

## ■ CODE DE BONNE PRATIQUE DE VITICULTURE ET DE VINIFICATION BIOLOGIQUES



**Auteurs:** Trioli G.; Hofmann U.; Comuzzo P.; Cottereau P.; Jonis M.; Werner M.; Salmon JM.; Fragoulis G.; Barbier JM.; Zironi R.; Tat L. and Scobioala S.

**Editeurs:** Hofmann U.; vd Meer M.; Levite D.

Ce code de bonne viticulture et vinification biologique a été développé au sein du projet UE **“ORWI-NE Organic viticulture and wine-making: development of environment and consumer friendly technologies for organic wine quality improvement and scientifically based legislative framework”** – Sixth framework program: Area 1.2 - Task 1: Organic viticulture and wine processing - Specific Targeted Research or Innovation Project (STRIP) Priority 8.1: Policy-oriented Research (SSP)- Project Nr. 022769

**Auteurs:** Trioli G.; Hofmann U.; Comuzzo P.; Cottereau P.; Jonis M.; Werner M.; Salmon JM.; Fragoulis G.; Barbier JM.; Zironi R.; Tat L. and Scobioala S. (2009): ORWINE: Code de bonne viticulture et vinification biologique.

#### **Edité par**

Hofmann U. ECOVIN- Federal association of Organic Wine-Producer, Wormserstrasse 162; 55276 Oppenheim-Germany  
van der Meer M. Léвите D. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, CH-5070 Frick, Switzerland

**Traduit en français par:** M. van der Meer

#### **Tous droits réservés**

Tout ou partie de cette publication ne peut, en aucun cas, être reproduite, enregistrée dans un système de recherche, traduite ou transmise en aucune forme ni par aucun moyen, (électronique, mécanique, photocopie, copie sur CD ou autre) sans l'autorisation écrite des éditeurs.

#### **Production:**

**Design et composition:** Raul Martinello, frazione Rosso 7; I- 27050 Oliva Gessi (PV)

**Photos de couverture:** Uwe Hofmann, Piergiorgio Comuzzo

**Photos dans le texte:** ORWINE consortium: Uwe Hofmann, Dominique Levite, Piergiorgio Comuzzo, Jean-Michel Salmon, Philipp Cottereau, Eric Maille  
BIOCONT CZ- Milan Hluchy; BioVitis – Winery HU

**Impression:** Finidr, s.r.o.; Lipová a.p. 1965; 737 01 Cesky Tesín

**Copie sur CD:** TERRA computer systems s.r.o. Olomoucká 81; 627 00Brno

*Une version PDF en Anglais, Français, Italien et Espagnol peut être téléchargée gratuitement sur le site internet du projet: [www.orwine.org](http://www.orwine.org) ou sur <http://orgprints.org>*



**Fig. 1: Les partenaires du projet – Rencontre du 4 et 5 décembre 2006 à Frick**

## ■ LE PARTENARIAT D'ORWINE

Les auteurs et instituts suivants ont contribué à ce rapport.

#### **Uwe Hofmann,**

ECOVIN Federal Association of Organic Wine Producers  
Praelat-Werthmannstr. 37, D - 65366 Geisenheim -Germany,  
Tel.: +49 6722 981 000, Fax: +49 6722 981 002 [uwe@eco-consult.net](mailto:uwe@eco-consult.net)

#### **Gianni Trioli**

VINIDEA s.r.l.  
Piazza 1° Maggio 20, I - 29028 Ponte dell'Olio PC / Italy,  
Tel.: +39 05 2387 6423, Fax: +39 05 2387 6340 [gianni.trioli@vinideanet.com](mailto:gianni.trioli@vinideanet.com)

#### **Monique Jonis**

ITAB Institut Technique de l'Agriculture Biologique  
149 rue de Bercy, F - 75 595 Paris cedex 12 -France,  
Tel.: +33 467 062 393, Fax: +33 467 065 575 [monique.jonis@itab.asso.fr](mailto:monique.jonis@itab.asso.fr)

#### **Roberto, Zironi; Piergiorgio Comuzzo**

UNIUD Dipartimento di Scienze degli Alimenti, Università degli Studi di Udine - Italy  
Via Marangoni 97, 33100 Udine, Italy  
Tel.: +390432590741; Fax: +390432590719 [roberto.zironi@uniud.it](mailto:roberto.zironi@uniud.it)

### **Philippe Cottereau**

IFV Institut Français de la Vigne et du Vin  
IFV France, domaine de Donadille, 30230 Rodilhan, France  
Tel.: +33.04 66 20 67 07 ; Fax: +33.04 66 20 67 09 philippe.cottereau@itvfrance.com

### **Doris Rauhut, Maik Werner**

SRIG State Research Institute Geisenheim; Department of Microbiology and Biochemistry,  
Von-Lade-Straße 1, D-65366 Geisenheim, Germany  
Tel.: +49 (0) 6722 502 331; Fax: +49 (0) 6722 502 330 Doris.Rauhut@fa-gm.de

### **Jean-Michel Salmon, Jean-Marc Barbier**

INRA Institut National de la Recherche Agronomique, France  
2, Place Viala - 34060 Montpellier Cedex 01, France  
Tel.: +33 499.612505 ; Fax +33 499.612857 jmsalmon@ensam.inra.fr; barbierj@supagro.inra.fr

### **Markus vd Meer, Dominique Levite, Otto Schmid**

FIBL Research Institute of Organic Agriculture  
Ackerstrasse, 5070 Frick, -Switzerland. Tel.: +41 62 865 72 72, Fax: +41 62 865 72 73.  
E-Mail: markus.vandermeer@fibl.org, dominique.levite@fible.org  
www.fibl.org

### **Ettore, Capri, Georgios Fragoulis,**

Universita Cattolica del Sacro Cuore, Istituto di Chimica Agraria ed Ambientale,  
Via Emilia Parmense 84, Piacenza Tel.: +39 0523599218, Fax: +39 0523599217  
E-Mail: etttore.capri@unicatt.it

### **Cristina Micheloni**

Associazione Italiana Agricoltura Biologica  
Via Piave 14, I - 00187 Roma / Italy, Tel.: 0039 06 4543 7485 -6-7, Fax: 0039 06 4543 7469  
c.micheloni@aiab.it

### **Lena Wietheger, Marco Schlüter**

IFOAM EU Group, Rue du Commerce 124 BE-1000 Brussels  
Tel: +32 27342171, Fax: +32 27357381; Lena.Wietheger@ifoam-eu.org

## ■ PRÉFACE

*Lorsque qu'il a été question la première fois de ce document, les partenaires du projet imaginaient plutôt une petite brochure ou un manuel très bref. Durant les trois ans du projet, nous avons réalisé que beaucoup de données ont été acquises et que plus encore faisaient déjà partie du savoir-faire des viticulteurs et des connaissances scientifiques. Peu à peu, le nombre de pages a augmenté à 100, puis à 200 et plus mais tous les cas et possibilités qu'un producteur de vin peut rencontrer lors de son travail, n'ont cependant pas pu être envisagés.*

*Le lecteur ne trouvera donc pas dans ces pages les réponses à tous les problèmes de la viticulture et de la vinification biologique, mais plutôt une aide pour approcher le concept de durabilité qui requiert de chacun de nous de trouver ses propres solutions adaptées à chaque situation. Ce livre est donc un outil conçu pour aider chaque viticulteur à trouver son propre chemin pour élaborer un vin biologique de haute qualité tout en minimisant l'apport d'additifs externes aussi bien au vignoble qu'en cave et en préservant au mieux les caractères du raisin, du domaine et du producteur.*

*Ce n'est pas le seul ouvrage qu'il est utile de lire avant de faire du vin : c'est un condensé mais il doit d'un côté être correctement compris et utilisé, et de l'autre être complété par une connaissance détaillée des fondements de la viticulture et de l'oenologie. Celle-ci peut être tirée de beaucoup de publications et de cours.*

*Ce livre ce veut aussi un outil d'interprétation de la réglementation européenne de la vinification biologique qui entrera en vigueur d'ici peu et de la pratiquer – non comme un fardeau bureaucratique impératif mais comme un instrument destiné à améliorer la production et la communication avec le consommateur.*

*Si maintenant vous comptez le total des pages, vous en trouverez plus de 500, y compris les fiches techniques et autres documents contenus sur le CD. N'ayez pas peur du volume, c'est un ouvrage durable qui demande à être consulté régulièrement, pas d'être lu d'une traite. Gardez-le avec vous dans votre cave – il vieillira avec vos meilleurs vins.*

*Cristina Micheloni  
Coordinatrice du programme ORWINE*

## ■ AVANT-PROPOS DE DR DANIELLE TISSOT BOIREAU (Project Officer)

La «*Policy oriented research activity – "scientific support to policies" of the Sixth Research Framework Programme*» se proposait de supporter la formulation et la mise en oeuvre de législations communautaires par un agenda de recherches fondé sur des résultats scientifiques. Le focus était donc sur la «*Règlementation de l'agriculture et des aliments biologiques* » et ses normes d'exécution pour lesquelles il était nécessaire de fournir des pratiques claires, soutenues scientifiquement et cohérentes avec les pratiques de l'agriculture biologique.

En conséquence, le projet **ORWINE** a examiné des méthodes alternatives à l'apport de sulfites au cours des processus de vinification, couplées avec des pratiques de gestion et avec l'application de certaines méthodes optimisées en caves pilotes. La Commission se réjouit que les résultats pratiques du projet établis et décrits dans cette publication contribuent intensivement à un futur développement d'une bonne pratique vitivinicole biologique et se trouve complètement en ligne avec l'objectif du Traité, visant à fortifier les fondements scientifiques et technologique de l'industrie alimentaire et des boissons, tout en encourageant la compétitivité de ce secteur à un niveau international.

### **Dr Danièle Tissot Boireau**

*Project Officer*

*European Commission*

*DG Research*

Directorate E: Biotechnologies, Agriculture, Food

Unit E04: Agriculture, Forests, Fisheries, Aquaculture

SDME 08/22

Postal address: Square de Meeûs, 8 B-1050 Brussels  
Belgium

## ■ REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Commission des Communautés Européennes pour son support financier dans le cadre du Priority Area 1.2 (*Organic Viticulture and Wine Processing*) of the Sixth Framework Program for Research, Technological Development and Demonstration within the Integrated Project No. 022769 (*Organic viticulture and wine-making: development of environment and consumer friendly technologies for organic wine quality improvement and scientifically based legislative framework*). Les informations contenues dans ce rapport ne reflètent pas forcément l'opinion de la Commission et n'anticipent d'aucune manière la politique future de la Commission dans ce domaine.

Les contenus de ce rapport sont de la seule responsabilité des auteurs. Les informations contenues, y compris toute forme d'expression d'opinion et toute projection ou prévision, ont été obtenues de sources, que les auteurs considèrent fiables, mais ne sont pas garanties être absolument exactes ou complètes. Les informations sont fournies sans obligation et en soutenant que toute personne les appliquant ou se laissant influencer par elles le fait à son entière responsabilité personnelle.

Cette publication représente le "Code de bonne viticulture et vinification biologique" d'ORWINE, soit la tâche 5.2 du work package 5 "*Regulatory proposal, stakeholder involvement, result dissemination*" of the Integrated Project No 022769 "*Organic viticulture and wine-making*" (*Sixth Framework Program for European Research & Technological Development (2002-2006) of the European Commission*).

Les auteurs remercient Allan Chubb, QUOINS Organic Vineyards, pour la correction de la version anglaise. Les auteurs remercient également leurs collègues du consortium d'ORWINE pour leur contribution aux aspects techniques de cet ouvrage, spécialement Richard Douthy (FR), Enric Barta et Juan B. Chavarri (ES) et la SEAE (Sociedad Española de Agricultura Ecológica). Les auteurs remercient aussi les vignerons de caves pilotes en CH, F, DE, HU, I, P, E pour leur support et leur disposition à tester les protocoles d'essai d'Orwine. Ils remercient aussi les nombreux experts qui ont contribué au projet en complétant les données collectées et en pourvoyant les informations et commentaires nécessaires à l'élaboration du rapport final.

## ■ CLAUSE DE NON RESPONSABILITÉ

Les informations exposées dans cet ouvrage sont fournies de bonne foi. En concordance avec le meilleur savoir et jugement professionnel des auteurs, les informations sont précises et correctes à la date de parution. Cependant, comme les auteurs n'ont pas de contrôle sur l'usage que les parties prenantes feront de ces informations, les auteurs se déchargent de toutes responsabilités civile ou juridique quant à l'usage de ces informations par les parties prenantes (ou par des tiers recevant ces informations par une partie prenante).

Toutes les offres sont non engageantes et sans obligation. La publication peut être complètement ou partiellement changée, complétée ou supprimée par les auteurs sans autre annonce.

## ■ TABLE DES MATIÈRES

<b>DÉFINITION DU VIN BIOLOGIQUE</b>	11
<b>CHAMP D'APPLICATION</b>	13
<b>CONDITIONS POUR LA VITICULTURE EN EUROPE</b>	15
<b>CONCEPT HACCP POUR LA VITICULTURE ET LA VINIFICATION BIOLOGIQUES</b>	18
<b>1 LA VITICULTURE BIOLOGIQUE</b>	22
<b>1.1 LA GESTION DU SOL</b>	23
<b>1.1.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA GESTION DU SOL EN VITICULTURE BIOLOGIQUE</b>	23
<b>1.1.2 LES SOINS AU SOL</b>	24
<b>1.1.3 GESTION DE L'ENHERBEMENT</b>	28
<b>1.1.4 CONTRÔLE DES ADVENTICES SOUS LES CEPS</b>	32
<b>1.1.5 FERTILISATION ET NUTRITION DES PLANTES</b>	35
<b>1.2 GESTION DU VIGNOBLE</b>	38
<b>1.2.1 VARIÉTÉS</b>	38
<b>1.2.2 SYSTÈME DE CONDUITE ET GESTION DU FEUILLAGE (CANOPÉE)</b>	42
<b>1.2.3 LES PRINCIPALES MALADIES</b>	51
<b>1.2.4 PRINCIPAUX RAVAGEURS</b>	62
<b>2 VINIFICATION BIOLOGIQUE</b>	73
<b>2.1 PRODUCTION DE VINS BLANCS</b>	73
<b>2.1.1 INTRODUCTION</b>	73
<b>2.1.2 LA VENDANGE</b>	75
<b>2.1.3 TRAITEMENT DU RAISIN</b>	78
<b>2.1.4 TRANSFORMATION DES JUS</b>	86
<b>2.1.5 FERMENTATION</b>	99
<b>2.1.6 APRÈS LA FERMENTATION ALCOOLIQUE</b>	110
<b>2.1.7 CLARIFICATION</b>	118
<b>2.1.8. FILTRATION ET MISE EN BOUTEILLE</b>	126
<b>2.2 PRODUCTION DE VIN ROUGE</b>	133
<b>2.2.1 INTRODUCTION</b>	133
<b>2.2.2 LA VENDANGE</b>	134
<b>2.2.3 TRAITEMENT DU RAISIN</b>	135
<b>2.2.4 FERMENTATION</b>	144
<b>2.2.5 MACÉRATION</b>	154

