

Bonnes Pratiques de Macro-oxygénation.

Etude d'un cas concret pour les vins rouges

Par **Dominique DELTEL**, consultant vitivinicole

Article paru dans la Revue des Œnologues N°125S de novembre 2007

Introduction et définitions

Cet article a pour but de transmettre certains savoir-faire pratiques que j'utilise dans mon métier de consultant œnologique. Cet article n'a pas le but de faire un point exhaustif sur la **macro-oxygénation**. Les affirmations, conseils et considérations ci-dessous proviennent de mes expériences de 15 années de R&D sur le thème et de leur validation sur le terrain dans la plupart des pays viticoles, pour différents segments de marchés.

Pour traiter des Bonnes Pratiques sur un thème aussi complexe que la **macro-oxygénation**, je fais souvent le choix de commencer par un cas concret de segment de marché, de prix, de cépage, etc., de le commenter et de conclure sur les principales erreurs à ne pas commettre. Avec mon expérience de formateur, cela me semble le moyen le plus efficace pour faire passer des messages pratiques en un seul article : on peut faire la liste exhaustive des points clés tout en les mettant en jeu dans un cas concret et pratique. J'espère que cette forme recueillera votre intérêt même si elle peut surprendre par rapport à de classiques articles académiques.

Note : à cause du lectorat international de la revue, les techniques citées dans cet article sont celles reconnues par l'OIV (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin). Chaque lecteur doit vérifier si dans son pays ou sa région des réglementations plus restrictives sont appliquées ou non.

Par convention, la **macro-oxygénation** est l'apport d'oxygène, à un niveau de plusieurs milligrammes par litre de jus ou de vin, dans un délai de quelques heures. Cette définition pourrait faire croire que la **macro-oxygénation** est une opération simple. Il n'en est rien. Pour être cohérent et efficace, le programme de **macro-oxygénation** de l'exemple ci-dessous se construit à partir d'une trentaine d'éléments.

La « **macro-oxygénation** simple dose » correspond à un apport unique en 1 à 4 heures, par exemple apporter 6 mg/L en 2 heures à une cuve en fermentation avec un macro-oxygénateur.

La « **macro-oxygénation** continue » correspond à l'apport en continu de plusieurs milligrammes d'oxygène sur plusieurs jours, par exemple apporter 0,5 mg/L par heure entre 1080 et 1020 de densité.

Dans l'exemple concret ci-dessous, j'ai choisi la technique de la **macro-oxygénation** simple dose car c'est celle pour laquelle j'ai le plus de références expérimentales et pratiques. A ma connaissance, la **macro-oxygénation** continue est utilisée dans quelques caves équipées avec des macro-oxygénateurs fixes sur chaque cuve, ce qui est encore assez peu courant. Je n'ai pas connaissance d'essais comparatifs entre des **macro-oxygénations** continues et des **macro-oxygénations** simples doses. Je resterai donc dans le domaine du connu.

Les limites des remontages et des soutirages pour macro-oxygéner

Dans l'exemple ci-dessous, je ne parle pas de remontages ou des soutirages pour les apports d'oxygène. En effet, je considère qu'en 2007, les Bonnes Pratiques de Macro-oxygénations s'appliquent avec un macro-oxygénateur. Pour de multiples raisons : un macro-oxygénateur permet de travailler avec différentes doses y compris des doses inférieures à celles qu'un remontage est supposé apporter, il permet flexibilité et rapidité d'apport, précision, répétabilité, homogénéité de l'apport d'oxygène, gain de temps dans la mise en œuvre, même quand il n'est pas en poste fixe, gain de temps de nettoyage par rapport aux pompes et tuyaux que nécessite un remontage.

L'exemple concret ci-dessous illustre cet avantage fondamental du macro-oxygénateur par rapport aux remontages car il s'agit d'une procédure où les apports d'oxygène sont indispensables, fréquents, précis et souvent avec des doses assez faibles. Le risque pour une telle procédure est souvent d'apporter trop d'oxygène ou de ne pas être homogène. Les remontages ne permettent d'apporter de l'oxygène que sur la partie du liquide qui subit un effet Venturi en dehors de la cuve. Tout le liquide n'est pas oxygéné car souvent le volume pompé est insuffisant. En plus il y a toujours des passages préférentiels dans le liquide. En conséquence, certaines parties du liquide passent plusieurs fois hors de la cuve. Par contre, certaines parties ne sont jamais oxygénées. Les passages préférentiels du liquide dans le chapeau de marc sont bien connus. Ceux du liquide dans la masse du liquide le sont moins. C'est pourtant une réalité.

