ces matériels fonctionnent de façon très intense, parfois plus de 20 heures par jour, sur une très courte période. La qualité de l'entretien préalable et de l'entretien en cours d'usage est essentielle pour gérer les risques de pannes. Ceci est valable pour tous les éléments de la chaîne. Comme pour toute chaîne, la rupture d'un seul maillon entraîne la rupture de toute la chaîne. Les pannes sont les risques les plus importants pour la productivité d'une telle chaîne.

La cohérence de productivité entre les différents matériels de la chaîne est bien sûr à prendre en compte, en particulier lorsqu'on fait un remplacement d'un matériel unitaire, sans refonte de toute la chaîne.

1.4 - La gestion de la qualité

Chaque opération unitaire doit être gérée selon les principes généraux de l'Assurance Qualité.

Pour chaque opération, on définit des objectifs de travail, avec le plus de précision possible, et avec des indicateurs mesurés en temps réel. Les domaines de compétences et les responsabilités sont clairement définis.

Les indicateurs de gestion de la qualité peuvent concerner le fonctionnement des matériels, ou concerner la matière première travaillée.

Par exemple, en ce qui concerne le sulfitage, la gestion de la qualité se fait par des procédures de contrôles des solutions de SO₂ (fréquence, densité à obtenir, etc.), par des procédures de réglage et d'entretien des sulfidoseurs, en particulier la fréquence de remplacement des joints. Sur la matière première, on définit la fréquence et le type d'analyse des niveaux de SO₂.

Pour les matériels, cette démarche commence par la gestion des achats. Les fournisseurs doivent fournir en particulier les certificats de conformité des matériels aux normes de contact avec des produits alimentaires et aux normes de sécurité. Ils doivent fournir également des procédures opérationnelles précises de nettoyage et de désinfection, des procédures d'entretien, etc. Tous ces éléments sont importants dans le choix des fournisseurs.

Pour chaque matériel en place, on pourra établir une fiche matériel. On définit en particulier les modalités d'entretien préventif, avec la fréquence des interventions de maintenance. On enregistre les informations relatives aux entretiens préventifs et curatifs, aux pannes, etc.

Pour certaines opérations unitaires nous donnerons ci-dessous les indicateurs les plus importants à inclure dans une démarche générale de gestion de la qualité.

2 - La récolte des raisins

C. Asselin

3 - Le transport des raisins

C. Asselin

4 - Le tri des raisins

C. Asselin

5 - La réception des raisins à la cave de vinification

5.1 - Les fonction et les missions

La réception des raisins à la cave se situe par définition à l'interface entre la production viticole et la vinification en cave. Toutefois elle n'est pas toujours la première action de vinification. Rappelons que certaines opérations œnologiques peuvent être menées dès la vigne dans certains cas : le sulfitage par exemple.

Comme son nom l'indique, la réception a pour fonction de recevoir les raisins qui arrivent dans un état "agricole", c'est-à-dire tels que récoltés et transportés, le plus souvent sans autre intervention technologique. Pour remplir cette fonction, les

matériels et l'organisation doivent être adaptés à la fois aux contraintes agricoles et aux contraintes de vinification. Par exemple, la dimension des lots unitaires de raisins livrés peut varier de 15 kilos pour les cagettes de récolte manuelle à 30 tonnes pour des camions semi-remorque. La trémie où ces raisins sont transférés doit être adaptée. De très nombreuses adaptations existent.

La réception correspond souvent à un transfert de propriété du raisin, du producteur vers la cave. Au niveau mondial, en tonnage, c'est le cas le plus fréquent. Qu'il s'agisse de liens coopératifs ou des liens commerciaux classiques, le producteur de raisins et la cave de vinification sont très souvent deux entreprises distinctes sur le plan juridique. Dans le cas du transfert de propriété, la réception a pour mission de produire des mesures sur lesquels se font les transactions : le poids, et en complément différents indicateurs de qualité, tels que la concentration en sucre, l'état sanitaire etc. Ces mesures doivent être précises et fiables pour limiter les risques de litiges commerciaux.

Ceci explique que dans certains cas on installe des trémies recevant plusieurs tonnes sur des systèmes de pesée précis au kilo près. De telles installations génèrent des contraintes très importantes de coûts et de fonctionnement sans effets sur la vinification. C'est cette mission de transaction commerciale qui l'impose. Dans la conception de tels systèmes, il faudra bien sûr prendre en compte **et** la matière première **et** le produit final. La mission commerciale de la réception ne doit pas perturber les missions technologiques.

5.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

La réception, normalement, ne doit pas influencer sur le style du vin. Sa fonction est de recevoir, pas de transformer. Tous les impacts que cette fonction peut avoir sur le raisin seront donc à gérer en tant que risques.

En dehors des risques généraux de trituration déjà évoqués, un des risques principaux est le temps. En ce qui concerne par exemple les risques d'oxydation, cette opération peut présenter des risques réels. L'outil de réception est très souvent largement ouvert, en plein air, puisqu'il est conçu pour accueillir des transferts depuis un outil agricole. Si le temps de stabulation est significatif, la gestion de la protection contre les oxydations, si elle est voulue, sera très difficile. En effet, la trémie est très largement ouverte pour remplir sa fonction. La matière à protéger est hétérogène (raisins et jus par exemple dans le cas d'une récolte mécanique). Le personnel à ce poste dans les grandes unités n'a pas habituellement de formation de vinification. Des solutions existent, mais à ce stade, elles sont plus difficiles à mettre en oeuvre.

Il existe une autre contrainte liée à la position d'interface de cette opération : la réception est le point de rencontre de nombreuses matières premières objectivement différentes. Il y a donc des risques de transmission de contaminations d'un lot au lot qui suit par la réception elle-même, ou des risques de contamination des lots précédents en aval dans une cuve ou un pressoir par exemple. La réception a une mission de tri de cette variabilité de la matière première pour segmenter les risques de contamination d'un lot à l'autre.

NB : Cette contrainte va au-delà de l'entretien et de l'hygiène normale de la réception pour éviter qu'elle ne devienne elle-même une source de contaminations.

5.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

La variabilité des systèmes de réception est très importante.

Aux extrêmes on peut citer son absence de spécificité matérielle. Par exemple, on peut déverser à la main des cagettes de raisins de 15 kilos dans un éraflor-fouloir posé sur la cuve ou le pressoir. Ici c'est la trémie de l'éraflor qui remplit cette fonction. A l'opposé, dans de grandes caves industrielles, on citera des trémies de plusieurs tonnes de capacité équipées de systèmes de pesées avec une précision au kilo, équipées de systèmes de mesures de la teneur en sucres des raisins, de mesures du pH, de mesures de l'acidité totale, de mesures du taux de laccase de *Botrytis cinerea*, etc.

Dans l'adaptation de la fonction de réception à des vinifications spécifiques, on citera les trémies de réception des raisins pour la macération carbonique. La hauteur de chute des raisins et les prises d'échantillons devront éviter les frottements et les broyages, ou l'éclatement de la baie, mais surtout éviter le détachement de la baie de son pédicelle. Comme solution pratique on peut citer le déversement direct des raisins à partir de leur cagette de récolte et de transport dans la cuve, sur un plan incliné pour que les raisins ne s'abîment pas pendant leur chute. On peut citer également des trémies de faible hauteur et de grande surface, ne permettant pas d'avoir une hauteur de raisins supérieure à 0,40 m. Pour ceci un tapis roulant en fond de trémie permet de répartir au fur et à mesure les raisins sur le fond de la trémie pendant le déversement gravitaire des raisins à partir de leur benne de transport.

Dans le monde, on assiste au développement d'achat de jus, soit bruts de pressurage, soit déjà débourbés. Pour ces intrants dans la chaîne technologique, la réception se résume à un simple branchement de tuyaux. La cave réceptrice transfère ainsi à son fournisseur toute la gestion de la logistique difficile de réception et de manutention des raisins. Ceci provient de stratégies industrielles et commerciales qui consistent à faire supporter à son fournisseur le plus de contraintes possibles. Cela peut provenir aussi de contraintes légales. En Australie par exemple, seuls les jus et les vins peuvent franchir sans quarantaine les frontières des états.

6 - Le sulfitage des raisins, des jus et des vins

6.1 - Les fonction et les missions

La fonction principale du sulfitage est d'apporter une dose précise de SO₂, à l'ensemble du lot de raisin, de jus ou de vin à traiter. Les missions sont toutes celles du SO₂ lui-même. Ces missions générales sont développées dans d'autres parties de cet ouvrage. La formulation du SO₂ utilisé doit répondre aux prescriptions du Codex Oenologique International.

Le sulfitage se prête assez bien à une mise sous Assurance Qualité. Les principaux indicateurs à mesurer ont été listés dans le paragraphe général sur la gestion de la qualité des opérations unitaires.

6.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

Les impacts sur les styles des vins sont multiples, à travers des effets d'extraction, de blocage de réactions d'oxydations en chaîne des jus, des effets de nutriments soufrés pour les levures, etc. Autant d'effets généraux du SO₂ à garder

en mémoire et qui sont développés dans d'autres parties de cet ouvrage. Ces effets sont d'une grande importance pour la plupart des vinifications. De ce fait, la qualité même de l'acte de sulfitage prend toute son importance.