2.2.6	APRÈS LA FERMENTATION ALCOOLIQUE	163
2.2.7	CLARIFICATION ET STABILISATION	173
2.2.8	FILTRATION ET MISE EN BOUTEILLES	181
<b>3</b>	<b>NOTES TECHNIQUES</b>	193
3.1	STANDARDS HYGIÉNIQUES (COTTEREAU, P.)	193
3.2	CONTRÔLE DES TEMPÉRATURES (WERNER, M.; RAUHUT, D.)	197
3.3	GESTION DU SO <sub>2</sub> (ZIRONI, R. ; COMUZZO, P. ; TAT, L. ; SCOBIOALA, S.)	201
3.4	PRATIQUES ?NOLOGIQUE IMPORTANTES POUR RÉDUIRE LES TAUX DE DIOXYDE DE SOUFRE (ZIRONI, R.; COMUZZO, P.; TAT, L.; SCOBIOALA, S.)	203
3.5	NUTRIMENTS DES LEVURES ET LEUR DIFFÉRENTES FONCTIONS (WERNER, M.; RAUHUT, D.)	206
3.6	OXYGÈNE ET VIN (ZIRONI, R.; COMUZZO, P.; TAT, L.; SCOBIOALA, S.)	209
3.7	LA CONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE (TRIOLI, G.)	215
<b>4</b>	<b>CONSEILS PRATIQUES</b>	221
4.1	VINIFICATION RÉDUCTIVE (TRIOLI, G.)	221
4.2	ENSEMENCEMENT DE LEVURES AVEC ACTIVATION (TRIOLI, G.)	223
4.3	HYPER-OXYGÉNATION (ZIRONI, R.; COMUZZO, P.; TAT, L.; SCOBIOALA, S.)	225
<b>5</b>	<b>RÉSULTATS DES RECHERCHES DU PROJET ORWINE (WP 3)</b>	227
5.1	CO-INOCULATION DE LEVURES ET DE BACTÉRIES LACTIQUES (ZIRONI, R.; COMUZZO, P.; TAT, L.; SCOBIOALA, S.)	227
5.2	HYPER-OXYGÉNATION (ZIRONI, R.; COMUZZO, P.; TAT, L.; SCOBIOALA, S.)	231
5.3	ADDITIFS ALTERNATIFS AU SO <sub>2</sub> (ZIRONI, R.; COMUZZO, P.; TAT, L.; SCOBIOALA, S.)	236
5.4	PRODUCTION NATURELLE DE SULFITES (SO <sub>3</sub> ) PAR LES LEVURES DURANT LA FERMENTATION ALCOOLIQUE (WERNER, M.; RAUHUT, D.)	240
5.5	INFLUENCE DES NUTRIMENTS SUR LA PRODUCTION LEVURIENNE DE COMPOSANTS FIXANT LE SO <sub>2</sub> (WERNER, M.; RAUHUT, D.)	242
5.6	PRATIQUES ET TECHNIQUES DE VINIFICATION (COTTEREAU, P.)	244
5.7	EVALUATION DES PULVÉRISATIONS DE LEVURES COMME INSTRUMENT POUR DIMINUER LES MALADIES FONGIQUES SUR LES RAISINS (SALMON, J.M.)	251
5.8	EVALUATION ENVIRONNEMENTALE (CAPRI, E.; FRAGOULIS G., TREVISAN M.)	255
<b>6</b>	<b>PROTOCOLES DE VINIFICATION (ZIRONI, R.; COMUZZO, P.; SCOBIOALA, S.; VAN DER MEER, M.; WEIBEL, F.; TRIOLI, G.)</b>	259
<b>7</b>	<b>FICHES TECHNIQUES SEULEMENT SUR LE CD (JONIS, M.; PLADEAU, V.)</b>	272

## ■ DÉFINITION DU VIN BIOLOGIQUE

La Fédération Internationale des Mouvements de l'Agriculture Biologique (*International Federation of Organic Agriculture Movement - IFOAM*) définit l'agriculture biologique, y compris la viticulture et la vinification, comme «Un système de production holistique, qui améliore la santé des agro écosystèmes, y inclus la biodiversité, les cycles biologiques et l'activité biologique des sols. Il accentue la mise en valeur des méthodes de culture plutôt que l'utilisation d'intrants étrangers au domaine de production, prenant en compte que les conditions régionales requièrent des systèmes locaux adaptés » (IFOAM 2005).

Le vin biologique est fait de raisins biologiques sans l'aide d'engrais, pesticides ou herbicides de synthèse.

Les raisins biologiques sont issus de vignobles gérés par des méthodes de production biologique, comme défini au niveau européen par les Règlements du Conseil (CE) No 834/2007 et No 889/2008 sur la production biologique et l'étiquetage des produits biologiques. Il en résulte que les seules règles générales applicables aux vins élaborés à partir de raisin biologique sont celles contenues dans les Règlements du Conseil (CE) No 479/2008 (annexes 4 et 5) et No 1622/2000, qui définissent les pratiques et traitements œnologiques autorisés pour le vin en Europe.

Par ailleurs, les vigneron « biologiques » ont développé des approches spécifiques pour transformer leurs vins d'une manière qu'ils considèrent en accord avec les principes de la production biologique. Dans les pays producteurs (p. ex. l'Autriche, l'Allemagne, la Suisse, l'Italie, la Grèce, la France et l'Espagne), ces initiatives ont pris la forme de standards ou chartes privées appartenant aux groupements de producteurs, aux associations de production biologique collaborant avec des organes de certification ou des plateformes nationales.

La démarche des producteurs de vins biologiques s'appuie à la fois sur des principes communs à l'ensemble de l'agriculture biologique tels que:

- De produire des quantités suffisantes de raisins et de vin de haute qualité
  - adopter une approche globale du système en travaillant en harmonie avec les cycles naturels et le respect des équilibres entre les êtres vivants et les sols.
  - prendre en compte l'impact social et économique des systèmes de production biologiques.
  - maintenir et d'améliorer à long terme la fertilité et l'activité biologique des sols en préférant utiliser des méthodes de culture, mécaniques et biologiques, adaptées, plutôt que d'avoir recours aux intrants.
  - utiliser de préférence des ressources renouvelables aussi bien au niveau de la production que de la transformation afin d'éviter les pollutions et les déchets.
  - privilégier des chaînes de production, transformation et distribution socialement équitable et écologiquement responsable.
- ...mais également sur des principes plus spécifiques à la production de vins biologiques:
- Les vins biologiques sont obtenus exclusivement de raisins biologiques certifiés (en respect du règlement UE 834/2007).
  - Tous les ingrédients (sucre, alcool, moût concentré) utilisés en vinification doivent être d'origine biologique.
  - Le processus de vinification biologique exclue l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés (OGM) ainsi que d'additifs ou d'intrants de transformation produits par des orga-

nismes génétiquement modifiés.

- Le processus de vinification biologique utiliser de préférence des traitements biologiques, mécaniques et physiques et éviter les intrants chimiques.
- Le procès de vinification biologique doit autant que possible protéger l'environnement (ressources d'eau et d'énergie) et éviter les pratiques non durables.
- Les vins biologiques doivent être sûrs pour la santé des consommateurs (si consommés avec modération): Les additifs ne doivent être utilisés qu'en cas de nécessité et les substances allergéniques doivent être mentionnées sur les étiquettes.



Fig. 2: Double Or au concours du vin de la BioFach. Le vin biologique comme produit de haute qualité.

## ■ CHAMP D'APPLICATION

Le «Code de bonne pratique de viticulture et de vinification biologiques» d'ORWINE a pour but de prendre en compte les différentes pratiques de viticulture et de vinification en Europe.

Ce code se base avant tout sur les règlements UE concernant le vin et les productions biologiques.

- Le Règlement du Conseil (CE) 479/2008 sur l'organisation commune du marché du vin (CMO-Wine) au sein des différentes régions productrices de vin et les additifs et pratiques œnologiques autorisés.
- Les réglementations AOC des différents états membres.
- Les Règlements du Conseil (CE) 834/2007 et 899/2008 pour la production biologique avec la définition de la production biologique et la transformation des aliments biologiques.

Le code est le résultat pratique des travaux menés au sein du projet de recherche ORWINE, ils ont concerné les domaines suivants:

une étude bibliographique, l'analyse des cadres réglementaires et des standards (privés et officiels pour la viticulture et la vinification biologiques) existants, des enquêtes sur les pratiques œnologiques des producteurs, des enquêtes sur les besoins du marché et ses perspectives, des enquêtes sur les attentes des consommateurs, des travaux de recherche sur l'amélioration des pratiques œnologiques(WP3) et l'application de méthodes innovantes sur des domaines viticoles (WP4).

Le Code de Bonnes Pratiques est un outil d'accompagnement à l'application de la nouvelle réglementation sur les vins biologiques incluse dans le règlement (CE) 834/2007. Il offre aux producteurs des instructions claires dans le but de produire du vin de bonne qualité tout en réduisant l'utilisation d'additifs.

Le but de ce code est de contribuer au développement futur des pratiques vitivicoles biologiques en termes de sécurité accrue, de qualité, de transparence et de réussite.

Le code résume différentes pratiques viticoles et œnologiques traditionnelles ou innovatrices adéquates, approuvées et acceptables pour la production biologique.

De plus le code n'est pas seulement destiné aux nouveaux venus, mais il est aussi sensé aider les domaines viticoles, coopératives et caves qui produisent biologiquement déjà afin de les aider à améliorer leurs pratiques courantes.

Le code peut servir utilement lors de la mise ne place de programmes de sécurité alimentaire (basés sur la méthode HACCP), de programmes ISO 9000 et de programmes de gestion de la qualité globale. Ce code n'est pas en lui-même une méthode HACCP, ni un système assurant la qualité, ni un programme de gestion de qualité. Il ne peut pas, par lui-même, garantir la sécurité d'un produit au moment de la consommation.

Ce guide doit être considéré comme une source d'informations pouvant être mises en pratiques sur chaque domaine et cave viticole. L'utilisateur doit choisir les pratiques de viticulture et œnologiques appropriées à ses propres conditions climatiques, traditionnelles et régionalement recommandées. À cette fin sont présentées différentes stratégies optionnelles qui peuvent être choisies en accord avec les conditions, philosophies et concepts régionaux ou personnels.

Le code Orwine peut également être utilisé comme instrument de référence pour les systèmes de certification où un surplus de responsabilité est accordé aux producteurs et transformateurs de vin. En tant

que tel il peut aussi être utile aux organes de contrôle pour vérifier laquelle des options approuvées a été suivie par le producteur de vin. Sans aucun doute, si ce code devait être utilisé comme instrument de référence par des organismes de certification, p. ex. comme « Code de Conduite » d'une organisation (p. ex. une organisation de producteurs ou de commercialisation), il devrait être développé d'avantage dans une direction plus spécifique aux besoins de la certification (p. ex. avec une check-list). Néanmoins le code sous sa forme présente fournit une bonne base pour de tels développements.

Le code est structuré par chapitres présentant les principaux domaines d'activité:

- Aperçu des principaux cadres réglementaires
- Viticulture biologique
- Vinification biologique
- Notes techniques
- Renseignements pratiques
- Résultats de la recherche
- Fiches techniques (seulement sur le CD)

## ■ CONDITIONS POUR LA VITICULTURE EN EUROPE

L'Europe possède une grande variété de climats, mais la plus grande partie du continent jouit d'un climat modéré. La carte (Fig. 3) montre la distribution climatique en Europe.

En raison de cette situation, les régions viticoles européennes sont classées en trois zones.

Chacune de ces zones/régions a des conditions viticoles environnementales spécifiques. Ce qui inclut différents aspects de qualité des raisins (comme la teneur en sucre) et de sensibilité aux maladies (p. ex. le mildiou est le problème majeur en zone humide, l'oïdium en zone aride). Les zones climatiques actuelles sont soumises à des transferts permanents. Elles fluctuaient naturellement de par le passé mais le font de nos jours principalement à cause de l'effet anthropogène : le changement climatique. Avec cette fluctuation, les conditions viticoles régionales changeront, surtout dans les régions frontalières actuelles comme le Midi de la France ou l'Italie du nord où une importante augmentation des précipitations en début d'été est corrélée à une augmentation de la pression de mildiou.

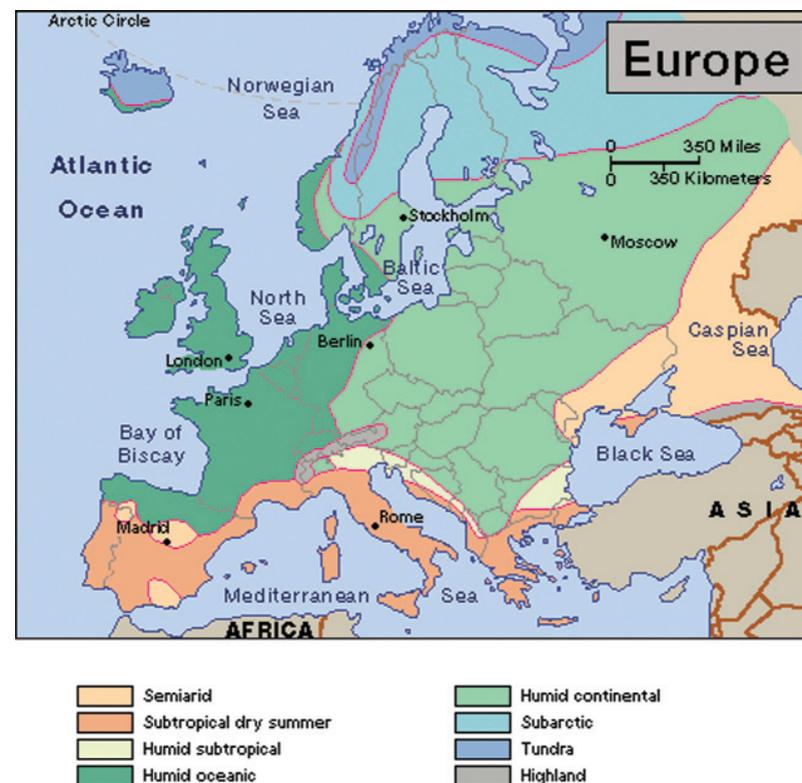


Fig. 3: Régions climatiques d'Europe et zones de viticulture

Source: [http://www.worldbook.com/wb/images/content\\_spotlight/climates/europe\\_climate.gif](http://www.worldbook.com/wb/images/content_spotlight/climates/europe_climate.gif)

### 1. Semi-aride – climat subtropical étés secs - Zone méditerranéenne

La zone méditerranéenne (Espagne, le Midi de la France, l'Italie ou la Grèce) regroupe les climats des contrées du pourtour de la Méditerranée, c'est-à-dire plus de la moitié des surfaces concernées par ce type climatique au niveau mondial. Hors du bassin méditerranéen, ce type climatique est également dominant en Californie, en Australie du sud et de l'ouest, en Afrique du sud-ouest et au Chili central. Dans ces régions, le vin est un produit agricole répandu.

Ce climat est caractérisé par des étés secs et chauds et des hivers doux et humides. En été, les régions de climat méditerranéen sont dominées par des conditions subtropicales avec une humidité faible et peu de précipitations (mis à part de forts orages ponctuels). Dans ces régions le maximum des précipitations est apporté en hiver et il peut y avoir de 2 à 5 mois arides en été. Ces régions sont idéales pour la production de vin rouge de haute qualité issu de cépages régionaux aussi bien que de cépages « internationaux ».

Dans les pays méditerranéens, la lumière ne joue pas de rôle limitatif mis à part pour certains systèmes de conduite qui, en augmentant la vigueur de la vigne, augmentent aussi la surface foliaire ombragée. Néanmoins, il faut mentionner qu'il a été suggéré notamment pour les cépages blancs, que l'aération des grappes – tout en ombrageant à l'aide des feuilles durant la maturation – pourrait aider à maintenir le potentiel aromatique.