Avec les remontages on ne raisonne pas en oxygène apporté car on ne peut pas l'évaluer. On raisonne en oxygène dissous. Or les travaux sur les besoins des levures en oxygène ont été faits en mesurant l'oxygène apporté, et non pas l'oxygène dissous qui en résulte (travaux de Jean Marie Sablayrolles à l'INRA de

Montpellier). D'autre part, l'oxygène dissous mesuré est le résultat de l'oxygène transféré moins l'oxygène consommé par le système en particulier par les levures en fermentation. Cette consommation est très rapide et très élevée. Ceci dit, pour essayer de transférer certaines recommandations, on peut considérer que grosso modo 5 à 8 mg/L d'oxygène sont transférée à du jus en fermentation qui subit un effet Venturi avec l'air. Attention : seule la partie de liquide qui subit cet effet est oxygéné. Dans les commentaires après l'exemple concret, pour une cave sans macro-oxygénateur, je donnerai des indications pour essayer de s'approcher des recommandations avec seulement des remontages ou de soutirages.

Exemple de procédure : macération courte adaptée à des cépages de faible potentiel couleur (Grenache Noir, Schiava (zone du Haut Adige en Italie), etc.) pour les marchés internationaux de cœur de gamme (2-3 Euro F.O.B.)

1. Objectifs généraux de style

1.1. Profil analytique en bouteille : pH entre 3,40 et 3,50 ; %vol entre 13,5 et 14,5 ; IPT entre 45 et 60.

Note : pour être compétitif au niveau international au niveau du style et des coûts, il est recommandé de travailler avec des raisins cultivés dans des zones où une maturité « technologique » (sucres/pH) élevée est facile à atteindre. Il est donc probable que le pH des raisins sera plus élevé que le pH prévu au niveau commercial. Des acidifications seront donc très probablement nécessaires.

1.2. Profil sensoriel : couleur rouge vif sans nuances orangées ; arômes fruités et légèrement fumés-minéraux sans odeurs soufrées ou caractères herbacés, sans caractères boisés de sciure ou de vanillés, sans caractères oxydatifs (épices ou fruits cuits), sans odeurs animales (mauvaise haleine ou viande avariée) ; volume en attaque de bouche élevé pour le segment de marché, acidité présente mais non agressive, sècheresse faible, absence d'amertume et de caractères métalliques en fin de bouche.

Note : avec de tels cépages, le respect des caractères généraux ci-dessus permet l'expression des originalités des raisins. A l'inverse, la présence, même légère, de l'un ou l'autre des défauts listés ci-dessus leur fait perdre la majeure partie de leur valeur au niveau international sur ce segment de marché (même si ce sont des caractères fréquents dans certaines régions viticoles et même si les vinificateurs s'y sont accoutumés). Ces défauts standardisent complètement les vins et leur font perdre leur valeur pour le public prêt à payer pour la personnalisation des vins.

1.3. Longévité : pendant 24 mois en bouteille, maintien des profils sensoriels, en particulier sans le développement des défauts listés ci-dessus.

2. Récolte et phases préfermentaires

2.1. Récolte mécanique :

- Dès la benne de la machine à vendanger, ajouter 0,5 à 2 g/kilo d'acide tartrique pour arriver à pH 3,5 ; ajouter 3 g/hl de SO₂ (6 g/hl de métabisulfite de potassium).
- Récolter les raisins à moins de 25°C, en récoltant la nuit si nécessaires dans les régions très chaudes.

2.2. Réception à la cave :

- Ajouter l'acide tartrique nécessaire pour arriver à pH 3,5. Pour la récolte mécanique, tenir compte de l'acide tartrique ajouté à la machine à vendanger.
- Ajouter 3 g/hl de SO₂ sur les raisins issus de récolte manuelle. Pour les raisins déjà sulfités lors de la vendange mécanique, ajuster la dose à la cave. Une partie du SO₂ aura été consommé lors de la récolte et du transport. L'objectif est d'arriver à 30-40 mg/L de SO₂ Total dans le jus de la cuve après un remontage d'homogénéisation.

Commentaires sur la macro-oxygénation

Un tel niveau d'IPT oblige à de la mesure dans les doses d'oxygénation.

De tels raisins sont pauvres en azote assimilable pour la levure. Il est probable qu'il y ait des problèmes d'odeurs soufrées. La **macro-oxygénation** fréquente sera indispensable pendant toute la fermentation.

Ce type de vin oblige à travailler avec des doses assez faibles mais fréquentes pour éviter les odeurs soufrées et herbacées mais sans perdre le potentiel de fruité-fumé

La longévité d'un tel vin se construit d'abord à partir d'une matrice colloïdale concentrée en polysaccharides de raisin, de levure, de bois et de bactéries et par l'absence d'odeurs soufrées dominantes. D'où l'importance d'une **macro-oxygénation** bien gérée.

L'ajustement du pH et de la température aident beaucoup à la stabilisation de la couleur sur de tels raisins. A partir d'un pH conforme, les **macro-oxygénations** qui permettent d'éviter les odeurs soufrées stabilisent suffisamment la couleur. Il n'y a pas besoin de « forcer le trait » avec l'oxygène.