Du fait de la réactivité du SO₂ avec différents éléments du raisin, du jus ou du vin, l'homogénéité rapide du traitement est essentielle. Par exemple, un surdosage local dans la masse provoquera en quelques heures deux types de problèmes : des problèmes d'excès en un lieu, et des problèmes de défaut à un autre. Quand la masse sera homogénéisée plus tard, les deux types de problèmes ne s'annuleront pas. Au contraire, dans bien des cas, ils se cumuleront. Sur une masse de raisins blancs en cours de macération pelliculaire, on peut citer par exemple, des extractions chimiques violentes de composés indésirables stables dans une zone sur-sulfitée, et des oxydations irréversibles de composés aromatiques et gustatifs dans une zone sous-sulfitée. Après homogénéisation éventuelle des raisins, ou dans le jus extrait, on cumulera les deux problèmes, à savoir, des arômes et des goûts indésirables qui ne sont plus compensés par les arômes et les saveurs définitivement perdues par les oxydations.

On privilégie donc toutes les pratiques qui favorisent une répartition directe homogène du SO₂, ou qui favorisent une homogénéisation du milieu sans frottements ou triturations supplémentaires.

Par exemple, pour le sulfitage de la vendange, matière hétérogène par définition, on peut citer, à la vigne, l'ajout de la dose de métabisulfite de potassium pour tout le volume de la trémie de la machine à vendanger au fond de celle-ci. En y tombant normalement, les raisins et le jus commencent un certain brassage et une certaine homogénéisation du métabisulfite. Le versement des raisins et du jus à très fort débit quand la trémie bascule dans la benne de transport ajoute une deuxième homogénéisation. Enfin, le déversement dans la trémie de la réception de la cave participe aussi à l'homogénéité. Il faut noter que cette homogénéisation à la réception est insuffisante en elle-même car elle survient tardivement, c'est-à-dire plusieurs dizaines de minutes après le sulfitage initial.

En ce qui concerne la gestion des risques, il faut rappeler qu'il existe dans l'Union Européenne une teneur maximale en SO₂ total au stade de la consommation. La gestion des risques dus au sulfitage doit prendre en compte cette donnée fondamentale. La précision des doses ajoutées concerne aussi l'aspect réglementaire.

6.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

Dans le monde, la pratique du sulfitage est généralisée. La grande variabilité réside dans sa mise en oeuvre (Heard et Fleet, 1988).

Les principales sources de SO₂ sont les suivantes. Le brûlage de pastilles de soufre pur pour mécher les barriques et les foudres; le métabisulfite de potassium en poudre, en général sur les raisins à la vigne ou à la réception; les solutions de SO₂ gazeux dans de l'eau préparées en cave, les solutions commerciales, en général à 18% de SO₂; le SO₂ gazeux en bouteilles sous pression, de 1 à 50 kilogrammes.

Les techniques d'apport sont également très variées. On peut citer le saupoudrage de métabisulfite de potassium en poudre sur les raisins, la pulvérisation de solution liquide sur les raisins au moyen d'arrosoir, l'injection volumétrique de solution liquide avec des pompes injectrices asservies à des pompes à vendanges, l'injection de gaz. L'injection de gaz se fait soit directement

pour des volumes assez faibles de jus ou de vin, soit avec un gaz neutre porteur et vecteur de brassage pour des grands volumes de liquide.

Comme autre forme de variabilité du sulfitage on peut citer le nombre d'apport pour une même vinification, avec les mêmes objectifs.

Par exemple, en vinification en blanc, pour les processus recherchant la protection des raisins et des jus contre les oxydations par le SO_2 , on peut citer deux options de travail pratiquées aujourd'hui. Pour ces vinifications en blanc, l'objectif est de maintenir un certain niveau de SO_2 dans la masse des raisins tout au long des premières étapes de la vinification. (Nous ne discutons pas dans ce chapitre du bien fondé d'une telle vinification. Nous analysons seulement les pratiques de sulfitage qui s'y rattachent)

Certains vinificateurs, pour essayer de remplir cette mission, prennent la voie d'un sulfitage initial élevé a priori unique, d'environ 8 grammes de SO_2 par quintal de raisins frais. Ce sulfitage est fait à la réception. Une vérification du niveau de SO_2 total se fait ensuite dans le jus extrait. Des ajustements sur le jus brut se font éventuellement en fonction du résultat de la mesure.

D'autres vinificateurs prennent la voie de sulfitages répétés à faible dose sur les raisins.

Cette pratique du sulfitage répété se base sur des observations de terrain. On constate que chaque opération unitaire d'égouttage ou de pressurage provoque un lessivage presque total du SO_2 . Le jus interstitiel est extrait, et pendant son drainage à travers les parties solides, il lessive le SO_2 qui pourrait se trouver encore sur celles-ci. Quand on passe à l'étape suivante d'extraction sans re-sulfitier, le jus extrait alors n'aura plus une teneur en SO_2 suffisante pour bloquer en son sein les réactions d'oxydation en chaînes. Ces réactions se produisent pratiquement déjà dans les drains des pressoirs, même quand il s'agit de pressoirs à cage fermée. Plus on avance vers l'assèchement de la vendange, et plus les jus sont riches en composés facilement oxydables. Ce sont ces jus qui ont le plus besoin de SO_2 dans une stratégie de protection contre les oxydations. Ceci a été montré par des mesures, et surtout des vinifications séparées des différentes fractions de jus.

On peut citer des pratiques qui consistent à sulfitier quatre fois les raisins blancs pendant les phases préfermentaires quand on assemble directement le jus d'égouttage et les jus des deux premières pressées. Les doses unitaires sont faibles : environ 2 grammes par quintal de poids estimé de raisin frais ou égoutté. Concrètement les quatre sulfitages se font de la façon suivante : une première fois à la vigne pendant la récolte mécanique, une deuxième fois à la trémie de réception, une troisième fois à la sortie de la cuve d'égouttage statique, une quatrième fois entre le premier et le deuxième cycle de pressurage.

Pour les vinificateurs qui la pratiquent, cette technique présente différents avantages. Du point de vue quantitatif, la quantité totale de SO_2 apportée est inférieure à la première option citée. Par exemple, le dernier sulfitage se fait sur moins de 50% du poids initial de raisin. Globalement on ajoute entre 5 et 6 grammes de SO_2 par quintal de raisins frais mis en oeuvre à la réception. Du point de vue qualitatif, chaque fraction de jus s'écoule avec un certain niveau de SO_2 , et il n'y pas les extractions chimiques violentes qu'une dose plus élevée peut provoquer sur les parties solides. Enfin par rapport au vin élaboré, les objectifs de la protection contre les oxydations sont mieux atteints. La limitation des sensations d'agressivité et de

sécheresse dans le jus puis le vin sont des objectifs prioritaires pour des cépages comme le Sauvignon blanc, le Viognier, ou les Muscat.

Cette fragmentation du sulfitage à différentes étapes multiplie aussi les contraintes de réalisation. Il est en effet difficile de doser précisément de faibles quantités de SO₂ sur des quantités de raisins diminuant au fur et à mesure de l'assèchement. D'autre part, il est difficile de répartir le SO₂ dans la masse, ou même sur la surface du raisin dans certains pressoirs.

Cet exemple illustre bien qu'aujourd'hui le sulfitage se gère sur d'autres aspects que la dose et l'homogénéité. La diversité des besoins des entreprises de vinification est la source des adaptations personnalisées des techniques.

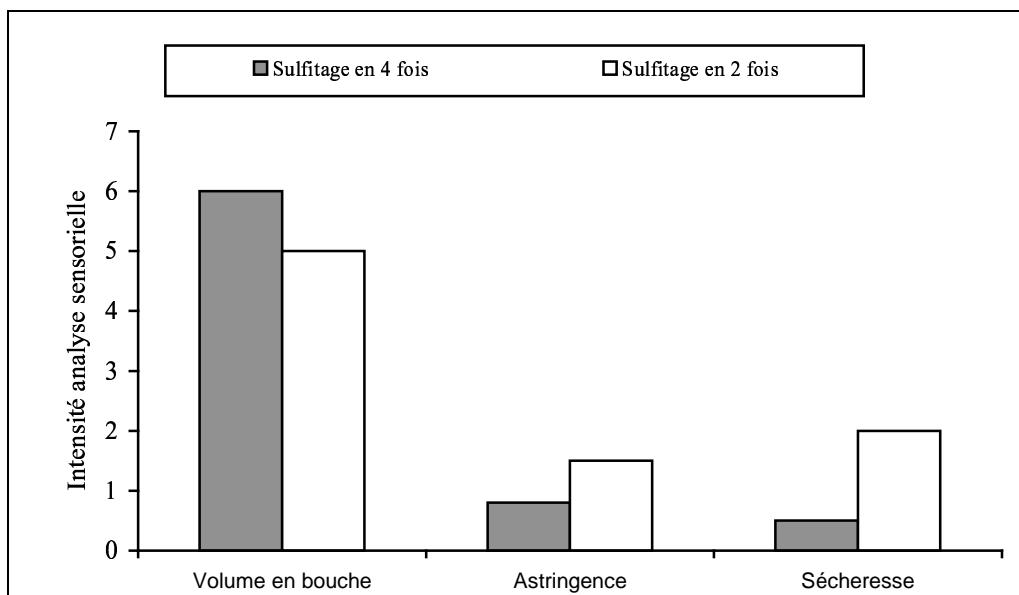


Figure 1

Effet du fractionnement du sulfitage pendant les phases préfermentaires sur le style gustatif d'un vin de Sauvignon blanc. Languedoc. Recherches ICV 1996.