Les vins de cette zone sont concentrés et charpentés avec une forte teneur alcoolique et une faible acidité.

### 2. Tempéré – climat humide - Atlantique / Europe centrale

La zone continentale et atlantique (ex. sud-ouest et est de la France, l'Allemagne, la Suisse, l'Autriche et partiellement la Hongrie, la Roumanie ou la Slovaquie) est une zone où la durée d'exposition au soleil est un des facteurs limitatifs pendant la maturation de la grappe avec des conséquences sur la concentration en sucre. Dans les climats océaniques les précipitations sont réparties tout au long de l'année. Les températures moyennes varient selon la latitude, celles des latitudes méridionales étant semblables aux subtropicales ; mais généralement les régimes méso-thermaux prévalent avec des hivers frais mais pas froids et des étés tempérés mais pas chauds. En général les étés sont beaucoup plus frais que dans les zones subtropicales humides. La température moyenne du mois le plus chaud doit être au-dessous de 22°C et celle du mois le plus froid au-dessus de -3°C, des variations interviennent en fonction des influences océaniques et des microclimats locaux.

Sur les vignobles du nord, les conditions climatiques favorisant un cycle de végétatif tardif permettent une maturation des grappes durant la période la plus chaude et ensoleillée, ce qui favorise la qualité du raisin. Les températures durant la maturation sont modérées et constantes. Ces régions sont idéales pour cultiver les cépages fruités tels que le Chardonnay, le Pinot blanc, le Rhein-Riesling, le Riesling italien, le Veltliner vert, le Pinot noir ou le Blaufränkisch. Les vins de ces régions plus tempérées sont typiquement plus chargés en acides et très aromatiques. Les différences microclimatiques influencent le comportement des cépages typiques pour les climats tempérés et la variabilité des goûts d'année en année est une expression de cette sensibilité.

### 3. Continental - climat humide à sec - Europe centrale et de l'est

Le climat continental est caractérisé par des températures hivernales permettant le maintien d'une couverture neigeuse pendant tout ou partie de l'hiver, et des précipitations modérées surtout en été. Dans cette zone, des températures printanières interviennent entre début mars et mi-avril selon les



Fig. 4: Journée de rencontre des stakeholders à la cave pilote "Rummel" en Allemagne.

régions. Les précipitations annuelles varient entre 600 mm et 1'200 mm, dont la plupart tombe sous forme de neige en hiver. Le climat continental existe là où des masses d'air froid retombent en hiver et où en été se forment les masses d'air chaud sous l'influence d'un long et intense ensoleillement. Le climat continental humide est marqué par une météorologie instable et une large variabilité saisonnière des températures, qui peut atteindre une amplitude de 33°C, mais typiquement se situe entre 15-22°C. La différence de température entre le mois le plus chaud et le plus froid augmente plus l'on pénètre dans les terres et que l'on s'éloigne des influences modératrices de l'océan. Le sous-type estival tempéré est marqué par des étés tempérés, de longs hivers froids et moins de précipitations que dans le sous-type estival chaud ; cependant, de courtes périodes de chaleur extrême n'y sont pas rares. Ces conditions climatiques sont favorables aux vins blancs fruités et gouleyants aussi bien qu'aux vins rouges alcoolisés de différents cépages indigènes ou « internationaux ».

## ■ CONCEPT HACCP<sup>1</sup> POUR LA VITICULTURE ET LA VINIFICATION BIOLOGIQUES

Une adaptation de la méthode HACCP a été proposée dans le WP2 d'ORWINE. Cette méthode est d'habitude utilisée pour identifier les phases à risques dans un processus de transformation d'un produit. Elle a été adaptée dans le cadre d'ORWINE, pour la production du raisin (agronomie) et sa transformation en cave (oenologie). L'objectif étant de profiter des avantages des principes généraux de cette méthode pour proposer un cadre d'analyse aux experts des différentes régions productrices de raisin, afin d'identifier au vignoble les points critiques des méthodes culturales dont la mise en œuvre a des conséquences décisives sur la qualité finales des raisins.

## 1. Principes généraux de HACCP: séquence d'application logique

1. Composition du panel d'expert HACCP
2. Description du produit
3. Identification de l'usage envisagé
4. Elaboration d'un diagramme opérationnel
5. Identification de tous les risques et des mesures de contrôle
6. Identification des phases de risques (CCP)
7. Définition des seuils critiques pour chaque phase de risques (CCP)
8. Mise en place d'un système de gestion des phases de risques
9. Mise en place de mesures correctives
10. Mise en place un système de contrôle
11. Etablir le suivi et le classement de la documentation

## 2. Applications agronomiques:

### Evaluation des pratiques « on-farm » pour la production de raisin au vignoble

#### 2.1 Faisabilité de l'application de la méthode HACCP

Différents arguments soutiennent l'approche HACCP pour l'évaluation des pratiques agricoles de la production de raisin au vignoble.

Les pratiques agricoles ne sont pas mauvaises en soi. C'est leur application sous certaines conditions (p. ex. certaines années, certains environnements) et leur inclusion dans certaines séquences d'autres pratiques au sein d'une **séquence d'opérations techniques** qui peut être problématique. C'est donc la gestion globale qui doit être mise en question. En résultat, une technique particulière pourrait s'avérer être une source potentielle de danger pour la production de raisin d'une certaine qualité; cependant ce

<sup>1</sup> **Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)** est une approche systématique préventive de la sécurité alimentaire qui tient compte des risques physiques, chimiques et biologiques sous des aspects préventifs plutôt que d'un contrôle du produit fini. Dans l'industrie alimentaire HACCP sert à identifier les risques pour la sécurité alimentaire de manière à ce que des mesures clés, nommées CCP (Critical Control Points), puissent être prises afin de réduire ou d'éliminer ces risques. Le système est appliqué à toutes les étapes de la production et de la préparation, y inclus l'emballage, la distribution etc. source: [http://en.wikipedia.org/wiki/Hazard\\_Analysis\\_and\\_Critical\\_Control\\_Points](http://en.wikipedia.org/wiki/Hazard_Analysis_and_Critical_Control_Points)

danger n'aura lieu qu'occasionnellement sous certaines conditions ou sera réduit à néant grâce aux mesures de correction prises durant la gestion au vignoble. Cependant la gestion des processus de production est imprécise, car les effets de la pratique ne sont pas toujours entièrement connus auparavant (dû par exemple à divers facteurs, comme le climat et autres), mais aussi parce qu'il est parfois difficile de mettre en place les systèmes de contrôle.

Même si l'approche « systémique » est normalement soulignée en agronomie, il est quand même intéressant d'essayer d'analyser – en première instance – le processus de production des grappes (aussi appelé séquence de gestion de la récolte), afin d'identifier **les étapes indépendantes de base** et d'accéder pour chacune d'elles – sans préjudice – aux conséquences possibles de certains choix techniques relatifs à la récolte. Certains choix techniques représentent-ils un danger potentiel pour les étapes de productions étudiées et pour ce type spécifique de décision ou d'opération technique? Peuvent-elles avoir des conséquences directes ou indirectes sur la prochaine vendange?

#### 2.2 Réalisation agronomique

##### a) Quoi évaluer?

L'objectif est d'estimer **le processus de production de raisin au vignoble**. Au cours de ce processus, il est nécessaire de localiser les phases « critiques » (plantation, conservation du sol, traitements phytosanitaires, vendange, ...) qui sont les techniques les plus répandues (en viticulture biologique) et qui sont importantes quant à leur effet sur l'état bio-physico-chimique des raisins. L'évaluation concerne les **ultimes conditions lors de la vendange**.

##### b) Evaluation des applications au vignoble

Les étapes considérées ici s'étendent du choix et de la préparation du terrain pour la plantation de la vigne jusqu'à la réception des raisins en cave (ci inclus la vendange et le transport).

##### c) Evaluation de la récolte et de la qualité des fruits

Il est crucial de définir le concept de « qualité » puisque c'est l'aspect à évaluer. La « qualité » de la vendange est définie par toute l'échelle des états possibles: l'état physique (impuretés, taille de la baie, épaisseur de la peau...), l'état de santé (attaques fongiques...), l'état chimique (taux d'azote, quantité d'un certain précurseur d'arome...), le degré de maturation et d'autres conditions.

Dans la première phase d'évaluation, les experts sont chargés d'exprimer leur opinion sur l'influence de certaines pratiques (y incluant le fait, que sous des conditions « bio », il n'est pas possible d'appliquer certaines pratiques) sur la qualité de la vendange et du rendement **indépendamment du système de production et d'un type de vin**.

Ensuite, la vendange et le rendement peuvent être jugés « critiques » s'il s'en suit des conséquences pour la réception et la transformation du raisin en cave (de façon à assurer l'obtention d'un produit final satisfaisant et les règlements donnés et les demandes organoleptiques).

Le principe suivi ici est que la transformation d'un produit biologique (le raisin) en un autre (le vin) doit être réalisé avec le moins d'interventions possibles et en particulier en y apportant **le moins possible d'intrants extérieurs** (la référence étant l'apport 0 ou le produit le plus naturel possible). Pour cela, on supposera qu'il existe un « point critique » où une pratique culturale probablement – sous certaines conditions – introduira une ou plusieurs intrant supplémentaires durant le processus de vinification de manière à corriger une condition de récolte non satisfaisante. Il est clair que le recours à des « corrections » pendant le processus de la vinification dépend du type du produit final que l'on désire produire et commercialiser. Cela veut dire, que la même pratique peut s'avérer critique pour un type de produit mais pas pour un autre. C'est alors, dans cette 2<sup>ème</sup> phase que le type de vine doit être pris en considération.

d) Comment évaluer? – Définition des paramètres à examiner

**Les étapes de production:** Un ensemble de décisions à prendre et d'opérations à accomplir de manière à atteindre un but permettant d'obtenir un certain résultat dans la production de raisin. Il est à retenir que dans la gestion du vignoble, la même technique peut contribuer à différents buts (p. ex. le travail du sol sert contre les adventices, à décompacter, à aérer...) et le même but peut être atteint par différentes méthodes. On pourrait aussi s'attendre à ce que certaines étapes ne soient pas appliquées. De plus, diverses opérations techniques ne sont pas toujours exercées dans le même ordre chronologique durant la saison.

Décisions technique: Au sein d'une étape de production, il faut faire des choix, par exemple quel clone planter ou quel type de travail effectuer (ou ne pas effectuer, par exemple la lutte contre les adventices).

**Réalisation des décisions:** Le choix technique et son application pratique peuvent contribuer à établir une situation dangereuse au vignoble. Par exemple, l'enherbement des interlignes crée un danger potentiel, qui deviendra réel si des espèces hautement compétitives sont semées dans un sol superficiel; une faible teneur en azote des baies en sera la conséquence, ce qui créera un danger physiologique.

**Danger:** Ceci est la conséquence de l'application de la pratique culturale sur la vendange. Comment cela affectera-t-il l'état de la vendange? Le danger doit être caractérisé selon sa nature et classifié en différentes catégories: phytosanitaire (p. ex. Botrytis sur le raisin), physiologique (hétérogénéité de la maturation, composition interne des baies), chimique (résidus de traitements, p. ex. du cuivre sur les baies) physique (déchets de plantes dans la vendange).

Un effort doit être fait afin d'obtenir toutes les informations nécessaires à l'évaluation du risque:

- Le danger est-il sévère? (quelle est l'amplitude de ses conséquences?)
- Est-il répétitif?
- En quels cas?
- Est-il détectable?

En conséquence, les **situations** dangereuses peuvent être définies à l'aide des paramètres suivants:

**Intensité ou sévérité:** Echelle des conséquences d'une décision spécifique due au danger quand il peut être perçu au vignoble (p. ex. l'enherbement peut réduire les teneurs en azote des baies entre 15-25%). En termes phytosanitaires, cette échelle peut être décrite de différentes manières: % de la vendange endommagée, % de la surface endommagée, % de plantes ou de grappes endommagées, sévérité de l'attaque sur les grappes. L'examen peut aussi être qualitatif (p. ex. conséquences faibles, modérées, sévères).

**Fréquence:** Récurrence du problème agronomique qui est le résultat de deux facteurs.

1. Il dépend du lien cause à effet entre la pratique culturale et ses conséquences sur la vendange. Ce lien peut être variable et dépend par exemple des conditions climatiques annuelles qui ne peuvent pas être contrôlées. En ce cas, il est intéressant de spécifier le type d'année au cours duquel ce problème se manifeste. Le lien peut aussi être systémique s'il dépend des conditions du vignoble (p. ex. environnementales); en ce cas il est important de spécifier ces conditions.

2. Si les liens entre la pratique culturale et la vendange sont assez bien connus et réguliers, la fréquence d'apparition du problème agronomique dépend de l'importance prise par la pratique culturale en question. Celle-ci peut être appliquée rarement, modérément ou souvent. Il est aussi utile de spécifier, si la fréquence d'application de cette pratique augmente ou décroît.

**Détectabilité:** Durant le processus de production du raisin (et en conséquence avant l'arrivée de la vendange à la plateforme de réception), est-il possible d'observer des conséquences actuelles de certaines pratiques culturales (p. ex. par des indicateurs) de manière à établir des mesures de correction?

## ■ 1 LA VITICULTURE BIOLOGIQUE

### Principes généraux de l'agriculture biologique

La viticulture biologique est définie comme étant autant que possible l'application de pratiques agricoles biologiques à la vigne et au vin.

La viticulture biologique focalise autant que possible sur l'utilisation de processus naturels et du cycle de nutriments en production aussi bien que pour la protection phytosanitaire et la gestion des adventices. Le vignoble biologique est perçu comme étant un système global convertissant en raisin l'énergie solaire, les nutriments et l'eau, le produit final reflétant le terroir local: les conditions environnementales comme l'hydrologie, le sol et le microclimat autant que les pratiques traditionnelles de transformation.

Tous les aspects de la viticulture biologique tels que le feuillage, le sol et le contrôle des maladies et ravageurs sont gérés de façon à maximiser la qualité et la santé des raisins. Eux sont le fondement de la viticulture biologique.

La viticulture biologique en Union Européenne est basée sur le Règlement du Conseil (CE) 824/2007 qui décrit les objectifs et principes de la production biologique et les règles générales de production.

#### 1.1. La gestion du sol

##### 1.1.1 Principes généraux de la gestion du sol en viticulture biologique

Le sol, tout comme l'eau, l'air et l'énergie, est une de nos plus importantes ressources. Nos conditions de vie future dépendront fondamentalement de la manière dont nous gérons cette ressource. Le sol, de par sa structure physique et sa composition chimique, affecte directement le développement des systèmes racinaires et par ceci l'approvisionnement en eau et en minéraux. Au niveau global, l'on peut constater une sérieuse menace de la vitalité écologique des sols causée par les pollutions et les systèmes de gestion à haute intensité d'apports externes. Le développement et l'application de systèmes de gestion du sol et du paysage respectueux de l'environnement représente un défi urgent et impératif puisqu'il permettra de maintenir la fertilité du sol à long terme et durablement.