Tout surplus de SO₂ est une source d'atomes soufrés pour les levures et donc accentue les risques d'odeurs soufrées et nécessiterait une adaptation de la **macro-oxygénation**. Plus il y a de SO₂ et plus la levure produit d'acétaldéhyde. Cet acétaldéhyde est très négatif pour la gestion future du SO₂ moléculaire en bouteille

- Ajouter des enzymes de macération, si possible des enzymes pauvres en cinnamyl-estérase (préparations dénommées « FCE »). Dose : fourchette haute de la formulation commerciale. En effet, les raisins pour ce niveau de gamme sont rarement complètement mûrs au niveau cellulaire et la macération sera courte. La dose suffisante doit permettre la diffusion précoce et rapide des éléments les plus hydrosolubles de la pulpe et de la pellicule.

2.3. Erafler et fouler.

2.4. Ajouter 3-4 g/kg de morceaux de bois de chêne (taille « écailles », chêne français, toasté « moyen plus »). Note : Le bois non-toasté n'a pas sur les odeurs soufrées l'effet préventif décrit dans la colonne de commentaires.

- Apport « en liberté » (c'est-à-dire sans les mettre en sac), en fond de cuve avant de pomper les raisins par-dessus.
- Note : Le choix de la dose, du type de bois et les autres paramètres de la procédure ont pour but d'atteindre les objectifs de style décrits ci-dessus, c'est-à-dire développer et stabiliser les caractères fruités/fumés, éviter les caractères boisés de « sciure » ou de « vanillé » et les tanins secs pendant la vie commerciale du produit.

2.5. Ajuster la température des raisins à 20°C. Il est recommandé d'effectuer le refroidissement par échangeur à vendange pour éviter de longs pompages de refroidissement du jus une fois les raisins dans la cuve. Note : en dehors du Pinot Noir, la macération préfermentaire à froid (MPF) n'est pas recommandée pour ce niveau de gamme. En effet, les viticultures qui permettent d'avoir des raisins à coûts acceptables pour ce segment ne permettent pas des maturités phénoliques et cellulaires suffisantes quand le niveau de sucre acceptable est atteint. Il y a donc des risques de caractères végétaux voire herbacés dominants, sans parler des coûts et risques supplémentaires.

2.6. Préparer l'ensemencement levurien pour pouvoir inoculer dès le début du remplissage de la cuve.

- Protéger la levure des stress en intégrant des levures inactivées spécifiques (GoFerm Protect par exemple) dans l'eau de réhydratation.
- 25 g/hl de levures sèches actives (LSA) pour les raisins de 13 à 13,5% vol potentiel ; 30 g/hl de LSA pour les raisins de 14% vol et plus.
- Souches ICV-GRE, ICV-D21. Fermentation en souche pure. Assemblage des vins après la fermentation alcoolique ou après la fermentation malolactique.
- Après les 20 minutes de réhydratation à 38-40°C, adapter les levures à la température en baissant la température à 30°C avec du jus frais. Attendre 15 minutes. Baisser la température à 20°C avec du jus frais. Attendre 15 minutes. Inoculer.

3. Macération fermentaire

3.1. Maintenir la température à 20°C pendant les 2-3 premiers jours de macération pour permettre une diffusion des pigments, des polysaccharides, des polyphénols et des composés d'arômes le plus hydrosolubles.

3.2. Le jour où le chapeau de marc se forme, inoculer avec une souche de bactérie lactique (par exemple Lalvin VP41). Faire une analyse initiale de l'acide malique.

Commentaires sur la macro-oxygénation

Les enzymes aident aux diffusions des polysaccharides de raisin (voir la note sur la longévité) et des pigments. Elles limitent aussi la production des odeurs soufrées. Ceci permet d'être efficace avec des faibles doses d'oxygène sur les odeurs soufrées, sans risquer d'oxyder le potentiel fruité.

Le bois de chêne toasté influe à plusieurs niveaux sur la stratégie de **macro-oxygénation**. Il limite les risques d'odeurs soufrées. Il apporte des notes minérales-fumées qui font partie de l'objectif. Elles couvrent une partie des odeurs soufrées résiduelles. On est moins obligé d'aller « à fond » dans l'élimination des odeurs soufrées. On peut donc préserver mieux un fruité intense et frais. On peut facilement travailler avec de faibles doses fréquentes d'oxygène, ce qui est favorable à l'objectif de fruité intense. Par ailleurs le bois est un puissant tampon par rapport aux risques d'excès d'oxygène. Quand il y a du bois à une telle dose, on a une certaine marge de manœuvre pour travailler ponctuellement plus intensément si besoin est.

La levure est un point clé de la stratégie de **macro-oxygénation**. La levure est l'élément qui consomme le plus d'oxygène. Les différentes souches ont des besoins différents pour pouvoir terminer la fermentation. La levure est la principale source d'odeurs soufrées quand son métabolisme est perturbé. La sensibilité de la souche, sa protection pendant la réhydratation, sa nutrition pendant la fermentation sont des points clés pour ajuster les **macro-oxygénations**, soit en prévention des problèmes, soit en curatif en temps réel. Dernier point clé : pendant l'élevage, la quantité de levure (c'est-à-dire de lies légères) pilote les doses d'oxygène et les fréquences d'apport.