Sulfitage en 4 fois : 1.réception (2 g/hl), 2.remplissage du pressoir (1 g/hl), 3.entre les deux premiers cycles (1 g/hl), 4.jus pressé (4 g/hl).

Sulfitage en 2 fois : 1.réception (4 g/hl), 2.jus pressé (4 g/hl)

7 - L'enzymage des raisins, des jus et des vins

7.1 - Les fonction et les missions

La fonction principale de l'enzymage est d'apporter une dose précise d'une préparation industrielle d'enzymes, à l'ensemble du lot de raisin, de jus ou de vin à traiter. Les missions sont toutes celles des enzymes elles-mêmes. Ces missions générales, et les contraintes légales d'emploi sont développées dans d'autres parties de cet ouvrage.

Pour mémoire, on peut lister des missions d'optimisation de rendement en jus, des missions d'optimisation de débit de matériels tels que centrifugeuses et filtres, des missions d'optimisation de débouillage statique de jus et de vins, des missions d'optimisation des profils aromatiques et gustatifs des vins (Delteil, 1995).

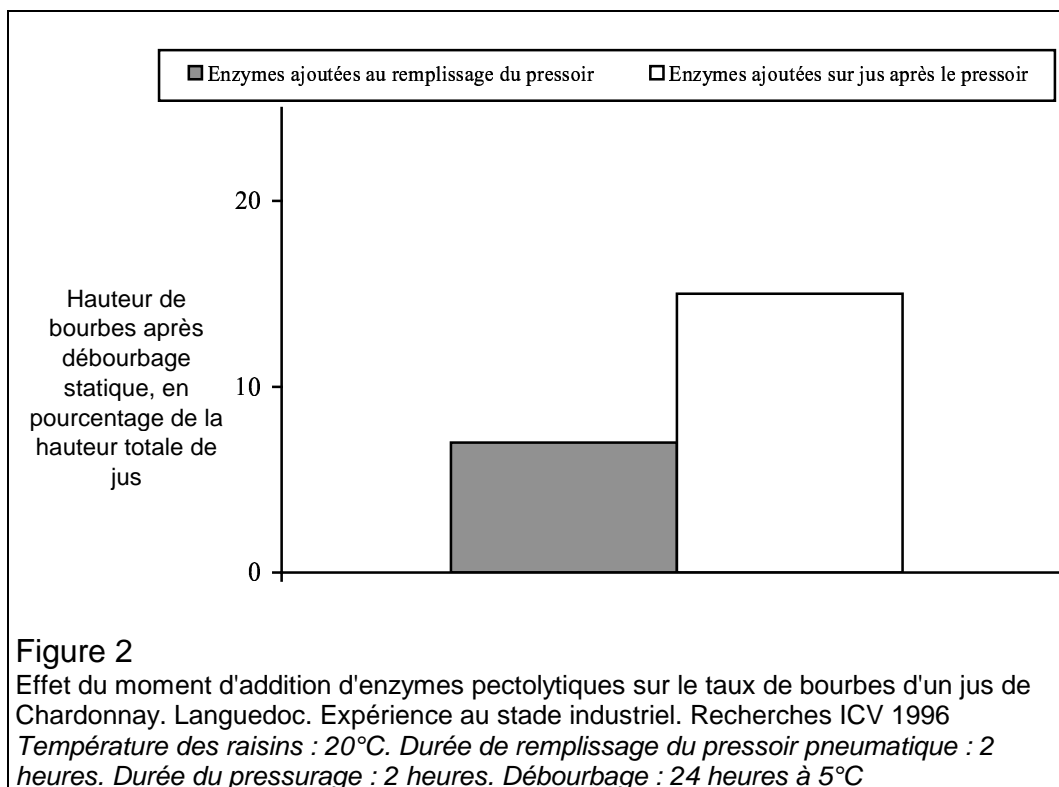
7.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

Les impacts sur les styles des vins sont de deux types.

–D'une part, on peut citer les actions directes recherchées, comme les actions de certaines glycosidases sur des liaisons entre des sucres et des molécules potentiellement aromatiques (terpènes, composés nor-isoprénoïques, etc.) ou les actions de certaines hémi-cellulases sur des liaisons entre des polysaccharides et certains polyphénols extracellulaires.

–D'autre part, il y a toutes les actions indirectes qui découlent des différentes hydrolyses de polysaccharides. Toutes les modifications au niveau de la structure des cellules de raisins ou au niveau de la structure colloïdale du jus ou du vin, ont une influence sur les différentes cinétiques de diffusion, de réaction, de polymérisation, de précipitation, etc. Dans les actions indirectes, on peut citer certaines préparations enzymatiques pectolytiques ajoutées sur les raisins frais qui augmentent la stabilité des composés phénoliques colorés des vins rouges. Ces enzymes n'ont pas d'action directe connue sur ces composés phénoliques eux-mêmes. A partir de l'hydrolyse des parois cellulaires, les modifications des cinétiques de diffusion des anthocyanes et des tanins vers la phase liquide aboutissent à des complexes différents et plus stables.

Les impacts de certaines préparations enzymatiques sur la productivité de certaines chaînes technologiques peuvent être spectaculaires. Dans la pratique, on peut citer des gains de 5 à 15% sur le volume des jus de première pressée, à pression égale. On peut citer aussi des diminutions de hauteurs de bourbes de 50% dans des débourbages statiques (passer de 15% à 7% de bourbes). En ce qui concerne des débits de centrifugeuse ou de filtre, on peut mesurer des gains de 20 à 50%.



Dans tous les cas, comme les enzymes ne font que catalyser des réactions à partir de composés existants dans le raisin, le jus ou le vin, l'amplitude des résultats dépend avant tout de la matière première traitée.

Dans la gestion des risques, on peut citer trois cas.

–Le premier risque est le même pour toutes les substances ajoutées au raisin, au jus ou au vin. Il s'agit d'abord de sa parfaite conformité aux Codex Oenologiques International. Pour renforcer la sécurité sur ce point, certaines entreprises productrices ne mettent en oeuvre que des ingrédients de qualité alimentaire pour la culture des champignons filamenteux qui produisent les préparations enzymatiques destinées à l'œnologie. Ceci n'est pas forcément généralisé. On ne peut que le regretter.

–Le deuxième risque est un risque de pureté technique des préparations. Les enzymes industrielles sont des préparations qui contiennent différentes activités enzymatiques. La stratégie de production des enzymes œnologiques est d'abord de piloter la croissance du champignon filamenteux pour qu'il produise l'équilibre voulu d'activités intéressantes. Ensuite, on purifie la préparation en éliminant les activités négatives connues pour l'application. Par exemple, les activités oxydases sont éliminées des préparations pour l'œnologie. La qualité du travail de production et du travail de purification limite ce que nous avons appelé les risques d'impureté technique.

Cette stratégie est la seule possible aujourd'hui. En effet, les purifications subies par les préparations utilisées dans les analyses enzymatiques ont un coût extrêmement élevé. Pour ces préparations, on ne conserve qu'une seule activité enzymatique. Ces techniques sont inaccessibles pour des enzymes à usage industriel.

De même, sur le plan théorique et pratique, il serait possible de ne faire produire qu'une seule activité ciblée par un Organisme Génétiquement Modifié (O.G.M.). Avant de simplement l'envisager pour l'œnologie, cette voie nécessite un large débat au-delà des scientifiques et des techniciens. Au moment de la rédaction de ces lignes, on ne peut que regretter l'absence d'un vrai débat de politique générale rassemblant les scientifiques, les élus et des citoyens sur ce thème. La majorité des marchés sont basés sur des relations étroites entre les vins et leurs images. Avant d'envisager tout développement, y compris expérimental, d'O.G.M. ou de produits issus d'O.G.M. pour le vin, de nombreuses précautions doivent être prises.

–Le troisième risque est un risque de santé humaine pour les opérateurs en cave. Les enzymes sont des protéines, et comme de nombreuses protéines, elles peuvent avoir un certain effet allergisant. Les préparations en poudre, très pulvérulentes, augmentent les risques de diffusion dans l'ambiance, et donc les risques de sensibilisation allergique des opérateurs par inhalation. Pour prévenir ce type de risque, certaines entreprises productrices présentent leurs préparations sous forme de granulés. Ceci limite grandement la production de poussière à la mise en oeuvre.

7.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

Dans le monde, la pratique de l'enzymage a une grande variabilité. Selon les régions et les pays, l'utilisation ou non des enzymes et les missions recherchées sont très diverses. Pour certains pays, les enzymes ne sont utilisées que sur les jus de raisins blancs, pour la seule clarification. Dans d'autres pays, d'autres régions et d'autres entreprises, les enzymes sont utilisées à la fois sur les raisins blancs et les

raisins rouges pour des missions multiples, sur les vins pour des orientations organoleptiques, sur les vins pour la gestion de la filtrabilité finale. Certaines entreprises ajoutent parfois trois préparations enzymatiques différentes à trois stades différents pour une même chaîne technologique.