## Fertilité

Les pratiques de la viticulture biologique doivent permettre de maintenir, voire d'accroître la fertilité naturelle locale du sol. La fertilité du sol est due à une combinaison stable et positive de l'activité des micro-organismes du sol, des conditions du sol, de l'apport en humus/matière organique, de la structure du sol, d'une teneur de nutriments équilibrée et de la conservation de l'eau. La fertilité du sol, définie comme la capacité du sol à soutenir à long terme la production de plantes, doit être préservée et si possible améliorée. La viticulture biologique est basée sur le « sol vivant » et sur la préservation de cette ressource. Les points principaux d'une gestion adéquate de la fertilité du sol sont :

- Maintenir ou améliorer une teneur adéquate du sol en humus/matière organique
- Favoriser l'activité des microorganismes du sol par une faune et flore riche et équilibrée
- Préserver une structure du sol stable afin de garantir l'équilibre nécessaire de la teneur en air et en eau.
- Garder le sol couvert (temporairement ou en permanence) afin de minimiser les effets d'érosion
- Choisir les opérations techniques évitant la compaction des sols
- Enrichir le sol avec des éléments nutritifs (macro- et micro-nutriments)



Fig. 4: à gauche: échantillon de sol lâche et bien structuré; à droite: profil d'une « Braunerde – Terra Fusca », avec une superposition des horizons A/B-T/C.

## Structure du sol et matière organique

Une bonne structure du sol permet aux racines de se développer sur une grande surface et d'aller en profondeur, et d'accéder ainsi à l'eau, nutriments et oxygène, nécessaires au processus métaboliques. De plus, une bonne structure du sol améliore le nombre et la diversité des organismes du sol, réduit le développement des nuisibles et favorise la libération de nutriments à partir de la matière organique. Un sol vivant et bien équilibré garantit la santé de la plante et l'expression du terroir dans le vin.

Une matière organique stable est un des facteurs les plus importants améliorant la structure et la fertilité du sol. Elle fixe des particules de sol dans des unités structurales appelées « agrégats vivants » ou « complexes argilo-humiques ». Elle limite significativement l'érosion, la compaction et la formation de croûtes superficielles. La matière organique améliore aussi la capacité de rétention d'eau du sol, mettant à disposition plus d'eau aux plantes et à la microfaune. La matière organique stable contient l'énergie et les sources de nutriments nécessaires aux microorganismes, qui désagrègent et transforment cette matière organique par leur métabolisme. La diversité et l'abondance des microorganismes du sol dépendent du type et de la qualité des résidus organiques dans le sol. Nourris correctement, les microorganismes bénéfiques concurrenceront avec succès les pathogènes par leur activité antagoniste. Ainsi ils contribuent à prévenir ou réduire les maladies générées dans le sol.

### 1.1.2. Les soins au sol

Les soins au sol ont une forte influence sur la fertilité du sol et sa préservation et donc sur la culture. Dans les climats méditerranéens arides et semi-arides, particulièrement, où l'érosion et la désertification sont une menace réelle, le choix du système de culture le mieux adapté du point de vue machines, méthodes et moments est fondamental pour la préservation du sol. Les soins au sol sont aussi importants pour atteindre un niveau de production satisfaisant (rendement et qualité), ce qui veut dire de produire aujourd'hui sans affecter la production future. Les soins au sol doivent être minimisés pour permettre au vignoble biologique de profiter au maximum d'un sol biologiquement actif et d'une structure stable.

De là, le travail du sol se focalise sur le maintien et l'amélioration de la fertilité et de la structure naturelle du sol autant que celle de l'activité des microorganismes et des vers de terre. La mise en place d'enherbements (légumineuses et herbacées), la coupe, le broyage, le « mulching », les engrais verts, les engrais organiques et la préparation des sols, permettent de remplir ces objectifs.

Différentes conditions climatiques			
Options de soins au sol			Documents correspondants
<p><b>Climat (semi-) aride</b> <b>Zone méditerranéenne</b></p> <p><i>Eviter la concurrence pour l'eau et l'érosion du sol. Améliorer la structure du sol afin d'éviter la compaction. Valoriser les engrais verts et la fertilité du sol pour éviter le manque d'azote dans les jus ou moûts.</i></p> <p>Culture superficielle du sol au début du printemps, disquage du printemps à l'automne dans tous les rangs, utilisation de composts.</p> <p>■</p> <p>Griffage profond après la vendange</p> <p>■</p> <p>Enherbement hivernal</p>	<p><b>Climat humide Océanique - Europe centrale</b></p> <p><i>Eviter la concurrence pour l'eau et l'érosion du sol. Améliorer la structure du sol afin d'éviter la compaction. Valoriser les engrais verts et la fertilité du sol pour éviter le manque d'azote dans les jus ou moûts.</i></p> <p>Culture superficielle du sol en été dans chaque 2<sup>ème</sup> rang. Enherbement ou mulching avec de la paille ou de l'écorce. Utilisation des composts. Si possible enherbement permanent dans tous les rangs.</p> <p>■</p> <p>Enherbement hivernal</p> <p>■</p> <p>Griffage profond au début du printemps</p>	<p><b>Climat humide / sec Continental - Europe centrale et orientale</b></p> <p><i>Eviter la concurrence pour l'eau et l'érosion du sol. Améliorer la structure du sol afin d'éviter la compaction. Valoriser les engrais verts et la fertilité du sol pour éviter le manque d'azote dans les jus ou moûts.</i></p> <p>Culture superficielle du sol en été dans chaque 2<sup>ème</sup> rang. Enherbement ou mulching avec de la paille ou de l'écorce. Utilisation des composts.</p> <p>■</p> <p>Enherbement hivernal</p> <p>■</p> <p>Griffage profond au début du printemps ou après la vendange.</p>	<p>Référence: conditions climatiques pour la viticulture.</p> <p>Référence: Gestion de la fertilisation</p> <p>Evaluation de l'impact environnemental</p> <p>Référence: Gestion de l'enherbement</p>
<p><b>Cadre réglementaire:</b>  <b>Régulation (EC) No 834/2007:</b> Article 5: « La préservation et l'amélioration de la vie du sol et de la fertilité naturelle du sol, la stabilité du sol et la biodiversité du sol prévenant et combattant la compaction et l'érosion du sol et nourrissant les plantes principalement par l'écosystème du sol »            Article 11: (a) « La production biologique doit utiliser des soins au sol et des pratiques culturales qui maintiennent ou améliorent la matière organique du sol, améliorent la stabilité du sol et la biodiversité du sol et empêchent la compaction et l'érosion du sol »</p>			
<p><b>Commentaires supplémentaires:</b> Le griffage profond doit être exécuté prudemment; il ne convient pas à tous les sols notamment les sols superficiels et certains sols argileux. L'humidité du sol détermine le moment des travaux du sol. De plus, il peut blesser les racines des vignes.</p>			
<p><b>Impact environnemental:</b> prévention de la compaction du sol et de l'érosion du sol, amélioration de la matière organique et de la fertilité naturelle du sol, favoriser la biodiversité du sol</p>			

Différentes condition et fertilité du sol			
Options de soins au sol			Documents correspondants
<p><b>Sols perméables et superficiels (sable, graviers, squelettiques, schisteux), humus lâche</b></p> <p><i>Eviter la concurrence pour l'eau et l'érosion du sol. Améliorer la fertilité du sol par les engrais verts. Composts et engrais biologiques pour éviter le manque d'azote dans les jus ou moûts.</i></p> <p>Culture superficielle du sol au début du printemps, disquage du printemps à l'automne dans chaque 2<sup>ème</sup> rang, utilisation de composts, mulching avec de la paille ou de l'écorce. Si possible enherbement permanent dans chaque 2<sup>ème</sup> rang. Irrigation au goutte à goutte</p> <p>■</p> <p>Enherbement hivernal</p>	<p><b>Sols profonds (argiles, glaises, limons, loess) riche en humus friable et lâche</b></p> <p><i>Eviter la concurrence pour l'eau et l'érosion du sol. Ameublir les compactions. Améliorer la fertilité du sol pour éviter le manque d'azote dans les jus ou moûts.</i></p> <p>griffage profond au début du printemps</p> <p>■</p> <p>Travaux du sol et semis de l'enherbement annuel/pérenne; soins au sol superficiels en été chaque 2<sup>ème</sup> rang; composts; engrais biologiques si possible: enherbement permanent dans tous les rangs</p> <p>■</p> <p>Enherbement hivernal</p>	<p><b>Sols compactés</b></p> <p><i>Ameublir les compactions; améliorer la structure du sol, la rétention d'eau et la fertilité du sol; éviter les conditions d'assèchement ou de compaction par humidité</i></p> <p>griffage profond au début du printemps</p> <p>■</p> <p>Semis de plantes à racines profondes dans chaque 2<sup>ème</sup> rang; compost / humus; disquage superficiel</p> <p>■</p> <p>Enherbement hivernal</p>	<p>Référence: Gestion de l'enherbement</p>
<p><b>Cadre réglementaire:</b>  <b>Régulation (EC) No 834/2007:</b> Article 5: « La préservation et l'amélioration de la vie du sol et de la fertilité naturelle du sol, la stabilité du sol et la biodiversité du sol prévenant et combattant la compaction et l'érosion du sol et nourrissant les plantes principalement par l'écosystème du sol » Article 11: (a) « La production biologique doit utiliser des soins au sol et des pratiques culturales qui maintiennent ou améliorent la matière organique du sol, améliorent la stabilité du sol et la biodiversité du sol et empêchent la compaction et l'érosion du sol »</p>			
<p><b>Commentaires supplémentaires:</b> Le griffage profond doit être exécuté prudemment ; il ne convient pas à tous les sols notamment les sols superficiels et certains sols argileux. L'humidité du sol détermine le moment des travaux du sol. De plus, il peut blesser les racines des vignes</p>			
<p><b>Impact environnemental:</b> prévention de la compaction du sol et de l'érosion du sol, amélioration de la matière organique et de la fertilité naturelle du sol. Sous conditions arides, un travail du sol excessif, y compris le disquage, peut contribuer à la carbonisation e l'humus. Sous conditions humides, le griffage profond ou un travail du sol excessif peuvent compacter le sol.</p>			

### 1.1.3. Gestion de l'enherbement

L'enherbement permanent ou temporaire doit, en viticulture biologique, apporter encore plus d'effets bénéfiques que ceux mentionnés dans les chapitres 2.1.1 et 2.1.2:

- Améliorer la structure du sol et la préservation de l'eau par la présence d'un système racinaire permanent.
- Approvisionnement en nutriments des organismes du sol (microorganismes, vers de terre) comme base d'une activité biologique accrue et une meilleure disponibilité des nutriments du sol.
- Approvisionnement en nutriments correspondant au stade de développement des raisins, par une gestion adaptée des travaux en vert.
- Semer des graminées aussi bien que des Légumineuses.
- Favoriser et maintenir la présence des auxiliaires dans les écosystèmes des vignobles.

En viticulture, les espèces les plus communément utilisées pour l'enherbement et comme engrais verts sont:

- Les légumineuses : haricots, vesces, trèfle d'Alexandrie, trèfle incarnat (ou Anglais ou du Roussillon), trèfle violet, trèfle blanc, lupins etc.
- Les graminées: seigle, avoine, orge, féтуque, ivraie (ray-grass) etc.
- Les crucifères: colza, radis oléifère, moutarde blanche etc.



Fig. 5: Trèfle incarnate en fleur, semis de phacelia et moutarde (enherbement estival)



Fig. 6: Colza, vesces, petits pois et radis oléifère (enherbement hivernal)

Une diversification des plantes est essentielle. La viticulture biologique normalement se sert de mélanges de plantes à plusieurs espèces. Le choix du mélange dépend de la durée de couverture (annuel, permanent), des conditions extérieures, de la texture, du pH et de l'apport en humus du sol ainsi que de la saison du semis et de la forme de la gestion: coupe, roulage, fauche. Concernant la composition des mélanges requis suivant les endroits, il faut retenir que:

- Le mélange doit contenir différents fixateurs d'azote (légumineuses), des graminées et de plantes à fleurs.
- La sélection de plantes doit inclure des espèces germant rapidement et lentement ainsi que des espèces atteignant diverses hauteurs.
- Au moins la moitié de plantes doit avoir un enracinement profond.
- Le mélange doit être adapté à la région et aux pratiques agricoles.
- Le nombre de semis ne doit pas être trop important afin permettre aussi l'établissement de plantes sauvages dans l'enherbement.



Fig. 7: Différents systèmes d'enherbement pour les régions humides (enherbement permanent) et arides (enherbement hivernal) avec des vesces ou de l'orge



Fig. 8: Enherbement au vignoble. Haut *Onobrychis viciifolia* Scop. (Sainfoin), autrefois utilisé comme nourriture pour le bétail et les chevaux. Bas: Système racinaire du sainfoin et symbiose avec des bactéries fixant l'azote.

## Gestion de l'enherbement

Options de soins au sol			Documents correspondants
<p><b>Enherbement hivernal</b> <i>Améliorer l'infiltration d'eau et la fertilité du sol</i></p> <p>Enherbement hivernal ■</p> <p>Fauche au début du printemps; soins au sol, culture du sol, engrais verts, contrôle des adventices ■</p> <p>Enherbement hivernal ■</p>	<p><b>Enherbement Hivernal / Estival</b> <i>Améliorer l'infiltration d'eau et de la capacité de rétention d'eau; améliorer la fertilité du sol et hausser la teneur en matière organique</i></p> <p>Semer l'enherbement hivernal en août ou après la vendange ■</p> <p>soins au sol et semis de l'enherbement estival au début du printemps ■</p> <p>soins au sol fin juin culture du sol, engrais verts ■</p> <p>Enherbement hivernal ■</p>	<p><b>Enherbement permanent</b> <i>Améliorer la biodiversité et le contrôle biologique des nuisibles; hausser la teneur en matière organique</i></p> <p>Culture superficielle du sol et semis de l'enherbement pérenne après la vendange ou au début du printemps ■</p> <p>Fauche ou coupe ■</p> <p>Autoreproduction, floraison, re-semis ■</p> <p>griffage profond après vendange ■</p>	<p>Référence: Gestion de la fertilisation</p>

### Regulatory framework:

**Regulation (EC) No 834/2007:** Article 12: (b) "the fertility and biological activity of the soil shall be maintained and increased by multiannual crop rotation including legumes and other green manure crops"

**Environmental impact:** Contribution of slow-release organic nitrogen; Improvement of soil's permeability and structure; Enrichment of the superficial strata of the soil with humus; limitation of erosion, surface water runoff and nitrogen / nutrient leaching; Promotion of fauna reproduction; Elimination of compaction problems related to cultivation; Induction of a better temperature regulation and of the soil's water-strata; Improvement of better water infiltration and stabilisation of water-holding capacity (avoiding of water competition); Weed control; supporting and stabilizing the arthropod fauna in the ecosystem vineyard which can be useful in pest control.

**Additional comment:** In areas with higher frost potential in spring, cover crops can be risky as: cover crop induced humidity lowers the frost-point.