3.3. Programme de **macro-oxygénation**. Dès que le chapeau de marc est formé, faire deux **macro-oxygénation simples doses** par jour sous le chapeau, à 4-5 mg/L. L'objectif est d'avoir des arômes fruités sans odeurs soufrées. Si de telles doses sont suffisantes pour éviter l'apparition d'odeurs soufrées, elles sont nécessaires et suffisantes pour la stabilisation des pigments et pour la qualité des perceptions gustatives. Si des odeurs soufrées apparaissent, passer à 3 voire 4 **macro-oxygénations simples doses** par jour sans augmenter les doses. Retourner à 2 **macro-oxygénations simples doses** par jour dès que les odeurs soufrées ne sont plus perceptibles, et ce tant que dure la macération fermentaire. Ces doses tiennent compte de toutes les remarques précédentes. Pour ce type d'objectif de style, on travaille avec des doses assez faibles mais avec des apports fréquents.

3.4. Délester 2 fois par jour, si possible. Pendant le délestage, quand le jus est pompé pour retourner dans la cuve de macération, éliminer les pépins et les bourbes lourdes qui ont sédimenté dans la cuve de réception.

3.5. Agiter le jus sous le chapeau de marc 2 fois par jour à partir du moment où le chapeau de marc est formé. Intercaler ces agitations entre les délestages.

3.6. A un tiers de la consommation des sucres, ajouter un nutriment complexe pour la levure, nutriment contenant des levures inactivées spécifiques (par exemple : Fermaid E).

3.7. Passer à 22-23°C pendant le reste de la macération.

3.8. Décuver quand la couleur est à son maximum, avant que des sensations tanniques agressives ne soient dominantes. Etant donné le régime thermique et les objectifs de style, il reste des sucres dans le jus.

Commentaires sur la macro-oxygénation

Quand le chapeau est formé il y a déjà une forte population levurienne très avide d'oxygène. Il faut déjà lui apporter de l'oxygène pour limiter les risques de production d'acide acétique. Cette avidité de la levure active vis à vis de l'oxygène permet aussi d'apporter précocement de l'oxygène pour la matrice pigments-polysaccharides-polyphénols qui diffusent des raisins, et ce sans risque d'oxyder certains caractères fruités.

Le délestage joue sur les doses et la fréquence des **oxygénations** : en bougeant les levures de fond de cuve il limite les risques d'odeurs soufrées et en favorisant la diffusion précoce des polysaccharides et des pigments du raisin, il permet d'avoir une matrice colloïdale plus stable qui ne nécessite pas un violent travail avec l'oxygène.

→ Les agitations et l'élimination des bourbes pendant les délestages jouent directement sur les risques d'odeurs soufrées et donc en conséquence sur les fréquences de **macro-oxygénation**.

Cette nutrition-clé de la levure permet de limiter les risques d'odeurs soufrées et donc permet de rester sur des doses de **macro-oxygénation** modérées pour à la fois gérer les risques mais aussi préserver les caractères fragiles du raisin.

La température modérée a pour but de favoriser les diffusions des éléments les plus hydrosolubles du raisin mais aussi de limiter le stress de la levure et limiter ainsi les risques d'odeurs soufrées. A nouveau un avantage pour gérer les risques sans devoir travailler avec de fortes doses d'oxygène.

Le travail de **macro-oxygénation** doit permettre de prévenir les odeurs soufrées et travailler la matrice polyphénolique pour éviter les sensations tanniques agressives. Au moment crucial du décuvage, le vinificateur peut ainsi plus facilement percevoir le niveau des extractions, sans risques d'interférence.

4. Fin de fermentation alcoolique

4.1. Presser la vendange en fermentation en évitant de triturer le marc pendant le transfert entre la cuve et le pressoir. Séparer les jus qui sortent au dessus de 0,5-0,6 bar. Les déguster. S'ils sont conformes aux objectifs de style les assembler avec le jus d'écoulage. Note : avec de bonnes pratiques d'hygiène de cave, les niveaux de pH recommandés, la maîtrise de la fermentation alcoolique proposée et la co-inoculation avec des bactéries lactiques sélectionnées, les risques de déviations lactiques indigènes sont extrêmement bas.

4.2. Ajuster la température à 18°C. Maintenir cette température jusqu'à la fin de la fermentation.

4.3. Faire une **macro-oxygénation** simple dose de 1 mg/L dès que les jus sont assemblés.

4.4. Douze heures après l'écoulage, soutirer en séparant les lourdes bourbes végétales qui ont sédimentées pendant ce laps de temps. Note 1 : les cavistes qui doivent réaliser cette opération pour la première fois ne croient pas que des bourbes seront significativement présentes en fond de cuve. En effet la cuve a le même aspect en mouvement depuis le dessus, au moment de l'écoulage et 12 heures après. En fait les bourbes lourdes que l'on cherche à éliminer sédimentent à plus de 1 mètre par heure, quelles que soient les conditions de fermentation, y compris dans des cuves de plus de 5000 hl ! Note 2 : dans le cas où l'écoulage se fait dans des cuves de plus de 1000 hl, il est recommandé d'attendre 18-24 heures. Sans dépasser ce délai.