Les enzymes sont disponibles sur le marché sous trois formulations commerciales : la formulation liquide, la formulation en poudre et la formulation en granulés.

Les formulations liquides nécessitent un support de stabilité pour les enzymes (souvent du glycérol) et des conservateurs pour limiter les risques de développement de moisissures. Ces deux éléments font que ce type de formulation est interdit dans l'Union Européenne. En revanche dans les pays tels que l'Australie, ou l'Afrique du Sud, par extension des habitudes de l'industrie des jus de fruits, cette formulation liquide est la plus courante. Son intérêt pratique réside dans la facilité de dosage et de pompage par pompe d'injection. En revanche, une certaine chaîne du froid est nécessaire pour la conservation du produit.

Les formulations en poudre et en granulés se différencient entre elles surtout pour les aspects de sécurité de travail. Pour leur mise en oeuvre, quand la formulation est correcte, la dissolution dans l'eau ou dans le jus est pratiquement instantanée.

Les techniques d'apport des enzymes varient selon les entreprises et selon le moment de la chaîne technologique. Comme toute addition, l'homogénéité est essentielle, en particulier sur les raisins.

A la vigne, on peut citer des entreprises qui pulvérisent une solution aqueuse d'enzymes granulées sur les raisins dans la benne de transport. A chaque déversement des trémies de la machine à vendanger, la surface des raisins dans la benne est régulièrement aspergée d'une dose correspondant aux raisins transbordés. Les entreprises qui pratiquent ainsi veulent profiter du temps de remplissage de la benne de transport et du temps de transport pour permettre une activité suffisante des enzymes.

En cave, on peut citer des entreprises qui ont asservi une pompe injectrice à la pompe à raisins située entre l'érafloir et le pressoir. Les enzymes granulées en solution aqueuse homogénéisée en permanence sont injectées régulièrement en fonction du débit de raisins. Les solutions sont préparées 2 fois par jour.

Pour les additions au jus, la mise en oeuvre la plus courante est l'addition de la dose pour toute la cuve en fond de cuve avant remplissage. L'homogénéisation est réalisée par les turbulences créées par le jus qui arrive. Le temps de remplissage de la cuve permet un gain de temps d'action.

Contrairement à des additions comme celles de SO₂ ou de produits de collages, un surdosage momentané d'enzymes n'est pas négatif sur jus dans la plupart des cas. Si les enzymes ont catalysé la transformation de tout le substrat en fond de cuve (les pectines par exemple dans le jus), leur activité reprend normalement dès que du substrat est apporté à nouveau.

Pour les injections d'enzymes dans le vin, la pratique la plus courante est l'addition progressive pendant un remontage. Pour limiter les risques d'oxydation, pour les vins blancs, on pourra privilégier une addition locale dans la masse du vin, puis une homogénéisation par brassage de la cuve avec un gaz neutre.

8 - Les transferts des raisins

8.1 - Les fonction et les missions

La fonction principale du transfert des raisins est de déplacer les raisins frais ou les marcs de raisins fermentés d'un matériel à l'autre, en cave. Les principales missions sont la continuité de la chaîne technologique de travail des raisins, et le respect de l'état des raisins au sortir de l'opération unitaire précédente.

8.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

Comme opération intermédiaire, le transfert n'a pas de mission propre sur le style du vin. Comme la réception, les impacts éventuels seront dus à la gestion insuffisante des risques signalés ci-dessous.

Les risques principaux sont les frottements et les triturations, avec les impacts décrits en détail dans le premier point de ce chapitre.

De nombreux moyens de transfert des raisins sont ouverts. Les contacts avec l'air sont importants. Du fait de ces contacts et du déplacement des raisins, les risques d'oxydation sont très importants. Dans le paragraphe sur l'état des lieux, nous donnerons certaines solutions utilisées aujourd'hui dans différentes caves.

Les transferts de raisins peuvent être aussi des opportunités pour certaines actions. On peut citer par exemple des possibilités de tri sur tapis roulant pour éliminer les feuilles, les corps étrangers, les sarments. Une autre opportunité est de profiter du brassage occasionné par le transfert pour répartir de façon homogène un traitement tel que SO₂ ou enzymes dans la masse des raisins.

Dans d'autres cas, le transfert des raisins est mis à profit pour réaliser des échanges thermiques.

Les rendements thermiques sont optimisés par les déplacements des raisins.

Les transferts de raisins et de marcs sont parmi les points les plus délicats de l'organisation des caves, en particulier dans les caves de grandes dimensions. Un des risques principaux est la rupture de la continuité ou du rythme global de la chaîne technologique par panne, par blocage ou par bourrage pendant les transferts. Ce point est particulièrement sensible dans le cas des caves qui ont été agrandies ou modifiées. Les organes qui assurent les transferts prennent parfois des voies peu cohérentes pour s'adapter aux modifications spatiales des locaux. C'est un point à surveiller de très près lors de toute modification de la structure de la cave.

8.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

Les transferts des raisins sont sans doute les opérations unitaires les plus variables d'une cave à l'autre.

On peut citer des moyens aussi variés que la simple gravité, les tuyaux, les pompes à piston, les pompes à rotor (palettes ou olive), les pompes péristaltiques, les tapis roulants, les vis sans fin, des wagonnets roulants, des bennes suspendus à des rails, des cages de presseoirs verticaux déplacés par chariots élévateurs, les systèmes dynamiques de décuve des cuves, etc.

En fonction des possibilités d'utiliser la gravité, des débits à assurer, des matériels à relier, les différentes solutions sont souvent combinées. Les solutions les plus intéressantes d'un point de vue qualitatif sont celles où la gravité remplace les

pompes, et où le raisin est statique dans un média lui-même mobile (tapis roulant, ou wagonnet par exemple). Les frottements sont ainsi limités au maximum.

Pour gérer les risques d'oxydations des raisins pour certaines vinifications en blanc, on peut citer deux solutions pratiques. Dans certaines caves, on sature les trémies, les tuyaux, les cuves de réception ou le pressoir de gaz neutre, en général du CO₂. Dans d'autres caves, lors du transfert des raisins, par un piquage sur les canalisations, on injecte régulièrement du CO₂ ou du N₂. Dans les 2 cas, cette utilisation de gaz neutre a pour objet de limiter les contacts entre les raisins foulés et l'air. Ceci est complété par une protection chimique dite interne des raisins par un ajout de SO₂ comme décrit dans le paragraphe traitant de cette opération unitaire.

9 - Le levurage des raisins et des jus (Delteil, 1989)

9.1 - Les fonction et les missions

La fonction principale du levurage est d'apporter une quantité appropriée de biomasse levurienne en bon état physiologique. Les missions sont celles générales de la gestion de la fermentation alcoolique au moyen de la levure. Elles concernent la gestion des risques de problèmes de déroulement de la fermentation (rythme, achèvement, etc.), et la gestion des styles aromatiques et gustatifs des vins. Selon les caves, les vins et les traditions, les vinificateurs attendent de la levure soit une simple limitation des risques de défauts, soit également un développement des potentialités des raisins.

Le choix de la souche de levure est aussi très important.

9.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

Les impacts de la levure sur les styles des vins peuvent être nombreux et variés. Les plus fréquemment et les plus anciennement pris en compte par les vinificateurs sont les impacts aromatiques. Depuis quelques années, les impacts possibles de la levure sur la couleur des vins rouges et sur les profils gustatifs ont été démontrés, même si tous les mécanismes moléculaires précis se sont pas encore tous établis.

Les effets visuels, aromatiques, ou gustatif peuvent provenir d'effets produits pendant le métabolisme "vivant" et d'effets produits pendant l'autolyse *post mortem* des cellules. La gestion de ces effets par la vinification devra prendre en compte ces diverses origines possibles.

Les causes de ces impacts dépendent de trois grands types de facteurs.

Les premiers facteurs sont les facteurs liés à la composition du milieu. Les cellules de levure se multiplient, vivent et meurent dans le milieu. Elles y relarguent les produits des consommations nécessaires à leur vie et leur survie. Comme pour tout être vivant, c'est ce qui est d'abord consommé qui conditionne ce qui est rejeté ensuite. Pratiquement tous les constituants du jus entrent directement ou indirectement dans le métabolisme de la levure. Quantitativement, il y a d'abord les sucres, mais aussi différents composés azotés (ammoniac, acides aminés libres, certains petits peptides), des acides gras (en particulier les acides gras polyinsaturés à longue chaîne), différentes vitamines, etc. La complexité et surtout la variabilité

des équilibres de tous ces constituants du jus conditionnent directement la variabilité des réponses d'un génome donné, c'est-à-dire d'une souche donnée.

Les deuxièmes facteurs sont les facteurs liés aux génomes des levures. La variabilité génomique naturelle du seul genre *Saccharomyces* peut être très importante. Par exemple, certaines études écologiques ont identifié 29 profils génétiques différents entre eux sur 40 clones de *Saccharomyces* indigènes isolés au hasard dans certaines cuves en fin de fermentation alcoolique. Cette variabilité naturelle est à la base de la variabilité des réponses des biomasses indigènes ou des biomasses sélectionnées à des conditions de milieu identiques. Cette variabilité des génomes et des réponses métaboliques est à la base des stratégies de sélection des souches œnologiques. Rappelons qu'actuellement sur le marché mondial, on peut trouver plus de cent souches œnologiques sélectionnées, différentes entre elles.