### 1.1.4. Contrôle des adventices sous les ceps

En viticulture biologique, les problèmes d'adventices ne sont pas résolus par l'application d'herbicides chimiques mais plutôt par des pratiques culturales comme:

**1** Travail mécanique entre les rangs et travail mécanique ou manuel sur le rang

**2** Semis de plantes à faible vigueur et fauche ultérieure pour contrôler cette végétation

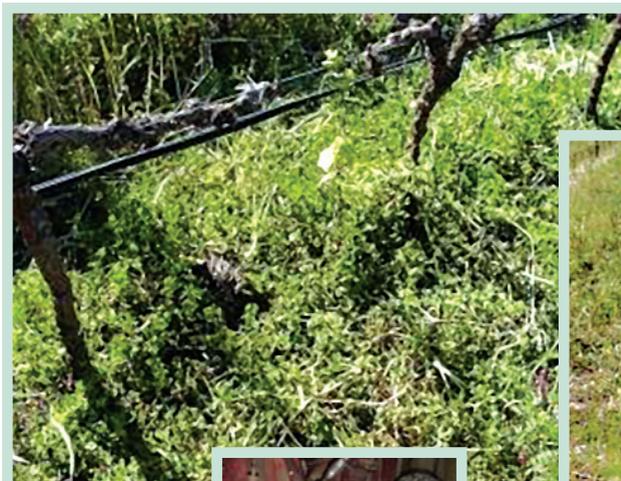
Outre la gestion de l'enherbement, le travail sous ceps joue un rôle important pour la suppression de rivaux indésirables dans la flore adventice. L'industrie offre de nos jours une gamme très large de différents systèmes pour le travail sous ceps. Le viticulteur peut faire son choix en accord avec la structure de son entreprise, ses sols et la pente des vignobles. Les machines en usage peuvent être groupées de la manière suivante:

1. Nettoyage de la ligne par labour en été; buttage et remise à plat; machine hydraulique avec herse rotative nettoyante

2. faucheuse rotative sous la ligne ou outil rotatif nettoyant le cavaillon

Le contrôle de la végétation adventice au vignoble réduit les effets négatifs causés par une concurrence pour l'eau ou les nutriments.

L'usage de plantes allélopathiques est une forme nouvelle du contrôle des adventices sous ceps. Ces plantes relâchent dans le sol des substances qui freinent ou empêchent la germination et/ou le développement d'autres plantes. À l'heure actuelle, les plantes les plus intéressantes sont *Hieracium pilosella* et *Bromus tectorum*. Elles sont spécialement intéressantes dans les climats arides parce qu'en été, lorsque le stress hydrique pour la vigne est à son apogée, elles tombent dans un stade de (semi-)dormance.



Enherbement sous ceps avec du trèfle à faible vigueur.



Litière (mulch) de paille



Désherbage sous ceps - décaillaonneuse



Désherbage sous ceps - disque



Désherbage sous ceps - Interceps à lame

Fig. 9: Différentes options biologiques (haut) et techniques (bas) pour contrôler les adventices sous ceps.

## Contrôle des adventices sous ceps

Options de soins au sol			Documents correspondants
<p><b>Climat (semi-) aride</b> <b>Zone méditerranéenne</b></p> <p><i>Eviter la concurrence pour l'eau et l'érosion du sol. Améliorer la suppression de la flore indésirable</i></p> <p>Culture mécanique sous les ceps; contrôle thermique des adventices; sarclage à la main.</p> <p>■</p> <p>Buttage après vendange; débattage avec charrue déchausseuse au début du printemps ou Semis de Trifolium subterranéum ou Medicago species comme enherbement hivernal, autoreproduction, resemis</p>	<p><b>Climat humide</b> <b>Océanique -</b> <b>Europe centrale</b></p> <p><i>Eviter la concurrence pour l'eau et l'érosion du sol. Améliorer la suppression de la flore indésirable</i></p> <p>Culture mécanique sous les ceps; contrôle thermique des adventices; sarclage à la main.</p> <p>■</p> <p>Mulching avec litière de paille, copeaux d'écorce, compost ou matière organique</p> <p>■</p> <p>Semis d'un enherbement pérenne à faible vigueur (Trifolium repens var. Haïfa; Trifolium fragiferum, Medicago lupulina; Lotus tenuis, L. corniculatus) Fauchage sous ceps (fauche manuelle ou mécanique; Brosseur)</p>	<p><b>Climat humide / sec</b> <b>Continental - Europe centrale et orientale</b></p> <p><i>Eviter la concurrence pour l'eau et l'érosion du sol. Améliorer la suppression de la flore indésirable</i></p> <p>Culture mécanique sous les ceps; contrôle thermique des adventices; sarclage à la main.</p> <p>■</p> <p>Mulching avec litière de paille, copeaux d'écorce, compost ou matière organique</p> <p>■</p> <p>Semis d'un enherbement pérenne à faible vigueur. Fauchage sous ceps (fauche manuelle ou mécanique; Brosseur)</p>	

### Cadre réglementaire:

**Régulation (EC) No 834/2007:** Article 12 (b): la fertilité et l'activité biologique du sol doivent être maintenues et améliorées par une alternance de cultures pluriannuelle incluant des légumineuses et d'autres engrais verts.

**Impact environnemental:** Contribuer à la lente libération d'azote organique. Améliorer la structure et la perméabilité du sol. Enrichir d'humus les horizons supérieurs du sol. Limiter l'érosion. Favoriser la reproduction de la faune. Contrôler les adventices. Maintenir et favoriser la faune arthropodes dans l'écosystème du vignoble, ce qui peut être utile au contrôle des ravageurs.

### 1.1.5. Fertilisation et nutrition des plantes

En agriculture biologique, en matière de fertilisation, le principe majeur est : « nourrir le sol pour nourrir la plante ». L'intention de cette approche est de limiter les cycles de nutriments naturels, cycles qui pourvoient le sol en éléments nutritifs provenant du sol lui-même et de la matière organique qu'il contient. La fertilisation en viticulture biologique se base sur un apport d'azote aussi faible que possible. Les principaux engrais utilisés étant : les engrais verts, le compost mûr (matière organique), les bois de taille et les marcs épandus entre l'automne et le printemps.

La pratique des engrais verts consiste à semer une seule espèce ou d'un mélange d'espèces d'herbacées, non pas dans un but de récolte mais pour incorporer au sol de la biomasse fraîche. La fertilisation verte est traditionnellement employée en viticulture sous forme de semis d'enherbement hivernal après la vendange ou en début d'automne (légumineuses comme : les vesces, les haricots, les pois combinés avec du colza, des graminées, du ray-grass ou du trèfle incarnat); cette utilité est surtout reconnue dans les régions où la fertilisation est difficile pour cause de conditions environnementales. Dans les régions avec des précipitations importantes au printemps et en été, se trouve fréquemment un enherbement avec du sarrasin (blé noir), de la phacelie, du radis oléifère ou de la moutarde.

Lorsque toutes ces pratiques et produits suffisent pas pour produire un rendement acceptable ou à améliorer la qualité du sol, il existe en AB un nombre limitée d'engrais et amendements. La somme de tous les apports d'azote ne devrait pas dépasser la limite de 170 kg N/ha par année (EEC Reg 834/2007). Cependant, ceci est une valeur maximale. Si les sols ne disposent que de faibles réserves d'azote, il est important d'enrichir ces sols par des apports d'humus; la valeur d'apport d'azote recommandée est de 50-70 kg/ha/an.



**Fig. 10: Production de compost en ferme (gauche) et application de préparations biodynamiques pour compost (préparations 502-507) (droite)**

#### Engrais et amendements autorisés

- Engrais animaux et produits secondaires comme la farine de poisson, d'os et de sang.
- Compost fermier; déchet de ménage ou matière végétale compostée ou fermentée
- Minéraux de source naturelle, y inclus le gypse, le calcaire, l'argile, le phosphate et la potasse de roche, les sels de potasse crus et le sulfate de potassium contenant des sels de magnésium.
- Organismes et préparations biologiques ainsi que leurs produits secondaires.
- Produits secondaires de plantes tels que les copeaux d'écorce, l'écorce compostée, les cendres de bois et la paille.
- Préparations à base de varech et d'algues
- Oligo-éléments (seuls les agents complexant/séquestrant naturels sont autorisés)

### Fertilité du sol différente

Options de fertilisation			Documents correspondants
<p><b>Basse fertilité</b> <b>Pauvre en humus</b> (&lt;1,5%) <b>Vigueur réduite, vignes stressées</b></p> <p><i>Améliorer la fertilité du sol avec des engrais verts, du compost ou des engrais biologiques afin d'éviter des manques d'azote dans les jus ou moûts</i></p> <p>Semis d'engrais verts en guise d'enherbement hivernal et/ou estival; travail du sol superficiel; apport de compost fermier (grande quantité); apport d'engrais biologiques</p>	<p><b>Haute fertilité</b> <b>riche en humus</b> (&gt;2,5%) <b>haute activité biologique, haute vigueur</b></p> <p><i>Eviter les pertes d'azote, les réductions de vigueur et la sensibilité aux maladies</i></p> <p>Semis d'enherbement pérenne; apport de compost (faible quantité); mulch avec litière de paille ou copeaux d'écorce</p>	<p><b>Déficits minéraux spécifiques</b></p> <p><i>Eviter les déséquilibres nutritionnels; améliorer l'état de santé des grappes et la maturation.</i></p> <p>Analyse des sols ou des plantes; apport d'engrais biologiques spécifiques autorisés</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gypse, calcaire, argile,</li> <li>- le phosphate et la potasse de roche</li> <li>- les sels de potasse crus</li> <li>- le sulfate de potassium</li> <li>- le sulfate de magnésium</li> <li>- oligo-éléments</li> </ul>	<p>Référence: Gestion de l'enherbement</p> <p>Notes techniques: Engrais biologiques autorisés: Annexe I, IIA</p>

#### Cadre réglementaire:

**Régulation (EC) No 834/2007:** Article 12 (b): la fertilité et l'activité biologique du sol doivent être maintenues et améliorées par une alternance de cultures pluriannuelle incluant des légumineuses et d'autres engrais verts et par l'application de fumier animal ou de matière organique, les deux de préférence compostés et d'origine biologique. Engrais organiques et minéraux tel qu'inclus dans l'annexe IIA  
Règlementations nationales de l'emploi d'engrais et de composts.

**Impact environnemental:** Améliorer les teneurs du sol en matière organique et la fertilité du sol. Eviter le lessivage de nutriments / d'azote

**Commentaires supplémentaires:** Un déficit d'assimilats à base d'azote dans les raisins et les moûts peut non seulement affecter toutes les composés azotés de la baie (NH4 et aminoacides) mais aussi, en conséquence indirecte, certains arômes ou précurseurs d'arôme tels que les dérivés de cystéine, que l'on trouve p. ex. dans le cépage « Sauvignon ».

## 1.2. Gestion du vignoble

### 1.2.1. Variétés

L'Europe a une longue tradition viticole de cépages *Vitis vinifera* adaptés localement aux conditions météorologiques et pédologiques des différentes zones climatiques. Certaines variétés se développent très bien sous conditions sèches et chaudes en été mais sont sensibles aux gels d'hiver. D'autres, adaptées au climat frais-modéré possèdent une haute tolérance aux gels, mais sont sensibles à la sécheresse et au stress hydrique ou aux coups de soleil.

Un des principes de la viticulture biologique est l'utilisation de cépages, espèces et porte greffe adaptés au climat local et aux conditions générales de production. Il vaut évidemment mieux choisir des variétés locales (autochtones, indigènes), qui d'habitude ont hérité d'une plus grande résistance aux principaux pathogènes et ravageurs régionaux. La capacité de résister aux maladies et ravageurs varie d'un cépage à l'autre.

Toutes les variétés de *Vitis vinifera* sont exposées à une large gamme de maladies et de ravageurs tels que l'oïdium, le mildiou, le botrytis, l'esca, Eutypa dieback, les vers de la grappe et les cicadelles et nécessitent une protection phytosanitaire compatible avec le règlement AB.

À l'heure actuelle, il n'existe aucun cépage apte à résister à toutes les principales maladies. Cependant, il y a différents niveaux de sensibilité: de « très sensible » à « résistant » (Tab. 1 et 2). Parmi les cépages traditionnels européens, les variétés étant plus que « tolérant », c'est-à-dire aptes à résister à une faible pression de maladie combinée avec une gestion adéquate du feuillage, sont rares.

Ces dernières années, une nouvelle génération de cépages résistants aux maladies a été développée en croisant différentes espèces vitis avec des *Vitis vinifera* (Tab. 3 et annexe 4). Ces « hybrides interspécifiques » ou, plus moderne, PIWI (de l'expression allemande "pilzwiderstandsfähig" = apte à résister aux champignons) ne sont pas acceptés par les décrets d'appellation, dans plusieurs pays européens. Néanmoins quelques pays ont accepté les dernières générations de ces PIWI, p. ex. l'Allemagne, la Suisse, l'Autriche, la Hongrie et la République Tchèque.

**Tab. 1: Résistance aux maladies principales de cépages blancs communs très répandus**

Les cépages jugés « tolérant » ou « robuste » dans le tableau ici-bas ne sont pas résistants aux maladies, ils sont seulement moins sensibles à condition qu'ils soient traités de manière optimale avec des produits phytosanitaires et une gestion correcte du feuillage. Le choix des cépages devrait se faire en fonction de leur résistance ou tolérance aux maladies localement les plus répandues si ces cépages répondent aux besoins de production et commerciaux.

Cépage	Mildiou <i>Plasmopara viticola</i>	Oïdium <i>Erysiphe necator</i>	Pourriture grise <i>Botrytis cinerea</i>	Pourriture noire <i>Guignardia bidwellii</i>
<b>Raisins blancs</b>				
Pinot blanc,- bianco, Weißburgunder	Tolérant	Robuste	Susceptible	Tolérant
Pinot gris, - grigio Grauburgunder, Rulandsky Bile	Tolérant	Tolérant	Susceptible	Tolérant
Chardonnay	Très Susceptible	Très Susceptible	Susceptible	Susceptible
Garganega	Tolérant -	Susceptible	Tolérant	Tolérant Tolérant
White Riesling, Ryzlink rynsky	Tolérant - Susceptible	Tolérant - Susceptible	Très Susceptible	Susceptible
Gray-Welschriesling Riesling Italic, Olasz Riesling	Tolérant	Robuste	Susceptible	?
Viognier, Viogne	Tolérant	Tolérant	Susceptible	Susceptible
Grüner Veltliner	Très Susceptible	Susceptible	Tolérant	?
Trebbiano, Ugni blanc	Susceptible	Susceptible	Robuste	Susceptible
Sauvignon blanc	Tolérant	Très Susceptible	Susceptible	Très Susceptible
Traminer, Clevner; Traminer puros	Tolérant	Robuste	Tolérant	Tolérant
Semillon	Tolérant	Robuste	Très Susceptible	Tolérant
Müller-Thurgau	Très Susceptible	Susceptible	Très Susceptible	Susceptible
Mauzac (F)	Robuste	Robuste	Susceptible	
Maccabeo (E)	Tolérant Très	Susceptible	Très Susceptible	
Furmint (HU)	Susceptible	Très Susceptible	Tolérant	Susceptible
Colombard	Tolérant	Très Susceptible	Tolérant	Susceptible
Chenin blanc	Tolérant	Susceptible	Très Susceptible	Robuste

#### Référence:

Ambrosi, H. et al. 1998 Farbatlas Rebsorten, Ulmer Verlag  
 Lott, H. & Pfaff, F. 2003, Taschenbuch der Rebsorten, Fraund Verlag  
 Vitis International Variety Catalogue: <http://www.vivc.bafz.de/index.php>  
 European Vitis Database: <http://www.genres.de/eccdb/vitis/>;  
 French Vitis database <http://www1.montpellier.inra.fr/vassal/collections/liste.php>;  
 Greek Vitis database: <http://gvd.biology.uoc.gr/gvd/index.htm>  
 US National grape register: <http://www.ngr.ucdavis.edu/>

Tab. 2: Résistance aux maladies principales de cépages rouges communs très répandus

Les cépages jugés « tolérant » ou « robuste » dans le tableau ici-bas ne sont pas résistants aux maladies, ils sont seulement moins sensibles à condition qu'ils soient traités de manière optimale avec des produits phytosanitaires et une gestion correcte du feuillage. Le choix des cépages devrait se faire en fonction de leur résistance ou tolérance aux maladies localement les plus répandues si ces cépages répondent aux besoins de production et commerciaux.