4.5. Fin de fermentation à 18°C, avec une ou deux agitations par jour. Avec un agitateur rotatif jusqu'à ce que le liquide apparaisse homogène vu de dessus.

4.6. Vérifier le niveau de l'acide malique tous les 2-3 jours.

4.7. Deux **macro-oxygénations** simples doses de 1 mg/L. par jour. Si des odeurs soufrées apparaissent, passer à 3 voire 4 **macro-oxygénations** simples doses par jour sans augmenter les doses. Retourner à 2 **macro-oxygénations** simples doses par jour dès que les odeurs soufrées ne sont plus perceptibles, et ce tant que dure la fermentation. Note : Comme dit précédemment ce type de vinification avec macération courte augmente les risques de production d'odeurs soufrées. De nombreuses actions menées jusqu'à ce point ont activement participé à la prévention des odeurs soufrées (choix de la levure, sa protection, sa nutrition, les **macro-oxygénations** en macération, le soutirage post décuvage, etc.) et les **macro-oxygénations** recommandées au début de ce paragraphe continuent cette prévention. Même si cette prévention n'est pas totalement efficace à ce moment, il est recommandé de jouer sur une fréquence plus élevée de **macro-oxygénations** simples doses et d'agitations, sans avoir recours à un traitement au sulfate de cuivre. En effet le cuivre est un puissant oxydant à large spectre. Il éliminerait des caractères fruités variétaux et provoquerait une perte de volume et de rondeur en bouche, voire créerait de l'amertume et des sensations métalliques à dose trop forte. Toutes ces conséquences sont négatives pour les profils recherchés.

4.8. Dès que les sucres sont terminés, soutirer sans aérer. Note : avec les agitations régulières, seules sédimentent les lies les plus lourdes, celles qui ont sédimentées depuis la dernière agitation. Il s'agit essentiellement des cristaux de tartre plus ou moins colorés formés depuis l'écoulage. Certains cavistes sont déçus par le peu de lies en fond de cuve avec un tel programme et remettent en cause l'intérêt d'un soutirage qui élimine si peu de chose, du point de vue de la hauteur de lie. Cette élimination est très importante car elle permet de maintenir la plupart des levures en suspension pour le travail de stabilisation de la matrice colloïdale et de limiter les risques d'odeurs soufrées pendant la fermentation malolactique.

Commentaires sur la macro-oxygénation

Il n'y a plus l'effet tampon du marc. On réduit donc la dose d'oxygène.

Ce soutirage est fondamental : s'il n'est pas bien fait on est obligé de **macro-oxygéner** beaucoup plus sans aucune garantie de maîtrise des odeurs soufrées et végétales, et avec des risques d'oxyder les caractères fruités-fumés.

L'oxygène est maîtrisé quantitativement par les **macro-oxygénations**. Dans une telle procédure, il n'est pas recommandé d'aérer quand on soutire car on apporterait des quantités non connues et non reproductibles pendant les soutirages, souvent excessives.

Cette température de fin de fermentation est favorable pour les levures et les bactéries co-inoculées. Elle donne aussi un certain délai pour l'achèvement des sucres. Ce délai permet de travailler avec un plus grand nombre de **macro-oxygénations** à doses modérées, pour bien stabiliser la matrice colloïdale et bien stabiliser à long terme les risques d'odeurs soufrées. L'activité des levures limite grandement les risques d'excès d'oxygène et les risques de perte de fruité inhérents à ces éventuels excès.

Ici aussi cette élimination des lies lourdes permet de stabiliser le vin avec des doses modérées d'oxygène. Le maintien des lies lourdes obligerait à des ajouts plus violents sans garantie de succès.

5. Fermentation malolactique

5.1. Jusqu'à l'épuisement complet de l'acide malique : maintenir la température à 18°C et agiter une fois par jour.

5.2. Faire une **macro-oxygénation** simple dose de 0,5 mg/L une fois par jour jusqu'à la consommation de 50% de l'acide malique. Si des caractères de fruit légèrement cuit ou épicés-vanillés apparaissent : arrêter les oxygénations. Si des odeurs soufrées apparaissent, passer à 2 ou 3 agitations par jour et une ou 2 **macro-oxygénations** simples doses de plus, sans augmenter la dose.

5.3. Suivi régulier de la chute de l'acide malique : 2 ou 3 fois par semaine selon la vitesse de dégradation et son niveau.