Les troisièmes facteurs sont les facteurs liés aux conditions physiques de fermentation, ou d'autolyse. Ces conditions résultent pour la plupart d'actions réalisées par le vinificateur. On peut citer en premier lieu la température. Elle conditionne directement la vitesse des différentes réactions métaboliques. Dans ce groupe de facteurs, on peut inclure aussi les changements de composition du milieu dus aux interventions humaines. Le débourbage, l'aération, l'acidification, l'addition de bentonite sont parmi ces facteurs.

Dans la gestion des fermentations, ces changements de la composition du milieu par le vinificateur ont une place particulière. En effet, ce sont des changements pour lesquels on peut avoir une traçabilité de la réalisation et une connaissance en temps réel des niveaux. A l'inverse, de très nombreux aspects de la composition fine du jus ne sont pas accessibles en temps réel pour le vinificateur.

Dans une gestion cohérente des fermentations, on prendra en compte tous les facteurs connus en les positionnant dans l'une des trois familles de facteurs décrits ci-dessus. L'analyse des risques, et les décisions d'action s'appuieront sur ces trois groupes d'indicateurs, sans exception. Toute autre approche risque de laisser de côté des éléments importants et en conséquence risque d'aboutir à des décisions inadaptées.

Les risques principaux liés au levurage sont des risques microbiologiques et des risques de productivité.

Les risques microbiologiques sont d'abord les risques de pertes de viabilité des cellules des levures présentées sous forme de levure sèches actives (L.S.A.). Les cellules de levures de ces préparations ont perdu plus de 90 % de leur eau de constitution pendant le séchage. Pour retrouver toutes leurs potentialités, les cellules doivent récupérer cette eau, sans qu'il y ait d'altération de leurs fonctions vitales. Des procédures simples et efficaces sont proposées par les entreprises qui produisent et déshydratent les L.S.A. Bien appliquées, elles permettent d'avoir plus de 95 % des cellules des L.S.A. viables. Par exemple, on peut recommander 15 minutes dans de l'eau potable à 35°C. A l'inverse, certaines pratiques peuvent conduire à plus de 50% de pertes définitives des cellules à la mise en oeuvre. On peut citer la mise en suspension dans du jus froid et sulfité. Cette perte de viabilité à la réhydratation provoque une perte économique directe. La cave a payé les levures sèches sur la base de 95% de cellules revivifiées. Les autres risques microbiologiques cités ci-dessous sont amplifiés par une mauvaise réhydratation.

Les autres risques microbiologiques sont des risques de contaminations. Les contaminants potentiels sont des levures indigènes du genre *Saccharomyces*, des levures d'autres genres tels que *Hanseniaspora*, *Candida*, *Brettanomyces*, etc. Les bactéries acétiques spécifiques des jus et les bactéries lactiques sont également des contaminants potentiels. Les contaminations peuvent être introduites et se développer à partir de l'étape de mise en oeuvre des L.S.A. Les causes principales sont la mauvaise hygiène des outils utilisés (bac, eau, jus, etc.). Les risques les plus importants sont les risques de contaminations et de développement dans la masse même du jus ou des raisins qui seront levurés. Les contaminations sont dues principalement au manque d'hygiène des matériels de récolte, de transport, de réception, de transfert des raisins, etc. Ensuite, les retards dans l'acte de levurage permettent la multiplication excessive des contaminants. Une population insuffisante de cellules sélectionnées apportées amplifie ces risques. Les causes d'une population levurienne sélectionnée insuffisante sont une dose insuffisante, ou un mauvais état physiologique dû à une mauvaise réhydratation, comme exposé ci-dessus.

Dans les cas de multiplication des levures sur du jus avant l'inoculation, technique appelée "levain", ou "repiquage" selon les caves, les risques de contamination et de multiplication des contaminants sont très largement amplifiés (Delteil, 1989).

Les risques de productivité par le levurage proviennent surtout des retards possibles dans le départ de la fermentation, et en conséquence une occupation plus longue des cuves. Dans certaines caves, à certains moments des vendanges, cet aspect peut devenir très critique.

L'excès de mousse est également un risque de mauvaise productivité. Dans certains cas de jus et de levures, les excès de mousse pendant la fermentation peuvent amener à modifier les taux de remplissage des cuves, et donc compromettre l'occupation optimale de la cuverie. Dans certaines caves, on a été obligé de fermenter avec des cuves remplies à 50% de leur capacité pour limiter les débordements.

9.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

Dans le monde, les deux cas les plus fréquents sont le non-levurage (utilisation de la microflore indigène) et le levurage direct avec des L.S.A. Aujourd'hui, les cas intermédiaires tels que la multiplication en cave des levures en fermenteur spécialisé, ou le repiquage organisé des levures dans une cuve classique sont des cas minoritaires.

La mise en oeuvre des levures sèches actives se fait selon différentes procédures. On peut citer la variabilité des doses d'emploi : de 10 à 40 grammes par hectolitre de jus, selon les caves, les jus, les souches utilisées. Dans certains cas, après la réhydratation au sens strict, les levures sont acclimatées à la température du jus en deux ou trois étapes. Par exemple, pour passer de 35°C dans la solution de réhydratation à un jus blanc après débouillage à 10°C, on peut ajouter progressivement du jus froid, sur un laps de temps de une heure ou deux à la solution de réhydratation. Certaines caves ont mesuré des effets positifs d'une telle préparation. Une autre variabilité de mise en oeuvre du levurage, consiste à enrichir le milieu de réhydratation en éléments nutritionnels. Les sels ammoniacaux et la thiamine dans l'Union Européenne, ou d'autres vitamines et autolysats de levures hors de l'Union Européenne sont les nutriments ajoutés alors.

Au niveau mondial, la plus grande variabilité provient de la souche mise en oeuvre. Comme indiqué plus haut, plus de cent souches différentes sous forme de L.S.A. sont disponibles aujourd'hui. Toutes n'ont pas la même fréquence d'utilisation. Les dix souches les plus utilisées représentent sans doute plus de 50% des tonnages produits et vendus. Aujourd'hui on assiste à un regroupement des utilisations autour de 4 à 5 souches pour les caves de grand volume, pour les vins de milieu de gamme. Pour ces vins, l'adaptation de la souche à certaines contraintes industrielles est essentielle. Or ceci ne peut s'évaluer facilement au stade laboratoire. L'expérience industrielle est le principal moteur du choix. Peu de souches sont bien connues pour leur adaptation réelle à ces contraintes. Ceci explique cette concentration d'utilisation. En revanche pour les vins produits dans des conditions spécifiques et personnalisées, on constate un maintien d'un nombre important de souches différentes. Les choix sont plutôt des choix de personne ou des choix de cave sur une souche plutôt qu'une autre. Dans certaines caves, pour ce segment de vinification, plusieurs souches sont utilisées sur plusieurs cuves pour apporter une diversification de plus dans les assemblages, en blanc comme en rouge. Chaque cuve fermente avec une seule levure. Les assemblages sont réalisés après. Les levurages conjoints avec plusieurs souches dans la même cuve sont rares. En effet, il est difficile de prévoir quel sera l'équilibre entre les différentes souches apportées, et ce sans même parler de l'intervention du facteur killer dans l'équilibre des populations.

10 - L'éraflage des raisins

10.1 - Les fonctions et les missions

La fonction principale de l'éraflage est de séparer la rafle et les baies. La fonction complémentaire de cette opération unitaire est également de séparer les baies de toutes les particules végétales présentes : parties ligneuses (morceaux de sarments, bras morts de souches), les feuilles, les pétioles, et tout corps étranger. Les morceaux de grappe avec des amas de baies desséchées suite à des attaques de *Botrytis cinerea* peuvent être partiellement éliminés par certains érafloirs.

La mission de l'éraflage est de respecter l'intégrité de la baie à partir du moment où elle est séparée de son pédicelle. Pour cela, l'éraflage ne doit pas provoquer de frottements ou de trituration de la baie, et en particulier il ne doit pas casser, écraser ou blesser les pépins.

Comme critères de mesure de la qualité, on peut lister : le taux de baies éclatées, le taux de morceaux de rafles, le taux de corps étrangers dans la vendange, le taux de baies dans les rafles éliminées, l'état des rafles (blessures, cassures).