Cépage	Mildiou <i>Plasmopara viticola</i>	Oïdium <i>Erysiphe necator</i>	Pourriture grise <i>Botrytis cinerea</i>	Pourriture noire <i>Guignardia bidwellii</i>
<b>Raisins rouges</b>				
Pinot noir, - nero, Spätburgunder	Susceptible - Tolérant	Susceptible - Tolérant	Très Susceptible	Susceptible
<b>Barbera</b>			Susceptible	
Cabernet Franc	Susceptible	Très Susceptible	Susceptible	Susceptible
Cabernet sauvignon	Tolérant	Très Susceptible	Robuste	Très Susceptible
Canaiolo nero	Très Susceptible	Très Susceptible	Susceptible	?
Carignan noir, Carignano, Cainena	Susceptible	Très Susceptible	Très Susceptible	Susceptible
Cinsault, Hermitage	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Malbec	Susceptible	Robuste	Susceptible	Susceptible
Dornfelder Très	Susceptible	Très Susceptible	Tolérant	Susceptible
Gamay noir, Game	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Grenache, Garnacha, Cannonau	Très Susceptible	Tolérant - Robuste	Très Susceptible	Susceptible
Kadarka	Tolérant	Tolérant	Robuste	Tolérant
Lagrein	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Lambrusco	Tolérant	Tolérant	Susceptible	Tolérant
Lemberger, Blaufränkisch, Kekfrancos	Susceptible - Tolérant	Très Susceptible	Tolérant	Susceptible
Merlot	Très Susceptible	Tolérant	Tolérant - Susceptible	Très Susceptible
Monastrell, Mourvedre	Susceptible	Susceptible	Robuste	Tolérant
Montepulciano, Uva Abruzzi				

Cépage	Mildiou <i>Plasmopara viticola</i>	Oïdium <i>Erysiphe necator</i>	Pourriture grise <i>Botrytis cinerea</i>	Pourriture noire <i>Guignardia bidwellii</i>
<b>Raisins rouges</b>				
Nebbiolo	Tolérant	Très Susceptible	Susceptible	Tolérant
Nero d'Avola				
Pinotage	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Portugieser, Portugalski modré, Oporto,	Très Susceptible	Très Susceptible	Susceptible	Susceptible
Saint Laurent	Susceptible	Très Susceptible	Très Susceptible	Susceptible
Sangiovese	Susceptible	Tolérant	Susceptible - Tolérant	Susceptible
Syrah; Shiraz	Tolérant	Robuste	Susceptible	Tolérant
Tempranillo	Tolérant	Susceptible	Tolérant	Susceptible
Zweigelt	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible

Source: PIWI-International (<http://www.piwi-international.org/index.htm>).

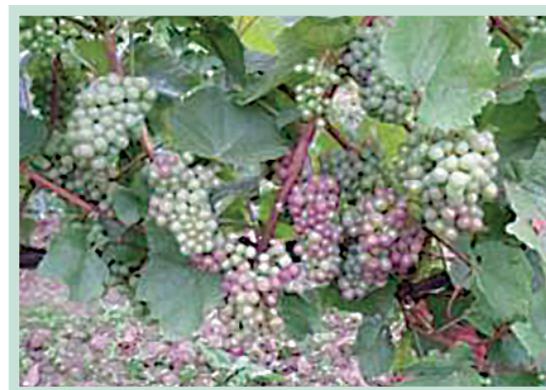


Fig. 11: Cépages blancs; à gauche: Cabernet blanc (PIWI – fong-résistant); à droite: Pinot gris (*Vitis vinifera*)

Tab.3: Cépages résistants à diverses maladies

La liste suivante montre l'évaluation de quelques cépages résistants par leurs sélectionneurs. L'évaluation est basée sur l'observation au vignoble et est échelonnée sur cinq niveaux de résistance (très bas – bas – moyen – bon – très bon; --- = pas de déclaration disponible). Cette liste n'est qu'un extrait de toutes les variétés disponibles (annexe 4); elle montre des espèces plantées fréquemment de nos jours en Allemagne, Autriche, Suisse et en Europe de l'est.

Source: PIWI-International (<http://www.piwi-international.org/index.htm>).

Couleur	Cépage	Résistance Peronospora feuille	Résistance Peronospora Grappe	Résistance Oidium feuille	Résistance Oidium Grappe	Résistance Coulure	Résistance Botrytis	Résistance froid
Rouge	Baco noir	bonne	bonne	bonne	bonne	---	---	---
Rouge	Baron	bonne	bonne	bonne	bonne	moyenne	---	---
Rouge	Cabernet Carbon	tr bonne	tr bonne	moyenne	moyenne	tr basse	---	---
Rouge	Cabernet Carol	tr bonne	tr bonne	bonne	bonne	tr basse	---	---
Rouge	Cabernet Cortis	tr bonne	tr bonne	bonne	bonne	basse	---	---
Rouge	Cabernet Jura (VB 5-02)	tr bonne	tr bonne	tr bonne	tr bonne	---	tr bonne	tr bonne
Rouge	Cabertin (VB 91-26-17)	bonne	bonne	bonne	bonne	---	bonne	tr bonne
Rouge	Chambourcin	bonne	bonne	bonne	bonne	moyenne	---	---
Rouge	Chancellor	tr bonne	tr bonne	tr bonne	tr bonne	basse	---	---
Rouge	De Chaunac	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	---	---
Rouge	Landal	moyenne	bonne	bonne	bonne	basse	---	---
Rouge	Léon Millot	moyenne	bonne	bonne	tr bonne	basse	---	---
Rouge	Marchéchal Foch	bonne	bonne	bonne	tr bonne	basse	---	---
Rouge	Monarch	bonne	bonne	moyenne	moyenne	basse	---	---
Rouge	Pinotin	bonne	bonne	bonne	bonne	---	bonne	tr bonne
Rouge	Plantet	bonne	bonne	bonne	bonne	---	---	---
Rouge	Prior	tr bonne	tr bonne	tr bonne	tr bonne	tr basse	---	---
Rouge	Regent	basse	bonne	bonne	tr bonne	moyenne	---	---
Rouge	Triumph vom Elsass	---	---	---	---	tr haute	---	---
Rouge	VB 91-26-4	bonne	bonne	bonne	bonne	---	bonne	tr bonne
Rouge	VB 91-26-5	bonne	bonne	bonne	bonne	---	---	bonne
Blanc	Bianca	bonne	bonne	bonne	bonne	forte	---	---
Blanc	Bronner	bonne	bonne	bonne	moyenne	faible	---	---
Blanc	Cabernet blanc (VB 91-26-1)	bonne	bonne	bonne	bonne	---	bonne	bonne
Blanc	Helios	moyenne	bonne	tr bonne	tr bonne	basse	---	---
Blanc	Johanniter	moyenne	bonne	bonne	tr bonne	basse	---	---
Blanc	Merzling	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	---	---
Blanc	Orion	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	---	---
Blanc	Phoenix	tr bonne	tr bonne	tr bonne	tr bonne	moyenne	---	---
Blanc	Saphira	moyenne	moyenne	bonne	bonne	basse	---	---
Blanc	Seyval blanc	moyenne	bonne	bonne	tr bonne	basse	---	---
Blanc	Sirius	bonne	bonne	bonne	bonne	---	---	---
Blanc	Solaris	moyenne	bonne	tr bonne	bonne	basse	---	---
Blanc	Soleil blanc	bonne	tr bonne	tr bonne	tr bonne	basse	---	---
Blanc	Staufer	bonne	bonne	bonne	bonne	moyenne	---	---
Blanc	Vidal blanc	moyenne	bonne	tr bonne	tr bonne	basse	---	---

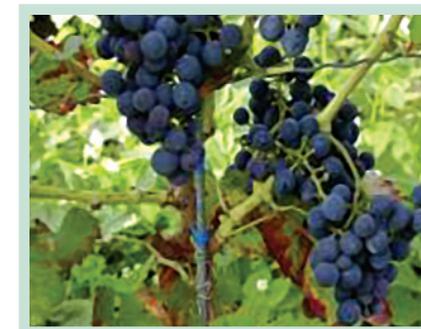


Fig. 12: Cépages rouges:  
Pinotin (PIWI – fong-résistant),  
Blafränkisch/Kekfrancos, Merlot  
(Vitis vinifera)

### 1.2.2 Système de conduite et gestion du feuillage (canopée)

Dans toutes les régions européennes, les systèmes de conduite sont adaptés aux conditions climatiques locales. La production de raisin hautement qualitatif est liée à deux caractéristiques de base des systèmes de conduite.

**1.** La surface foliaire fonctionnellement adéquate. Surface qui est source des molécules solides solubles qui sont transportées dans les baies. De là, une des caractéristiques d'un bon mode de conduite de la vigne est sa capacité d'offrir une bonne exposition solaire à un maximum de surface foliaire.

**2.** L'exposition des grappes au soleil. Exposition très importantes dans les climats frais et modérés parce que la température du fruit durant la maturation influence directement la réduction des taux d'acides et améliore le profil aromatique spécifique du fruit.

Les canopées ouvertes et aérées disposent de meilleurs circulation d'air et ensoleillement, ce qui aide à maintenir sec le feuillage et réduit la sensibilité aux maladies. Il est plus aisé de surveiller des canopées bien structurées que celles, « sauvages », surchargées et denses. De plus elles permettent une meilleure application des pulvérisations. La gestion du feuillage dépend de la fertilité du sol et des conditions climatiques; elle comprend:

- Une coupe soignée des sarments respectant le mode de conduite, le rendement et la qualité.
- L'ébourgeonnage et l'élimination des sarments latéraux avant la floraison.
- Positionnement des sarments; l'éclaircissage (feuilles et grappes), l'écimage, l'écrêtage.
- Eclaircir les grappes (coloration) en pulvérisant un mélange de sodium silicate à la floraison.
- Éclaircissage et division des grappes entre la mise à fruit et la fermeture de la grappe.



*Fig.12: Vignoble avant et après l'élimination de rameaux et la réduction et division des grappes*



*Fig. 13: Différents modes de conduite (tige horizontale, Lyra).*





Fig. 14: Différents modes de conduite (Guyot, en haut, Goblet à gauche, bush-training à droite).



Fig. 15: Différents modes de conduite (gauche: « umbrella », droite: taille minimale).



Fig. 16: Réaction d'un cépage PIWI (fongi-résistant) à une attaque fongique<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Le cépage "Bronner" produit une réaction de subérisation (hypersensibilité): La plante se défend elle-même en desséchant le champignon.

## Références:

- Basler, P. (2003): Andere Rebsorten- robuste Rebsorten- pilzwiderstandsfähige Rebsorten; Verlag Sutz Druck AG, Wädenswil, ISBN 3-85928-072-4
- Boller, E.F.; Gut, D.; Remund, U. (1997): Biodiversity in three tropic level of the vineyard Agro-Ecosystem in northern Switzerland. Ecological studies Vol. 130; Dettner et al (eds) Vertical Food Web Interaction – Springer Verlag Berlin, pg 299 – 318
- Buckerfield, J., Webster, K (2002): Organic matter management in vineyards – mulches for soil maintenance. The Australian & New Zealand Grapegrower and Winemaker 461: pg 26-33
- Bugg, R.L.; Hoenisch, R.W.(2000): Cover cropping in California vineyards: Part of a biologically integrated farming system. In: Proceedings 6th International Congress on organic viticulture Basel 2000, SÖL Sonderausgabe 17 pg 104-107
- Bugg R.L. et. al. (1996): Comparison of 32 cover crops in an organic vineyard on the North Coast of California. Biological Agriculture and Horticulture Vol. 13, pg 63-81
- Bugg R.L.; Waddington, C. (1993): Managing cover crops to manage arthropods pests in orchards. <http://www.sarep.ucdavis.edu/newsltr/v5n4/sa-12.htm>
- Diouech, N. et al (2008): Agronomic performance of annual self-seeding legumes and their self-establishment potential in the Apulia region of Italy. 16th IFOAM World Congress, <http://orgprints.org/view/projects/conference.html>
- Görbing, J. (1947): Die Grundlagen der Gare im praktischen Ackerbau. Landbuch-Verlag Hannover
- Gut, D. (1998): Rebbergflora: Von der Unkrautbekämpfung zur Förderung der botanischen Vielfalt – Eine Übersicht, Deutsches Weinbau-Jahrbuch, pg. 115-124
- Hafner, P. (2002): Traubenteilen hat sich bewährt, Obstbau - Weinbau. Fachblatt des Südtiroler Beratungsrings Italy, 2002, 39 (7-8) pg 221-222
- Hanna, R.; Zalon, F.G.; Elmore, C.L. (1995): Integrating cover crops into grapevine pest and nutrition management: The transition phase Sustainable Agriculture Technical Reviews, vol. 7/ no. 3
- Hofmann, U. (1993): Green cover crop management and mechanical weeding in viticulture; Proceedings of the fourth International conference IFOAM- Non chemical weed control Dijon, pg 375-378
- Hofmann, U. (1995): Öko-Weinbau – Abschlussbericht über achtjährige Versuche zur Umstellung auf ökologischen Anbau am Beispiel Mariannenaue – Hessisches Ministerium des Inneren und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz
- Hofmann, U. (2000): Cover Crop Management in Organic Viticulture, Grape Press 123rd Edition United Kingdom Vineyards Association pg 23 –30
- Hofmann, U.; Köpfer, P.; Werner, A. (1995): Ökologischer Weinbau, Ulmer Verlag Stuttgart ISBN 3-8001-5712-8, Translation: Grec version (2003) ISBN: 960-8336-10-4; Hungarian version (2009)
- Ingels, C.; Bugg, R.; McGourty, G.; Christensen, L. (1998): Cover cropping in vineyards: a grower's handbook. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources publication 3338.
- IFOAM (2005): IFOAM Basic standards for organic production and processing, Bonn – Germany [www.ifoam.org](http://www.ifoam.org)
- Kührer, E. (2007): Trauben teilen, Beeren abstreifen und pulsierender Luftstrom: Traubenausdünnung mittels alternativer Methoden, Der Winzer, Klosterneuburg Austria, 63 (4) pg 16-19.
- Madge, D. (2005): Organic viticulture: an Australian manual Published on: <http://www.dpi.vic.gov.au>
- Mehofer, M.; Riedle-Bauer, M. (2008): Tagungsband XVI. Colloquium Viticulture –soil and quality- International workgroup for soil cultivation and quality management. Hrsg. Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Ziegler, B. (2003): Einfluss der Bodenpflege auf Rebe und Wein, Der Deutsche Weinbau 6, pg. 16-18
- Willer, H.; Meier, U. (2000): Proceedings 6th International Congress on Organic Viticulture IFOAM-2000 Basel, Session3 Soil Management – Care and Quality pg 91. 138, Session 5 – Varieties for Organic Viticulture and Quality pg. 199-234; SÖL Sonderausgabe Nr.77
- ECOVIN and DWV (2004): Proceedings 1st International Symposium for Organic Wine Growing – Intervitis Stuttgart
- OrganicMed: Training Mediterranean farmers in organic agriculture – Farmers Manual – Leonardo da Vinci Program 2000-2006, Nicosia <http://www.vinaliaonline.net/engine/bioarticoli.asp>  
<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/selectnewpest.grapes.html>  
<http://www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanzliche-erzeugung/weinbau/>  
<http://www.orgprints.org>

## 1.3. Protection phytosanitaire

En viticulture biologique, la protection des plantes se base sur cinq principes majeurs:

- la fertilité et la santé du sol;
- les pratiques viticoles: choix de cépages et systèmes de conduite appropriés;
- le timing des mesures de protection et des méthodes d'application;
- la gestion de la vigueur des plantes afin d'améliorer leurs mécanismes naturels de défense
- le contrôle biologique des ravageurs et la gestion des habitats

Une connaissance approfondie des parcelles, des caractéristiques du sol et des conditions climatiques saisonnières contribue aussi au choix des mesures phytosanitaires appliquées.