5.4. Dès que l'acide malique est complètement dégradé, procéder au soutirage et sulfitage :

- Si le jus et le vin n'ont jamais présenté d'excès d'odeurs soufrées et si des odeurs épicées-vanillées ont commencé à se développer pendant la fermentation malolactique : ajuster le pH (selon l'objectif de produit défini en introduction), sulfiter à 4 g/hl dans la cuve où a eu lieu la fermentation malolactique, pendant une agitation. Soutirer 6 à 12 heures après la fin de l'homogénéisation en fonction de la hauteur de la cuve, sans aérer.
- Si le jus et le vin en cours de fermentation malolactique ont présenté des odeurs soufrées et/ou si les odeurs minérales-fumées sont dominantes par rapport aux arômes fruités : soutirer sans aérer et ajuster le pH puis sulfiter à 4 g/hl dans la cuve de réception du vin. Profiter du mouvement du vin dans la cuve d'arrivée pour homogénéiser l'acide tartrique et le SO₂.

6. Premier mois de l'élevage

6.1. Vérifier l'homogénéité du SO₂ Total en prélevant des échantillons en haut et en bas de la cuve. Vérifier le niveau du pH et de SO₂ Libre. Ajuster le pH si nécessaire.

6.2. Ajuster la température à 14-15°C.

6.3. Faire une agitation tous les 2 jours pendant 2 semaines. Pas d'oxygénations si le profil sensoriel est conforme, en particulier l'équilibre entre les arômes minéraux et les arômes fruités. Pour de tels objectifs de style, le programme de **macro-oxygénation** mené jusqu'à la fin de la fermentation malolactique doit permettre de piloter le style aromatique et gustatif à partir des seules agitations. Du fait de la présence de la quasi totalité de la biomasse levurienne (rappel : tous les soutirages jusqu'à ce point n'ont éliminé que les lies lourdes), cette période est très active au niveau de la stabilisation de la matrice colloïdale. Ceci jouera beaucoup sur la longévité du vin.

6.4. Au bout de 15 jours, soutirer 24 heures après une agitation, sans aérer. Agiter 2 fois par semaine pendant 15 jours.

6.5. Si l'équilibre aromatique ne se maintient pas dans la conformité pendant cette quinzaine :

- Arômes minéraux trop dominants, voire soufrés : soutirer à nouveau sans aération. Reprendre le rythme d'une agitation tous les 2 jours jusqu'au retour à la conformité sensorielle. Si, jusqu'à ce stade le vin a toujours été conforme, avec cette structure phénolique et colloïdale il est rare que de violents problèmes soufrés apparaissent alors. On privilégie donc le travail de soutirage sans air, d'agitations, de travail avec des levures inactivées comme Optired, de léger traitement avec l'acide ascorbique pour maintenir la conformité sensorielle. Note 1 : l'acide ascorbique à 0,1-0,2 g/hl aide généralement à maîtriser les odeurs soufrées sur des vins de telle structure avec ces objectifs sensoriels. Note 2 : Bien évidemment si le problème n'est pas contenu ainsi, on commencera un traitement de micro-oxygénation continue (dose de début de traitement : 0,5 – 1, 0 mg/litre/mois). On arrêtera dès que la conformité sensorielle est retrouvée. Il est essentiel de s'arrêter avant de perdre les arômes fruités-minéraux et d'avoir la moindre sécheresse en fin de bouche.

Commentaires sur la macro-oxygénation

Les agitations sont aussi un point clé de la stratégie de **macro-oxygénation**. Si elles sont suffisantes, les risques d'odeurs soufrées et herbacées sont limités et à nouveau on peut bien stabiliser le système sans risquer d'oxyder des caractères commercialement intéressants.

A nouveau un soutirage clé. A réaliser avec précision et au bon moment.

La température d'élevage en cuve est un point clé. Les risques d'odeurs soufrées sont plus faibles qu'à une température plus élevée. Ceci n'est pas toujours connu. Les risques d'oxydations sont nettement plus faibles. Ceci est par contre bien connu.

L'objectif n'est de rentabiliser au maximum le macro-oxygénateur ! Quand il n'y en a plus besoin, que la matrice est bien stabilisée, on arrête les apports d'oxygène. On ne peut le faire que si la stratégie de **macro-oxygénation** a été pensée en fonction du style du vin et en fonction de dizaines de détails de la procédure.

Ces interventions correctives du point 6.5. sont un certain constat d'échec de la stratégie de **macro-oxygénation**. Y-a-t-il eu une évaluation insuffisante des risques ? Une application imprécise de la procédure ? L'analyse des insuffisances doit permettre de progresser pour les prochaines cuvées.

- Arômes épicés – vanillés présents à ce stade : ralentir le rythme des agitations. Soutirer sans aérer car les lies lourdes peuvent accélérer le rythme des oxydations. Selon le cas, un traitement à 0,3-0,5 g/hl d'acide ascorbique aidera à regagner le niveau de fruité-minéral nécessaire au niveau commercial. Cet acide ascorbique aura aussi un rôle dans la prévention du développement des odeurs soufrées quand le rythme des agitations sera abaissé. Ceci n'est pas paradoxal : il est bien connu que certains thiols sont encore présents et malodorants quand certains autres composés commencent à s'oxyder.