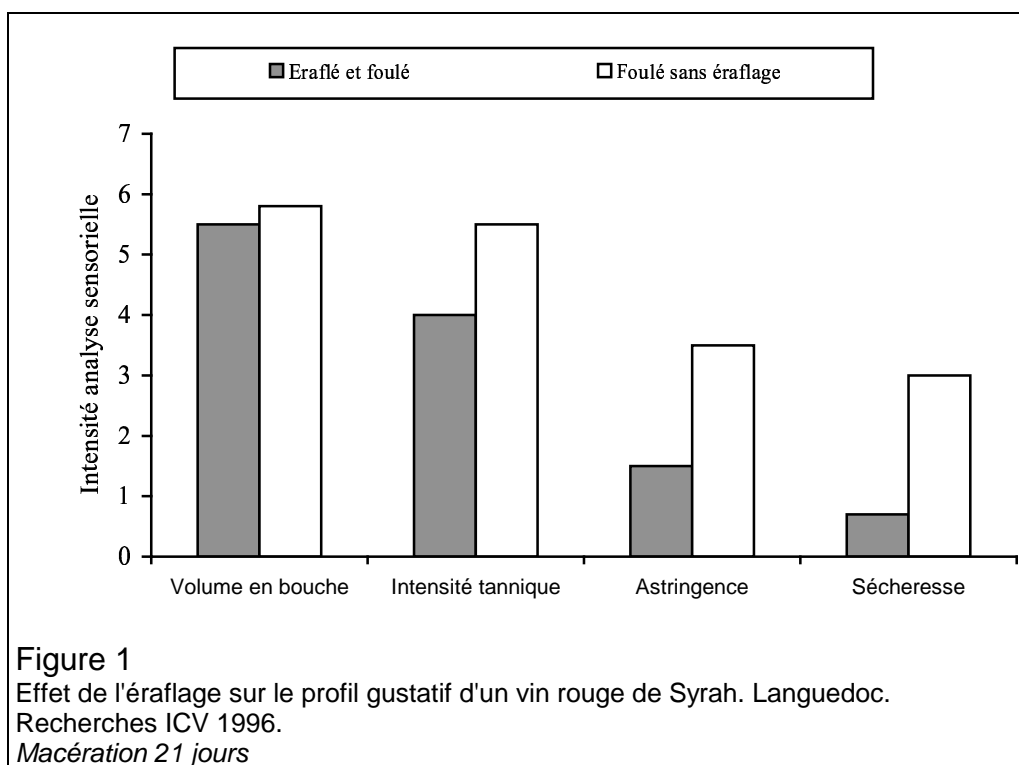
Un point de sémantique est nécessaire : nous utilisons dans cet ouvrage les noms "éraflage" et "érafloir", justement à cause de la fonction : éliminer (d'où le préfixe "é-") la rafle. Dans certaines régions, on utilise les mots "égrappage" et "égrappoir" pour désigner cette même opération.

10.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

Les impacts de l'éraflage sur les styles des vins sont tous les impacts de l'absence de la rafle dans les opérations de macérations, et de pressurage. Ces

points sont développés dans les chapitres sur les différentes vinifications. A noter toutefois que quand on change de stratégie technique de vinification, on doit reconsidérer aussi le rôle des rafles. Par exemple, dans les vinifications en blanc de raisins bien mûrs, avec une forte protection contre les oxydations, la plupart des vinificateurs préfèrent éliminer les rafles. En effet dans ces conditions, leurs impacts sur le style gustatif du vin sont jugés négatifs. Cette réflexion est valable pour toute opération unitaire : tout changement d'objectif de style de vin doit s'accompagner d'une remise en question objective de chaque opération unitaire sur son existence et sur sa réalisation.

En rouge, l'éraflage a un impact direct et qui se maintient à long terme sur la plupart des sensations en bouche. On peut citer le volume en attaque de bouche, l'intensité tannique, l'astringence, et la sécheresse. Tout le profil en bouche peut se trouver modifié. Ceci démontre l'importance d'une réflexion complète sur cette opération. Or dans trop de cas aujourd'hui, l'absence d'éraflage n'est justifiée dans le discours des vinificateurs que par des considérations quantitatives macroscopiques (drainage des marcs, rentabilité directe, etc.), voire par des questions de place disponible près de la réception ! On est alors bien loin de la réflexion stratégique large à partir du vin qui est l'ambition de ce chapitre.



Les risques principaux de l'éraflage sont les risques classiques de trituration. Pour cette opération, ces risques sont particulièrement élevés, car par définition, c'est une opération qui touche au sens propre les rafles. Les risques sont grands de blesser ces organes végétaux, et de relarguer des sucres herbacés. Par ailleurs, la baie entre en contact avec dynamisme voire violence avec des parties dures, dont certaines en mouvement. Ceci est d'autant plus violent que la baie est seule à ce moment là, c'est-à-dire sans l'effet de sustentation et de protection mécanique du jus. Les risques de frottements et de triturations sont alors très élevés.

Pour la très grande majorité des matériels existants, des particules végétales et du jus sont projetés vers les surfaces supérieures, et les coins les plus inaccessibles de l'appareil. Les risques de contaminations microbiennes à partir de ses substrats sont très élevés. Du fait même de la difficulté à assurer une hygiène parfaite de ces matériels, tous les efforts d'organisation et de méthode de nettoyage doivent être concentrés sur cet appareil.

Dans les caves recevant beaucoup de raisins issus de vendange mécanique, des risques importants de colmatage des grilles de l'appareil existent à cause des débits et de l'état des raisins. Les feuilles imbibées de jus peuvent se coller sur les trous de la cage, et en conséquence, des quantités significatives de baies peuvent passer dans le circuit des rafles et être éliminées. Les pertes quantitatives directes peuvent être importantes.

L'éraflage a un rôle important dans les chaînes technologiques. Il a un rôle direct en tant qu'opération unitaire, avec les risques vus ci-dessus. Il a un rôle indirect au niveau du remplissage des cuves ou des pressoirs. Le volume occupé par la vendange éraflée est nettement inférieur à celui de la vendange seulement foulée, ou entière. A l'inverse, la vendange égrappée a des qualités de drainage nettement inférieures. Cet aspect est privilégié par certaines caves pour les blancs. Un tel choix doit être validé en prenant en compte les objectifs de styles de vin à élaborer.

10.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

Dans le monde, on trouve trois types d'éraflages.

L'éraflage manuel sur claie est le plus ancien. Il est actuellement limité à quelques rares caves. Sur une claie, en bois en général, les grappes sont passées ou roulées à la main. La rafle reste dans la main de l'opérateur, ou en surface de la claie, et est éliminée. Les baies tombent par gravité dans la trémie d'un fouloir, ou dans la cuve de macération, ou dans le pressoir selon les cas. Cette technique est bien sûr très coûteuse en main d'oeuvre. Elle permet un tri de grande qualité, à la fois des grappes, et des éventuels corps étrangers.

L'érafloir le plus courant est aujourd'hui l'érafloir horizontal. Pour les principes mécaniques, le fonctionnement et les réglages, on se reportera au chapitre spécifique sur les matériels. Les possibilités de réglage des vitesses de rotation du hérisson et de la cages ont des critères importants de la qualité du fonctionnement. Dans bien des cas, le réglage a plus d'importance que la conception même de la machine. La qualité des tôles et des soudures est aussi très importante, pour limiter les risques de blessures des rafles ou des baies par des aspérités métalliques.

Les érafloirs verticaux existent également. Ces matériels ont été conçus pour la plupart surtout pour des objectifs de productivité des grandes caves. Les risques de triturations sont très élevées avec ces matériels. Aujourd'hui avec les dimensions et les débits des érafloirs horizontaux, les érafloirs verticaux ont tendance à disparaître.

11 - Le foulage des raisins

11.1 - Les fonctions et les missions

La fonction principale du foulage des raisins est de provoquer un éclatement des baies par pression radiale.

La mission du foulage est de libérer du jus des cellules de la pulpe et d'ouvrir la baie pour permettre au jus libre d'aller en contact avec la zone sous-pelliculaire par l'intérieur de la baie. Etant donné la structure de la praline et de la pellicule, les diffusions directes vers l'extérieur sont très faibles, surtout pendant la phase préfermentaire. Les diffusions des composés des cellules de la zone pelliculaire ou de la zone sous-pelliculaire se font par l'intérieur de la baie. Le suc vacuolaire des cellules de cette zone diffuse vers le jus libre par des zones de fissuration de la pulpe. Ceci montre l'importance du foulage en tant qu'étape préalable aux macérations, en blanc comme en rouge.

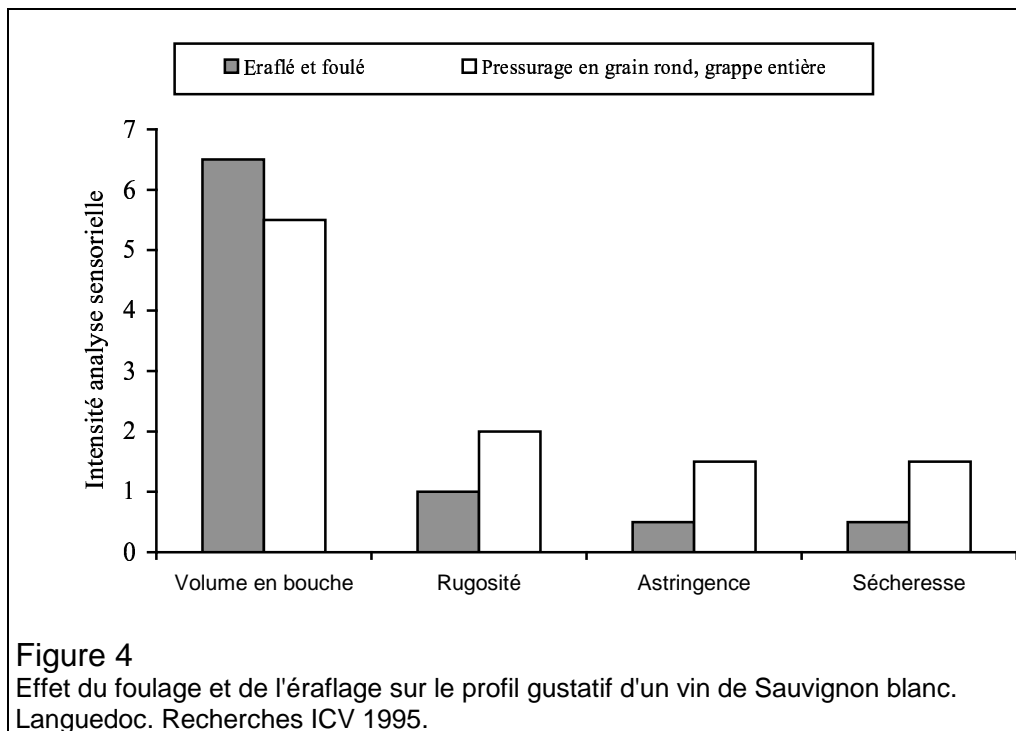
Une autre mission du foulage est de ne pas briser, blesser ou écraser les pépins. Les conséquences ont été décrites dans le premier paragraphe de ce chapitre.