L'un des intérêts primaires en viticulture biologique est la culture de plantes saines et résistantes aux maladies. Cependant, la plupart des cultivars utilisés ne résistent pas aux attaques fongiques (cf. chapitre 1.2.1). Le contrôle des maladies fongiques devrait être réalisé par la stimulation et l'amélioration des défenses naturelles des plantes. Ceci se réalise par l'emploi de phytostimulants et de fongicides naturels acceptés par les standards biologiques ainsi que par une gestion appropriée du sol et des plantes.

Par exemple les techniques de gestion de la vigne telles que les enherbements des interlignes et du rang, les couvertures herbacées, les engrais verts, le mulching, la fauche, l'amélioration de la fertilité des sols, les applications de compost, le choix de cépages, de porte-greffes, de travaux en vert et de systèmes de conduite doivent être adaptées aux conditions locales afin d'améliorer la santé et la qualité de la vigne et de ses fruits.

Ce n'est qu'en dernier ressort que l'on devrait utiliser les fongicides biologiques tels que le cuivre, le soufre ou les argiles acidifiées, ces produits étant les seules armes biologiques protégeant les plantes de façon efficace contre les attaques fongiques.

L'usage du cuivre est problématique, vu son effet toxique sur la flore et la faune du sol. Cependant, il faut rappeler que le cuivre est aussi un oligo-élément nécessaire à beaucoup de processus vitaux non seulement pour les mammifères mais aussi pour les plantes. Celles-ci peuvent manquer de cuivre, avec pour résultat l'incapacité de synthétiser certaines protéines. Ce manque rend nécessaire une application de 5 kg Cu/ha tous les 5-8 ans.

Comme le montre entre autres l' « enquête producteurs » du work package 2.2 d'Orwine, il existe différents niveaux de sensibilité aux maladies selon les régions et les vignobles européens.

Beaucoup d'experts affirment qu'une fréquence d'attaque de 10% par une pourriture peut affecter négativement la qualité du vin. Selon les déclarations des producteurs cette fréquence est rarement atteinte dans les pays méridionaux. Dans des pays tels que l'Allemagne, 70% des producteurs doivent faire face à cette situation environ tous les trois ans. Cette situation qui dépend évidemment du climat, a des conséquences sur les techniques de vinification et particulièrement sur les apports de SO<sub>2</sub>.

Dans les pays à haute fréquence de maladie tels que l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse le botrytis est le problème principal. Cela signifie, qu'il y sera difficile de réussir une baisse de SO<sub>2</sub> total, dans les vins biologiques.

Le mildiou, seconde cause d'effets négatifs sur la qualité des vins, est une menace sérieuse aussi en Espagne, Italie, France et d'autres pays européens. Il est cependant intéressant de noter que

les problèmes dus aux insectes et aux maladies du bois ne sont pas très importants pour les producteurs allemands et autrichiens.

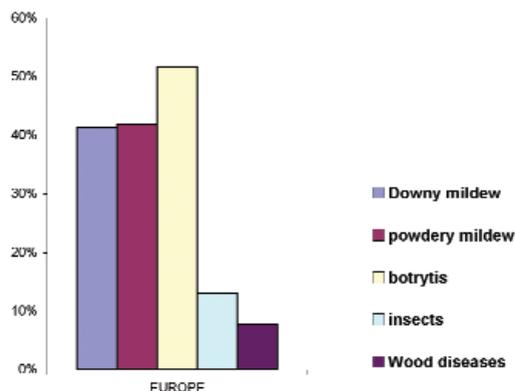


Fig.17: Différents niveaux de sensibilité aux maladies dans les régions viticoles européennes. Question: Combien de fois devez-vous gérer des raisins atteints par une maladie à plus de 10% sur grappe?

Source: Micheloni, C.; Trioli, G. (2006): Producer investigation about current oenological practise. www.orwine.org

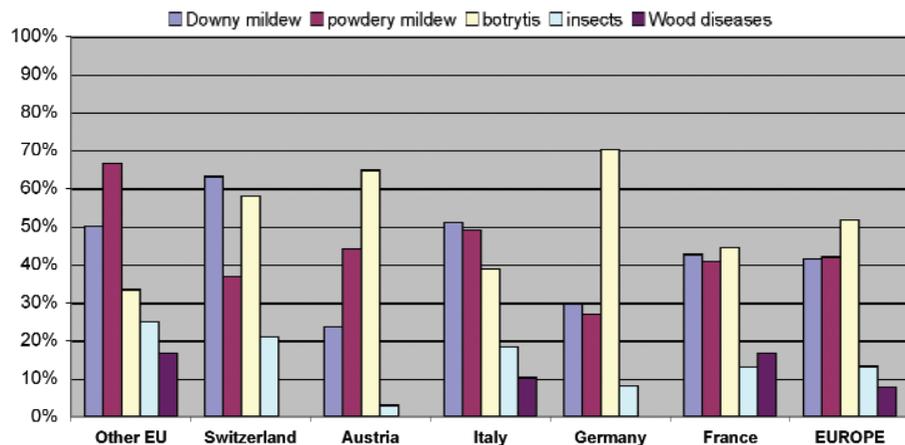


Fig.18: Les problèmes phytosanitaires les plus fréquents sur les vignobles biologiques européens. Question: Quelle est la maladie causant le plus souvent des problèmes à vos raisins? (de gauche à droite: mildiou, oïdium, botrytis, insectes, maladies du bois).

Source: Micheloni, C.; Trioli, G. (2006): Producer investigation about current oenological practise. www.orwine.org

## 1.2.3 Les principales maladies

### 1.2.3.1 Mildiou ou Peronospora (*Plasmopara viticola*)

Le mildiou est l'une des plus néfastes maladies de la vigne dans tous les pays européens producteurs de vin. Le pathogène peut infecter tous les organes végétatifs de la vigne, les feuilles, les fleurs, les rafles, les jeunes fruits et les grappes. On observe de nombreux symptômes correspondants à différents stades du cycle de la maladie: les taches d'huile, la pourriture blanchâtre et les tissus nécrotiques. Durant la saison, de nombreuses infections peuvent avoir lieu, mais les phases d'infection les plus critiques vont de la floraison à la nouaison.

Les dégâts les plus importants que cause le champignon sont dus à l'infection des rafles et des jeunes grappes entraînant une perte très importante de fruits. Les baies endommagées séchent et tombent. L'influence sur la qualité du vin est minimale. Une attaque de mildiou tardive peut causer une perte de feuillage totale chez certains cépages sensibles. Presque toutes les variétés de *Vitis vinifera* sont sensibles au mildiou. Pour cela, la viticulture biologique ne peut pas se passer de traitements phytosanitaires directs. Mais les modélisations météorologiques de la pression d'infection<sup>3</sup> aident à mettre au point un plan de traitement adéquat et à réduire le nombre de traitements.

## Contrôle

**Mesures indirectes:** Il y a parmi les cépages une grande variabilité de sensibilité au mildiou. Pour cela, le choix du cépage et du clone est un facteur décisif pour réduire le risque d'infection (chapitre 2.2.1). Les travaux en vert comme l'ébourgeonnement, l'effeuillage et l'éclaircissage des grappes n'agissent pas directement sur le pathogène mais aident à réduire considérablement le nombre de traitements nécessaires.

**Mesures directes:** Le cuivre est le fongicide principal de l'agriculture biologique. Il est utilisé dans ses différentes formulations chimiques (oxychlorure, hydroxyde, sulfate tribasique, oxyde et oxalate). Les applications annuelles de cuivre ont récemment été limitées à 6 kg/ha métal de cuivre (30 kg/ha en 5 ans; Rég. CEE 834/2007); plusieurs règlements nationaux ou privés sont encore plus restrictifs.

L'utilisation du phosphonate de potassium combiné à des aminoacides et oligosaccharides comme fertilisant ou engrais foliaire est autorisée dans plusieurs pays de l'UE. Le phosphonate de potassium agit en éliciteur, encourageant les mécanismes d'autodéfense de la plante (production de phytoalexines). L'utilisation est recommandée pendant les phases à haut risque d'infection, donc surtout depuis le début de la floraison et la nouaison. L'utilisation d'autres fertilisants de plantes, tels que les argiles acides sulfurées ou les produits à base de pierre calcaire, est aussi autorisée et couronnée de succès.

L'utilisation du phosphonate de potassium combiné à des aminoacides et oligosaccharides comme fertilisant ou engrais foliaire est autorisée dans plusieurs pays de l'UE. Le phosphonate de potassium agit en éliciteur, encourageant les mécanismes d'autodéfense de la plante (production de phytoalexines). L'utilisation est recommandée pendant les phases à haut risque d'infection, donc surtout

<sup>3</sup> Modélisation de prédiction des risques d'infection: Suisse: <http://www.agrometeo.ch>; Allemagne: Viti Meteo Plasmopara: <http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de>

depuis le début de la floraison et la nouaison. L'utilisation d'autres fertilisants de plantes, tels que les argiles acides sulfurées ou les produits à base de pierre calcaire, est aussi autorisée et couronnée de succès.

### Stratégies de protection des plante

Mildiou			Documents correspondants
<b>Sans risque</b>	<b>Faible pression d'infection</b>	<b>Haute pression d'infection</b>	Référence: Gestion de la canopée
<i>La plantation de cépages hautement résistants (PIWI) réduit la nécessité des traitements de cuivre.</i>	<i>Temps sec: peu de précipitations, pas de rosée, humidité &lt;40%, infection primaire tardive (après floraison) Température jour: &gt;30°C Température nuit: &lt;10°C</i>	<i>Temps humide et chaud: précipitations élevées, rosée, humidité &gt;95%, infection primaire précoce Température jour: &lt;30°C Température nuit: &gt;20°C</i>	
Deux traitements avec de faibles dosages de cuivre ou de fertilisant de plantes (argiles acides) avant et après la floraison.	Modélisation météo, feuillage bien structuré, méthodes d'application et raisonnement des traitements	Modélisation météo, feuillage bien structuré, méthodes d'application et raisonnement des traitements	
Canopée bien structurée	Pulvérisation dans chaque 2 <sup>ème</sup> rang, traitements avec peu de cuivre (100 – 500 g/ha) ou fertilisant de plantes.	Pulvérisation hebdomadaire dans chaque rang; traitements avec dosage de cuivre élevé (500 – 100 g/ha) 3 applications de phosphonate de potassium- entre la 1 <sup>ère</sup> fleur et la nouaison. Emploi maximal de cuivre: 6 kg/ha/an (30 kg/ha/5ans)	

#### Cadre réglementaire:

**Régulation (CE) No 834/2007:** Article 12 (g): La prévention de dommages causés par les ravageurs, les maladies et les adventices doit principalement se servir des auxiliaires, le choix des espèces et des variétés, l'alternance des cultures, les techniques de culture et les procédés thermiques ;  
Article 12 (h): Si l'infection de la culture a déjà eu lieu, les produits phytosanitaires peuvent seulement être utilisés s'ils sont autorisés en production biologique (Annexe II B).

**Règlements nationaux pour la protection des plantes:** seuls des produits commerciaux à base de cuivre, sont à la fois autorisés par le règlement AB et homologués pour lutter contre le mildiou de la vigne.

#### Commentaires additionnels:

La vendange sélective, le tri et l'éraflage sont nécessaires; les baies infectées peuvent influencer la qualité du vin (fermentation du moût pour vin rouge).

Le **cuivre a un rôle négatif sur l'expression des arômes soufrés tels que les thiols**. Les traitements au cuivre augmentent l'épaisseur des peaux; cet épaissement favorise une meilleure résistance aux maladies de fin de saison telles que la pourriture grise et la pourriture acide.

**Impact environnemental:** Le cuivre est un métal lourd qui reste dans le sol et qui est toxique pour certains micro-organismes. Des stratégies durables pour réduire les dosages de cuivre sont nécessaires.



Fig. 20: Une station météo mobile "LUFFT" qui peut servir à modéliser la pression d'attaque des maladies fongiques<sup>4</sup>.



Fig. 21: Infection du feuillage par le mildiou (taches d'huile et nouvelles sporulations).



Fig. 22: Infection de mildiou des fleurs (gauche) et des baies (droite, sporulation fraîche).



<sup>4</sup> La station météo "LUFFT" peut facilement être installée et désinstallée. Les logiciels de mesure sont simples à manier. La station est alimentée en électricité par des panneaux solaires.

### 1.2.3.2. Oïdium (*Erysiphe necator*; *Oïdium tuckeri*)

L'oïdium de la vigne est une maladie très répandue qui attaque les feuilles, les fleurs, les baies et les rameaux de la vigne. L'infection peut causer une perte de récolte, réduire la croissance de la vigne et la qualité du raisin et du vin. Globalement, c'est la maladie de la vigne provoquant les plus importants dommages économiques.

Lors de sa croissance et spécialement lors de la sporulation, le champignon confère aux tissus infectés une apparence poudreuse grise. Le champignon croît durant toute la période du printemps et de l'été. Il peut pénétrer les cuticules des baies et/ou des feuilles.

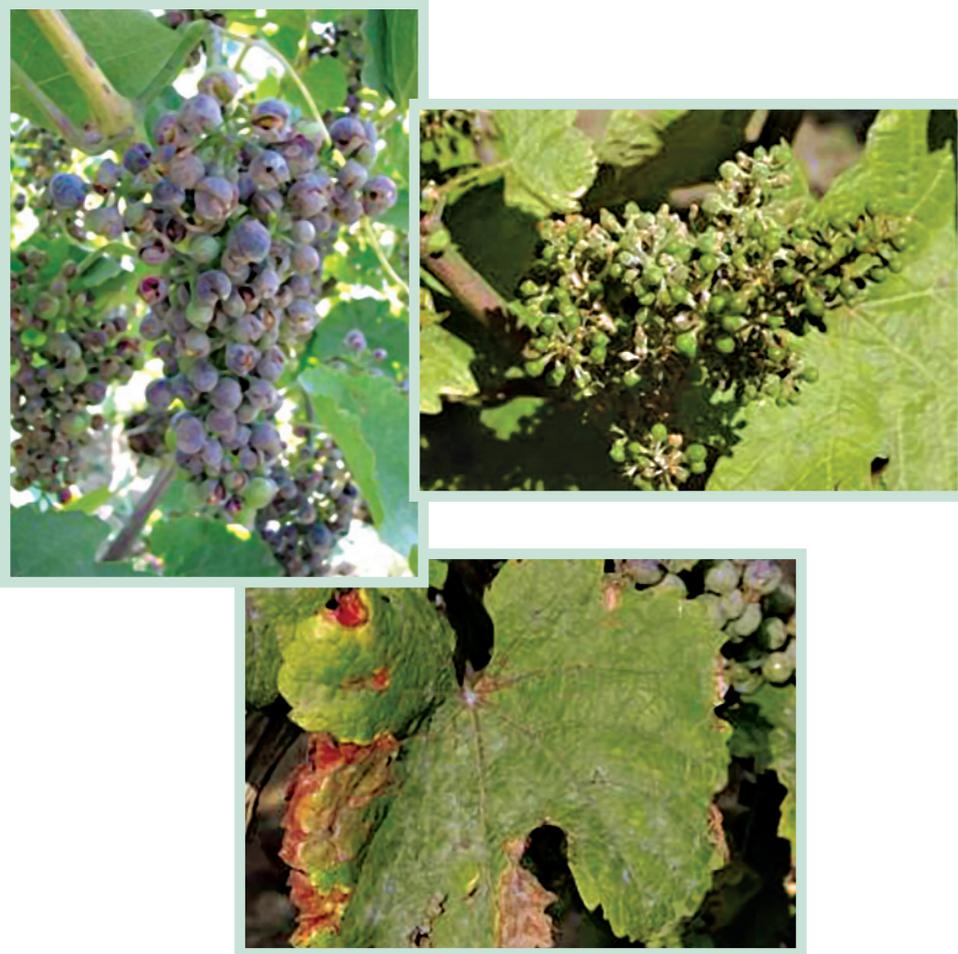


Fig.23: Infection d'oïdium sur baies et sur feuilles.