Commentaires sur la macro-oxygénation

Analyse du cas concret

Planifier un programme de macro-oxygénation

Cet exemple illustre le fait qu'un programme de **macro-oxygénation** se construit avec des doses, des fréquences d'apport variables en fonction des objectifs, des raisins, de la vinification et des résultats des contrôles qualité, en particulier les contrôles sensoriels. Il est nécessaire de planifier le travail. Il n'est pas recommandé de commencer à vinifier sans stratégie de **macro-oxygénation** et de se laisser guider par ses seuls sens ou ses intuitions.

Il est fondamental d'être équipé et organisé pour réaliser précisément ce programme. Ensuite on doit l'adapter en fonction des résultats des fréquents contrôles qualité. Aujourd'hui la dégustation fréquente reste l'outil le plus précis pour valider ou adapter le programme, en plus des analyses classiques : SO₂, acidité volatile, acide malique, etc. On pourrait espérer que des mesures d'oxygène dissous ou de potentiel redox soient utiles. Hélas ce ne sont pas des outils opérationnels aujourd'hui.

Passer en revue les principaux points clés pour établir le programme de macro-oxygénation

Cet exemple illustre les étapes et les points clés pour déterminer les doses et les fréquences de **macro-oxygénation**. Il est recommandé de procéder dans cet ordre :

1. **Définir l'objectif de produit** : le marché cible (pays, réseau de distribution), le segment de prix, le style sensoriel et la longévité. En première approche ceci donne l'orientation sur des doses faibles ou fortes. Dans cet exemple, l'objectif de produit oriente vers des doses plutôt faibles.
2. **Définir les raisins nécessaires** : cépage, terroir, rendement, état sanitaire, fourchette de maturité technologique (maturité minimale nécessaire et maturité maximale acceptable), critères minimaux de profils sensoriels des raisins. L'expérience permet de savoir si tel cépage dans tel terroir sera un fort ou un faible consommateur d'oxygène.
3. **Mesurer la validité des raisins pour évaluer** :
 - a. Les potentialités de couleur et de concentration phénolique. Ceci orientera vers des doses plus ou moins élevées.
 - b. Les risques fermentaires en termes de régularité et d'achèvement de la fermentation et les risques d'odeurs soufrées. Ceci orientera les besoins de la levure au niveau des doses et des moments d'apports d'oxygène.
 - c. Les risques d'odeurs et goûts herbacés. L'ajustement des doses d'oxygène sert à éviter les odeurs soufrées qui sont des exhausteurs des perceptions herbacées. L'oxygène n'a pas un impact réel direct sur les perceptions herbacées.
 - d. Les risques de sensations tanniques agressives (excès d'astringence et/ou de sécheresse et/ou d'amertume). L'ajustement des doses d'oxygène et des fréquences d'apport sert à stabiliser de façon précoce la matrice colloïdale-phénolique et éviter les expressions agressives.
4. **Définir la procédure de vinification en entrant dans les détails** :
 - a. Les souches de levures et la gestion de leur protection et de leur nutrition. Les différentes souches ont des besoins différents en oxygène, en fonction de facteurs multiples du jus (sucres, azote assimilable, stérols levuriens, température, etc.). En cas de non-levurage, on prend bien sûr l'hypothèse que la microflore indigène a de forts besoins. Ceci peut conduire à apporter aussi beaucoup d'oxygène à des germes d'altération présent dans la microflore indigène.
 - b. Les équipements d'extraction (érafloir et fouloir, moyen de pigeage, remontage, délestage, etc.), la gestion des températures et la durée de macération. En effet, les cinétiques d'extraction pilotent les doses et les fréquences d'apport d'oxygène pour pouvoir stabiliser la matrice colloïdale-phénolique. Il est nécessaire de s'adapter aux rythmes de diffusion et au niveau de concentration phénolique auquel on veut arriver au travers de la durée de macération. La température joue sur le stress de la levure et sur ses besoins en oxygène.
 - c. L'utilisation ou non de bois pendant la macération et/ou la fermentation. Le bois de chêne toasté participe directement à la limitation des odeurs soufrées et à la matrice colloïdale-phénolique. Ceci permet d'adapter les doses d'oxygène.

- d. Les agitations du jus sous le chapeau de marc et du vin après décuver. Elles participent directement à la limitation des odeurs soufrées et des sensations agressives. A prendre en compte dans la planification des doses et fréquences d'apport d'oxygène.
- e. Les soutirages ou les centrifugations. L'élimination des lies lourdes participe directement à la limitation des odeurs soufrées et des sensations agressives et donc influe sur les doses et les fréquences d'apport d'oxygène. La quantité de levures en suspension influe sur la stabilisation de la matrice colloïdale-phénolique et a un effet tampon déterminant sur la consommation de l'oxygène par le système vin-levures, et donc sur les besoins en oxygène et les effets des apports.

Comment appliquer cette procédure avec les seuls remontages et soutirages, sans macro-oxygénateur de qualité professionnelle ?