Dans les cas où la rafle est encore présente, la mission du foulage est de la respecter, pour ne pas provoquer la libération de sucres végétaux déjà décrits dans ce chapitre.

Comme critères de mesure de la qualité, on peut lister : le taux de baies fendues, le taux de pépins cassés et broyés, le taux de rafles blessées s'il n'y a pas d'éraflage avant, etc.

11.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

Le foulage a un impact important sur toutes les macérations. Comme indiqué ci-dessus, le jus libre est le principal solvant et le principal fluide extracteur des composés de la zone sous pelliculaire. En début de macération, ce jus libre est surtout constitué de sucres vacuolaires des grandes cellules de la pulpe. Ces sucres vacuolaires des cellules de la pulpe sont moins riches en certains composés phénoliques ou en certains composés aromatiques que les sucres des cellules sous-pelliculaires ou pelliculaires. Par différence de concentration, par la présence d'enzymes pectolytiques endogènes ou apportées par le vinificateur et par effet de solvant, ce jus est un bon agent de dissolution, puis un bon agent de transport de ces composés spécifiquement pelliculaires vers la masse du jus libre. Avec cette vision dynamique au niveau cellulaire des diffusions entre la phase solide et la phase liquide on comprend le rôle important du foulage.



Le foulage a un rôle d'accélération des premières phases des macérations. Dans les macérations en rouge, la diffusion importante et précoce des anthocyanes libres a un effet important sur les réactions entre ces anthocyanes et les tanins qui seront extraits plus tard. Ces réactions donnent des structures chimiquement plus stables. La stabilité de la couleur du vin, et la moindre agressivité gustative de ces tanins sont les conséquences principales sur les styles des vins.

Le foulage a aussi un impact important sur la productivité des opérations d'égouttage et de pressurage de la vendange fraîche ou fermentée. Cet impact se trouve au niveau du remplissage des matériels d'une part, et au niveau des rendements d'extraction d'autre part. Dans les pressoirs pneumatiques ou dans les cuves de macération pelliculaire, selon les cépages et les objectifs de style de vin (en blanc par exemple). Deux options sont possibles. On peut privilégier avec le foulage un égouttage précoce et limiter les effets de macération ou, au contraire, favoriser la macération de la vendange dans le jus libre avant égouttage ou pressurage.

Les risques principaux du foulage sont les risques de trituration, de blessure des rafles en l'absence d'érafloir, d'éclatement des pépins.

Les risques sur la productivité de la chaîne technologique sont les risques de blocage ou de détérioration du fouloir par des corps étrangers tels que sarments, pierres, bras morts de vigne, sécateurs, etc.

11.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

Les fouloirs les plus courants consistent en deux rouleaux qui tournent en sens inverse avec un espace entre eux de quelques millimètres. La surface de ces rouleaux est en métal ou en caoutchouc. Les profils de ces rouleaux sont variables selon les fabricants.

Les fouloirs doivent avoir un réglage facile de l'écartement des rouleaux pour adapter le foulage à la taille des baies. En effet celle-ci varie beaucoup d'un cépage à l'autre, d'une année à l'autre.

Dans la plupart des cas, de façon justifiée, le foulage se situe après l'érafloir dans la chaîne technologique. Très souvent, les deux opérations se réalisent dans la même machine. Le foulage des baies entières tombant par gravité d'un érafloir ne provoque pas de trituration supplémentaire. A l'inverse, l'éraflage d'une vendange foulée augmente les risques de frottements et de trituration.

Nous pensons qu'actuellement le foulage n'a pas, à tort, une image très positive auprès de certains vinificateurs. D'après ce que nous avons constaté, ceci vient du fait que dans certains schémas technologiques très productivistes des années soixante, le foulage était inclus. Ces schémas provoquaient des triturations très fortes. Le foulage lui-même n'était pas en cause directement. En voulant changer ces schémas, certains vinificateurs associent directement le foulage aux résultats négatifs globaux de ces chaînes. Sans une analyse suffisante, ils l'éliminent de leurs nouvelles chaînes. Ces vinificateurs se privent des nombreux avantages du foulage quand il est bien conduit. Bien souvent dans des chaînes conçues pour particulièrement respecter le raisin, sa place peut devenir indispensable. Sans lui, les baies restent entières longtemps. Certains phénomènes qui peuvent être recherchés sont trop limités. Certains risques augmentent. On peut citer les risques de piqûres lactiques lors des macérations de plusieurs semaines en rouge.

12 - Le pressurage des raisins

12.1 - Les fonctions et les missions

La fonction principale du pressurage est d'extraire le jus du raisin frais, ou le vin du marc de raisin fermenté.

Dans cette analyse générale des opérations unitaires communes aux différentes vinifications, nous considérons l'égouttage comme un pressurage. La différence est une différence de pression sur la baie. Les fonctions et les missions sont globalement les mêmes. Nous n'utilisons donc que le mot pressurage dans ce sous-chapitre. En revanche, dans le dernier paragraphe, nous citons les différents matériels qui peuvent remplir cette fonction.

La mission du pressurage est de limiter la production de bourbes, de limiter l'éclatement des pépins, de limiter les blessures des rafles dans le cas de vendanges non-éraflées.

Il faut noter que le mode de remplissage des pressoirs peut être une source de trituration importante. Dans ce cas, on peut citer les effets différents entre le remplissage axial et le remplissage radial des pressoirs pneumatiques.

Sur l'ensemble de la chaîne, le pressurage est l'une des opérations unitaires où la baie de raisin subit les contraintes physiques les plus intenses. C'est donc le point où toutes les notions de frottements et de triturations prennent la plus grande importance.

Comme critères de mesure de la qualité en temps réel, on peut lister : le débit instantané, le volume de chaque pressée, la turbidité du jus ou du vin, le pH du jus, la conductivité du jus (Desseigne, 1997, communication personnelle), le volume en bouche et l'astringence du jus ou du vin, etc.

12.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

Le pressurage a un impact très fort sur le style du vin. C'est l'opération qui permet d'atteindre le plus complètement les différentes parties de la baie. Ce pouvoir en fait une opération qui doit être conçue et menée avec beaucoup de discernement.

Avec des pressions différentes, des épaisseurs de raisin ou de marc différentes, on peut atteindre et éventuellement triturer de façon différenciée les différentes parties de la baie, avec des productivités d'extraction différentes. Ceci est la base de la réflexion dans la conception de l'opération de pressurage.

Pendant le fonctionnement d'un matériel en place, la montée en pression, la fréquence des pressées à une pression donnée, et la séparation des différentes fractions de jus ou de vin permet d'affiner le travail. Les différentes fractions n'ont pas les mêmes concentrations en composés phénoliques par exemple, ni les mêmes taux de bourbes. Des utilisations différentes, ou des traitements différenciés des différentes fractions permettent d'optimiser l'exploitation des potentialités des raisins, et de compartimenter la gestion de certains risques.

La séparation des fractions de pressurage est un acte essentiel de la vinification, en blanc comme en rouge.

En plus de cette segmentation des jus ou des vins extraits, pendant le pressurage on peut associer des traitements spécifiques des raisins aux différentes phases d'extraction. Ceci a été illustré par un exemple dans le sous-chapitre sur le sulfitage.

L'impact du pressurage sur la productivité globale de la chaîne technologique est très important. Dans bien des cas, c'est le principal goulot d'étranglement. Les compromis entre la productivité et la gestion des risques qualitatifs sont très difficiles. A ce stade, la productivité nécessite des déplacements rapides du raisin et des pressions élevées. Autant de facteurs qui présentent de hauts risques de triturations.

12.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

Toutes les caves, pour toutes les chaînes technologiques mettent en oeuvre cette opération, d'une façon ou d'une autre.

La variabilité des matériels et des utilisations est très grande (Vromandt, 1992).

Le pressoir le plus ancien est le pressoir à unique plateau vertical. Ancestralement il était actionné à la main. La version plus moderne est actionnée par un vérin hydraulique. Ce type de pressoir a différentes variantes. La plus connue est sans doute le pressoir traditionnel champenois. Les avantages d'un tel pressurage sont la faible épaisseur de raisins, et l'immobilité des raisins. Certains pressoirs hydrauliques verticaux ont des cages mobiles qui servent au transfert des raisins, et limitent les frottements et les triturations. Ce système était le plus répandu dans les caves conçues avant la seconde guerre mondiale. Il existe au moins une version toute récente dans une cave de grandes dimensions. Elle élabore ainsi plus de cinquante mille hectolitres. Les cuves de rouges sont décuvées par gravité directement dans des cages d'acier inoxydable portées sous la cuve par un chariot élévateur. Ce chariot transfère alors ces cages sous le plateau d'un pressoir hydraulique vertical. Après une seule pressée sans remaniement du marc, la cage est reprise par le chariot élévateur et versée dans un pressoir pneumatique

horizontal classique, pour l'extraction des dernières fractions de vin. Le vin issu de la pressée verticale est assemblé directement avec le vin de coule. Les autres vins de presses sont travaillés séparément. La conception globale de cette cave a permis d'utiliser cette technique dans le cadre de ses objectifs de qualité, de productivité et ses contraintes de dimensions.

Les pressoirs les plus courants sont les pressoirs horizontaux.

–Les pressoirs discontinus à plateaux (deux ou un selon le constructeur) à cages cylindriques ajourées pressent le raisin par une pression selon l'axe du cylindre. Le jus ou le vin s'écoule au travers de la cage extérieure. L'épaisseur de raisins entre les plateaux en début de pressurage peut être importante dans les pressoirs de grande dimension. La distance de déplacement du raisin pendant la pressée augmente en proportion.

–Les pressoirs pneumatiques discontinus à membrane à cages cylindriques ajourées ou fermées pressent le raisin par une pression radiale exercée par une membrane gonflée à l'air comprimé ou à l'eau. Le jus ou le vin s'écoule par des drains internes et par les ouvertures de la cage quand elle est ajourée. L'épaisseur de raisins est faible, ne dépassant pas de toute façon le diamètre de la cage.

–Les pressoirs continus à cage horizontale cylindrique pressent le raisin par un mouvement de vis sans fin qui comprime le raisin sur une butée en sortie. Le raisin est systématiquement déplacé sur plusieurs mètres avec des frottements importants sur la cage. Des trois types de pressoirs horizontaux, c'est celui qui produit le plus de bourbes. Son intérêt est un intérêt de productivité directe d'extraction. Les effets secondaires (taux de bourbes, difficultés de clarification des jus et des vins, teneurs en composés phénoliques, etc.) peuvent entraîner des coûts de traitements supplémentaires qui minimisent ses avantages simples de productivité.

Parmi les systèmes moins répandus, on peut citer un pressoir continu à bande (Ibarrola, 1989). Il prend le raisin entre deux bandes convoyeuses qui le pressent sans frottement par une diminution progressive de l'espace entre les deux bandes. Sur le plan théorique ce pressoir combine les avantages qualitatifs des pressoirs discontinus pneumatiques, et le fonctionnement continu.

Les pressoirs pneumatiques à cage fermée sont souvent utilisés en blanc comme matériel de macération pelliculaire.

D'autres matériels sont utilisés pour la fonction de pressurage. On peut citer les égouttoirs continus. Une vis sans fin inclinée fait avancer les raisins vers le haut, sans contre pression le long d'une cage cylindrique ajourée. La différence principale avec le pressoir continu décrit ci-dessus est la pression de fonctionnement. En conséquence, le volume de jus extrait est plus faible. Les bourbes sont également plus faibles.

Etant donné le coût des pressoirs discontinus et leur place de goulot d'étranglement dans la chaîne, des cuves de macération et d'égouttage statique se sont développées. Différents principes sont mis en oeuvre. On peut citer des cuves cylindriques verticales équipées d'un puits central formé de grilles d'égouttage. Après la macération et la vidange du jus par le puits central, le décuvage se fait par gravité, favorisé par un fond incliné. D'autres conceptions de cuves favorisent la surface

d'égouttage, par une forme horizontale et une faible épaisseur de raisins. Certaines de ces cuves sont équipées d'une membrane gonflée à l'air comprimé, comme les pressoirs pneumatiques classiques. La pression atteinte est plus faible.

Après le décuvaage de ces cuves d'égouttage, le raisin est pressé dans le système de pressurage dont dispose la cave. Le système de décuvaage de ces cuves, et le système de transfert vers le pressoir est très important pour gérer la qualité du pressurage final. Les risques de frottements et de triturations sont grands.

13 - Les transferts des jus et des vins

13.1 - Les fonctions et les missions

La fonction du transfert est de déplacer les jus et les vins d'une opération unitaire à l'autre.

Les principales missions sont la continuité de la chaîne technologique de travail des jus et des vins, et le respect de l'état des jus et des vins au sortir de l'opération unitaire précédente.

13.2 - Les impacts sur les styles des vins, sur la productivité des chaînes technologiques, sur la gestion des risques

Opération intermédiaire, le transfert n'a pas de mission propre sur le style du vin. A l'égal de la réception ou du transfert des raisins, les impacts éventuels seront dus à la gestion insuffisante des risques signalés ci-dessous, à la fin du paragraphe. Notons qu'en ce qui concerne les vins rouges, à certains moments, les aérations pendant un transfert peuvent être positives sur le style du vin.

Les transferts de jus et des vins peuvent être aussi des opportunités pour certaines actions du fait du mouvement rapide du liquide. On peut citer par exemple l'incorporation homogène et régulière d'additifs ou de produits de collage.

Les échanges thermiques sont favorisés par les turbulences créées par les mouvements. Dans de nombreuses chaînes technologiques, les transferts de jus sont mis à profit pour réaliser les échanges thermiques.

Les risques principaux sont les frottements et les altérations de l'état colloïdal ou des particules en suspension, avec les impacts décrits en détail dans le premier point de ce chapitre. Dans le cas des remontages avec une pompe en vinification en rouge, les pépins peuvent être écrasés avec des conséquences très négatives pour le vin. Ce risque important doit être géré. On citera des cuves équipées en poste fixe de pompes centrifuges dont la prise de jus se situe dans la zone où se concentrent les pépins. Ceux-ci sont aspirés, puis broyés. La gestion du risque décrit ci-dessus est pratiquement impossible avec une telle conception des matériels.

Parmi les autres risques, on peut citer les introductions non maîtrisées d'air. La qualité et l'entretien des raccords, des presse-étoupe des pompes centrifuges sont essentiels pour limiter ces risques. Rappelons que la consommation en oxygène des jus et des vins augmente avec les basses températures. On augmentera les précautions de travail dans les transferts des jus et des vins froids.

13.3 - L'état des lieux en France et dans le monde

Les transferts des jus et des vins sont très variables d'une cave à l'autre.

On peut citer des moyens aussi variés que la simple gravité, les tuyaux, les pompes à piston, les pompes à rotor hélicoïdal, des rigoles en maçonnerie, des plans inclinés, etc.

Pour gérer les risques d'oxydations des jus et des vins, on peut citer deux solutions pratiques. Dans certaines caves, on sature les tuyaux et les cuves de réception de gaz neutre, en général du CO₂. Dans d'autres caves, lors du transfert des jus ou des vins, par un piquage sur les canalisations, on injecte régulièrement du CO₂ ou du N₂. Dans les 2 cas, cette utilisation de gaz neutre a pour objet de limiter les contacts entre les liquides et l'air. Ceci peut être complété par une protection dite interne du jus ou du vin par un ajout de SO₂ comme décrit dans le paragraphe traitant de cette opération unitaire.

A l'inverse, lors de certains transferts de jus, voire de vin, on peut rechercher à optimiser le transfert d'air ou d'oxygène pur dans le liquide. Les solutions pratiques que l'on peut décrire sont très variées. On peut citer l'écoulement en couche mince sur un plan incliné en sortie de cuve, l'injection directe de gaz comprimé par des systèmes spécifiques intercalés dans le circuit de transfert, la création d'un effet Venturi par un piquage ouvert sur la canalisation, ou par introduction d'un raccord en métal fritté, etc.

Références bibliographiques

- Cabanis JC, Blaise A (1995). Les matériaux libèrent-ils des polluants? Réglementation particulière aux matériaux destinés au contact avec les denrées alimentaires. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, **numéro hors série**. Matériel de réception et de traitement de la vendange, 1995.
- Codex alimentarius (1995). Lignes directrices HACCP, Volume 1B. F.A.O., Roma.
- Delteil D (1989). Le levurage en œnologie. Cevilar, Montpellier.
- Delteil D (1995). Les macérations en rouge : l'art du détail. *Revue des Oenologues*, n°77, septembre 1995, 22-25.
- Heard GM, Fleet GH (1988). The effect of sulfur dioxide on yeast growth during natural and inoculated wine fermentation. *Australian Wine Industry Journal*, Volume 3, N°4, novembre 1988, 57-60.
- Ibarrola M (1989). Las prensas de bandas : una tecnologia punta en la elaboracion de vinos blancos de calidad. *Viticultura / Enologia Profesional*, **N°1** : enero/marzo 1989, 61-65.
- Vromandt G (1992). Panorama des techniques. *Viti*, juin 1992, 26-29.