Rappelons que les résultats ne seront pas identiques à ceux proposés dans l'exemple. Toutefois le produit devrait être conforme aux objectifs s'il n'y a pas de problèmes particuliers avec les odeurs soufrées. Dans le cas contraire, ce sera très compliqué d'arriver aux objectifs sans oxyder une partie du potentiel fruité.

Pendant la macération fermentaire, une fois par jour, un des délestages sera fait avec un effet Venturi lors de la vidange de la cuve : faire couler le jus dans un baquet avec une hauteur de jet d'au moins 50 centimètres dans l'air. Avec de tels raisins, si les 2 délestages recommandés sont réalisés, un des deux se fait en circuit fermé sans chercher à oxygéner.

Le décuver se fait avec un passage par un baquet avec un effet Venturi sur le jet.

Pendant la fin de fermentation en phase liquide, les 2-3 premiers jours, on fait un remontage avec baquet et effet Venturi sur le jet. On pompe 150% du volume de jus s'il n'y a pas d'agitation pour que la majeure partie du jus passe par le jet et le baquet. 100% du volume s'il y a une agitation simultanée. Ensuite on arrête ces remontages et on fait 2 agitations par jour jusqu'à la fin des sucres s'il n'y a pas d'odeurs soufrées. S'il y a des odeurs soufrées, on poursuit les remontages quotidiens tant que la fermentation est active. Il faut d'abord atteindre l'objectif de netteté aromatique, même si on risque d'oxyder une partie du potentiel fruité. Il ya encore des levures actives et donc les risques sont plus limités qu'une fois le vin sec et soutiré.

Le soutirage post alcoolique se fait sans aération s'il n'y a pas d'odeurs soufrées. Avec aération s'il y en a. On s'éloigne de plus en plus de la procédure avec des macro-oxygénations maîtrisées car les soutirages aérés apportent beaucoup plus d'oxygène que ce qui est recommandé, et ce sur un vin qui devient de plus en plus fragile par rapport aux objectifs sensoriels.

En attendant la fin de la malolactique, on travaille avec des agitations, voire un peu de micro-oxygénation pour limiter les odeurs soufrées. Mais on risque de s'éloigner de l'objectif sensoriel défini en début d'exemple.

Eviter les principales erreurs connues

En conclusion, ceci permet de remettre en relief des points clés, en rappelant les risques que l'on court si on ne les applique pas. Ces erreurs ne sont pas des inventions de l'esprit. Je les ai rencontrées dans des caves.

- Eviter de concentrer les apports sur une courte période, en particulier sur la fin de fermentation ou une fois le vin décuver. On ne raisonne pas en disant « il y a tant d'IPT et donc j'apporte tant d'oxygène pour que telle ou telle réaction de stabilisation se fasse ». La matrice colloïdale-polyphénolique se construit de façon dynamique dès le début de la macération et on ne peut pas déterminer précisément à l'avance une quantité globale d'oxygène à apporter en une ou deux fois. Pour la levure, la prévention est la seule stratégie gagnante. Dès que le chapeau de marc est formé la population levurienne a besoin d'apports réguliers d'oxygène. Il a été démontré scientifiquement qu'il y a un moment optimal d'efficacité de l'oxygène pour la synthèse des stérols. Mais dans la pratique, en rouge, ces apports « optimaux » pour l'achèvement de la fermentation ne sont absolument pas suffisants pour gérer la prévention des odeurs soufrées. D'où la recommandation de macro-oxygénations simples doses fréquentes.
- Eviter d'appliquer une macro-oxygénation standard pour un cépage donné. Ici, il est évident qu'un Grenache de haut de gamme plus concentré en pigments et polyphénols aurait eu besoin de plus d'oxygène et sans doute d'une autre durée de macération.
- Eviter d'appliquer une macro-oxygénation standard pour un processus de vinification et un cépage donné. On revient à l'objectif de marché. Ici j'ai pris un objectif de style fruité-fumé sans excès tannique. Si on avait visé un style peut-être plus traditionnel épice-vanillé avec tanins dominants, on aurait changé nettement les doses de macro-oxygénation.

- Eviter d'appliquer un programme prédéfini sans suivre au jour le jour le profil sensoriel. Cela semble une évidence. Mais souvent sur le cœur de marché les caves des pays producteurs traditionnels ne consacrent pas assez de temps d'expert technique pour suivre chaque cuve au jour le jour. Dans cet article j'ai fait référence de très nombreuses fois à des adaptations de procédure si des odeurs soufrées apparaissent ou se maintiennent. Or ces odeurs ne se détectent que par la dégustation faite par une personne entraînée. Si on apporte les doses de base nécessaires à la levure et si on ajuste la fréquence des apports pour éviter les odeurs soufrées, on est proche de l'optimum pratique pour stabiliser la matrice colloïdale-phénolique et optimiser l'expression du potentiel des raisins avec une longévité optimisée par rapport à ses potentialités.