### Contrôle

**Mesures indirectes:** Les cultivars variant dans leur sensibilité à l'oïdium, le choix de cépages résistants réduira les risques d'infection (chapitre 2.2.1). Les travaux en vert tels que l'élimination de rameaux, l'éclaircissage du feuillage et des grappes n'affectent pas directement le pathogène mais réduisent le nombre de traitements nécessaires.

**Mesures directes:** Elles doivent être prises tôt dans la saison, immédiatement après le bourgeonnement afin de réduire la quantité de spores présentes sur la végétation et afin de prévenir les attaques. Ceci particulièrement dans les vignobles sur lesquels le pathogène a créé de sérieux dommages l'année précédente.

En viticulture biologique, le contrôle de l'oïdium est basé sur l'utilisation de soufre sous forme poudreuse (brut, ventilé, activé et cuivre) et mouillable (micronisé, colloïdal et liquide). L'utilisation de moyens complémentaires tels qu'un champignon antagoniste (*Ampelomyces quisqualis* AQ10), le bicarbonate de potassium (poudre à lever), des extraits de plantes (huile de fenouil, extrait de prêle, lécithine de soja) ou de silicate de sodium peuvent aider à contrôler l'oïdium.



Fig. 24: Coccinelle (*Thea vigintiduopunctata*): Un organisme bénéfique se nourrissant des hyphes d'oïdium établi en méditerranée et Europe centrale.

## Stratégies de protection des plantes

Oïdium			Documents correspondants
<p><b>Sans risque</b></p> <p>La plantation de cépages hautement résistants (PIWI) réduit la nécessité des traitements de cuivre.</p> <p>Deux traitements avec du soufre (mouillable ou en poudre) ou du fortifiant de plantes avant et après la floraison.</p> <p>Feuillage bien structuré</p>	<p><b>Faible pression d'infection</b></p> <p>Temps sec, humidité &lt;30%; Temps pluvieux, humidité &gt;90% Température &lt;7° ou &gt; 35° venteux</p> <p>Modélisation météo, feuillage bien structuré, bonne aération, méthodes d'application et raisonnement des traitements</p> <p>Epandage de soufre ou fortifiant dans chaque 2<sup>ème</sup> rang, traitements avant la floraison</p> <p>(bicarbonate de potassium, extraits de plantes, lécithine de soja, silicate de sodium) <i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ10; <i>Bacillus subtilis</i></p>	<p><b>Haute pression d'infection</b></p> <p>Temps humide et chaud: rosée, humidité 70-90%, Température jour: &lt;27°C Température nuit: &gt;15°C Forte infection durant l'année précédente, infections au début du printemps</p> <p>Modélisation météo, feuillage bien structuré, bonne aération, méthodes d'application et raisonnement des traitements</p> <p>Pulvérisation hebdomadaire dans chaque rang; traitements avec dosage de soufre élevé (mouillable 4 – 10 kg); 3-4 applications de soufre en poudre (30kg/appl.); 2 lavages de grappes (1000 l d'eau, savon de potasse; seulement dans la zone des grappes après la floraison et avant la fermeture de la grappe)</p> <p>Bicarbonate de potassium combiné à des extraits de plantes (huile de fenouil) et du soufre. <i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ10 <i>Bacillus subtilis</i></p>	<p>Référence: Gestion de la canopée</p>

### Cadre réglementaire:

**Régulation (CE) No 834/2007:** Article 12 (g): La prévention de dommages causés par les nuisibles, les maladies et les adventices doit principalement se servir de la protection par les ennemis naturels, le choix des espèces et variétés, l'alternance des cultures, les techniques de culture et les procédés thermiques ;

Article 12 (h): Si l'infection de la culture a déjà eu lieu, les produits phytosanitaires peuvent seulement être utilisés s'ils sont autorisés en production biologique (Annexe IIB).

**Règlements nationaux pour la protection des plantes:** seuls les soufres mouillables ou en poudrage sont à la fois autorisés par le règlement AB et homologués en France pour lutter contre l'oïdium. Un produit commercial composé de poudre de fenugrec est également homologué en tant qu'éliciteur en pré-floraison, contre l'oïdium.

**Commentaires additionnels:** Les baies et grappes infectées sont source d'infections secondaires et influencent la qualité du vin: détruisent la typicité aromatique du raisin, donnent un goût de champignon et rendent nécessaires des pratiques œnologiques spéciales. L'apport de baies infectées dans le vin doit être évité par une vendange sélective, un tri soigneux, l'éraflage et le pressurage de la grappe entière (vins blancs et rosés). Les résidus de soufre sur les baies peuvent conférer des faux goûts au vin; pour cela, on évite les traitements tardifs au soufre (sauf attaque massive, pas au-delà de la fermeture de la grappe).

**Impact environnemental:** L'utilisation excessive de soufre peut causer des déséquilibres environnementaux au vignoble en tuant auxiliaires tels que les phytoseiidés ou les guêpes parasites qui sont essentielles au contrôle biologique des ravageurs. Mais au contraire, le soufre aidera au contrôle des acariens. Les extraits et huiles de plantes peuvent augmenter les populations de prédateurs; le bicarbonate de potassium a un effet secondaire sur les cicadelles. La lécithine de soja peut provoquer une phytotoxicité sur les vignes.

### 1.2.3.3 Moisissures - *Botrytis cinerea* - (pourriture de la grappe, pourriture acide)

Les moisissures sont une des causes principales de perte de qualité de la récolte. *Botrytis cinerea* est le pathogène principal responsable de la pourriture des grappes. Ce champignon peut croître sur tous les matériaux végétaux succulents, stressés ou morts d'une gamme d'hôtes très large. Il est spécialement problématique suite à une humidité élevée et de précipitations fréquentes qui créent un milieu propice au développement des champignons. Les plantes sont sensibles à l'attaque depuis la fermeture de la grappe jusqu'à la vendange.

L'infection des grappes par *B. cinerea* seul ou accompagné d'autres micro-organismes comme des bactéries produisant de l'acide acétique ou des levures sauvages (p.ex. *Kloeckera apiculatus*, *Metschnikowia pulcherima*, *Candida* ssp., *Penicillium* ssp., *Aspergillus niger*, *Cladosporium* ssp.), est l'un des problèmes majeurs récents en viticulture biologique, probablement dû au changement climatique. Dans certaines régions et années, ce complexe de maladies provoquées par des micro-organismes détériore la qualité du vin et rend nécessaire le développement de méthodes de vinification spécifiques. En opposition à la pourriture noble, la pourriture grise cause souvent des défauts aromatiques.

La « pourriture noble » a besoin de conditions environnementales et météorologiques spécifiques. Dans quelques régions du monde, ces conditions particulières permettent à *Botrytis cinerea* de se développer sur des raisins mûrs. Ce processus mène à une sur-maturation qui augmente la concentration de sucres et ainsi améliore la qualité du vin en conférant aux vins doux blancs et rosés leurs qualités aromatiques particulières.

### Contrôle

Il n'existe pas de mesures de contrôle réellement efficaces contre le *Botrytis* en viticulture biologique. La plupart des produits et méthodes cités par la suite sont à un stade plus ou moins expérimental, fonctionnant parfois et parfois pas.

**Mesures indirectes:** Comme les spores du *Botrytis* exigent des conditions environnementales spécifiques pour germer et croître, leur développement peut être freiné par la création de conditions microclimatiques du feuillage défavorables à leur croissance. Le but est d'augmenter l'exposition des grappes à l'air et au soleil de façon à ce qu'elles sèchent plus rapidement après avoir été mouillées. Les mesures indirectes comprennent des interventions sur la plante telles que le choix du porte-greffe et du clone, la densité de plantation, le mode de conduite, la méthode de taille, le positionnement de sarments, l'éclaircissage du feuillage et des rameaux dans la zone des grappes, éclaircissage et division des grappes ainsi que des interventions sur le sol telles que l'irrigation, la gestion de la fumure, spécialement l'évitement des excès d'azote.

**Mesures directes:** Les applications de silice sous forme de silicate de sodium, extrait de prêle ou de bicarbonate de potassium peuvent durcir la cuticule et protéger les baies contre l'infection par les pourritures. Les applications de cuivre ont le même effet épaississant. Quelques fongicides biologiques préparés à partir de champignons ou bactéries antagonistes qui se développent au détriment du pathogène (*Trichoderma herzianum* or *T. viride*, *Ulocladium oudemansii* ou bactéries, *Bacillus subtilis* ssp.) sont aussi utilisables en viticulture biologique.

## Stratégies de protection des plantes

Pourritures grise et acide			Related documents
<p><b>Sans risque</b></p> <p>Temps chaud et sec, humidité basse &lt;50% Venteux, conditions de maturation favorables, fumure équilibrée évitant les excès d'azote</p> <p>Cépages peu sensibles, grappes à baies clairsemées; feuillage bien structuré et géré (éclaircissage des sarments, des feuilles, des grappes, division des grappes); faible vigueur, protection optimale contre les vers de la grappe</p>	<p><b>Faible risque</b></p> <p>Temps sec à humide, quelques précipitations, températures nocturnes &lt;10°C, fumure équilibrée évitant les excès d'azote</p> <p>Cépages peu sensibles, grappes à baies clairsemées par induction de coulure; feuillage bien structuré et géré; division des grappes; faible attaque par les vers de la grappe</p> <p>Traitements avec des fortifiants de plantes (bicarbonate de potassium, extraits de plantes, silicate de sodium) ou au cuivre afin d'épaissir les peaux des baies.</p>	<p><b>Fort risque</b></p> <p>Temps humide et chaud, rosée, brume, humidité permanente 70-100% Température jour: &lt;25°C Température nuit: &gt;15°C à la vendange</p> <p>Cépages et clones très sensibles, grappes compactes, canopée surchargée, pas de gestion du feuillage, excès d'azote en cas de travaux du sol tardifs, haute vigueur, forte attaque par les vers de la grappe, les guêpes, les oiseaux; infection tardive par l'oïdium; grêles ou pluies après la véraison.</p> <p>Traitements avec des fortifiants de plantes (bicarbonate de potassium, extraits de plantes, silicate de sodium) ou au cuivre afin d'épaissir les peaux. <i>Bacillus subtilis</i>, <i>Trichoderma viride</i>, <i>T. herzianum</i></p>	<p>Référence: Gestion du feuillage</p> <p>Protection contre l'oïdium Protection contre les vers de la grappe</p>

### Cadre réglementaire:

**Régulation (CE) No 834/2007:** Article 12 (g): La prévention de dommages causés par les ravageurs, les maladies et les adventices doit principalement se servir des auxiliaires, du choix des espèces et variétés, l'alternance des cultures, les techniques de culture et les procédés thermiques ;

Article 12 (h): Si l'infection de la culture a déjà eu lieu, les produits phytosanitaires peuvent seulement être utilisés s'ils sont autorisés en production biologique (Annexe IIB).

**Règlements nationaux pour la protection des plantes:** aucune spécialité commerciale, compatible avec le règlement AB, n'est actuellement homologuée en France pour lutter contre le Botrytis

**Commentaires additionnels:** Les raisins infectés de pourritures grises ou acides, de bactéries d'acide acétique ou de *Penicillium sp.* ne peuvent pas être utilisés pour faire du vin. Leur présence sur le vignoble doit être détectée au plus tôt et les grappes atteintes supprimées. S'il y a des attaques visibles de pourriture acide ou d'autres champignons, les baies touchées doivent être supprimées lors de la vendange manuelle. Ce tri sélectif manuel optimise la qualité du vin.

Les conséquences œnologiques sont sérieuses: oxydations par enzymes, dégradation des couleurs et des arômes, pertes de thiamine, difficultés de fermentation et de clarification, besoins plus élevés de SO<sub>2</sub>.

Les raisins et vins obtenus sont fréquemment marqués d'odeurs caractéristiques de pourri ou de sous-bois. Les baies touchées sont souvent extrêmement amères et contiennent de hautes teneurs en acide acétique.



Fig. 25: Pourriture sur grappe (gauche) et pourriture acide (droite) provoquée par *Botrytis cinerea*.



Fig.26: Cépage rouge à baies clairsemées (gauche); gestion de la canopée avec division de la grappe.

## 1.2.4. Principaux ravageurs

### 1.2.4.1. Vers de la grappe (*Lobesia botrana*; *Eupoecilia ambiguella*)

Au moins l'une des espèces de vers de la grappe est présente dans chaque régions viticoles européennes. *Lobesia botrana* se rencontre plutôt dans les zones plus chaudes et ensoleillées tandis qu'*Eupoecilia ambiguella* est caractéristique pour les zones plus fraîches. Ces dernières années, dû au réchauffement causé par le changement climatique, *Lobesia botrana* s'est aussi répandu dans les zones viticoles du nord.

Au cours de l'année se développent plusieurs générations de vers de la grappe. La 1<sup>ère</sup> génération peut endommager les fleurs, alors que les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> générations attaquent les grappes durant leur stade larvaire. Les dommages causés sur baies peuvent favoriser le développement de pourritures (Botrytis) et amoindrir la qualité des vins.



Fig. 27: *Lobesia botrana* et de *Eupoecilia ambiguella*, papillon, larves et vers de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> génération

### Contrôle

Dernièrement ont été créés des sites internet modélisant le développement des cycles de vie de certains ravageurs<sup>5</sup>. Ces sites permettent une application ciblée des pesticides.

La sophistication du suivi de ces ravageurs à l'aide de pièges à phéromones, de pièges jaunes (ou pièges collants) et de systèmes d'alerte aux tordeuses (*Tordrix viridana*) a permis d'établir des méthodes de lutte directe précises et efficaces en utilisant les pesticides biologiques autorisés par la Rég. CEE 834/2007.

Les préparations de *Bacillus thuringiensis* et de Spinosad (insecticide à base microbienne) sont généralement autorisés et recommandés dans toutes les zones viticoles européennes. Elles sont appliquées de préférence le soir ou sous conditions nuageuses en combinaison avec des mélasses, des sucres ou des préparations d'huiles végétales.

Les pyrèthres naturels sont admis seulement dans les régions méditerranéennes.

Une autre technique très efficace est la confusion sexuelle des mâles à l'aide de phéromones. Cette technique « inonde » le vignoble d'une version synthétique des phéromones sexuelles d'un ravageur et l'empêche ainsi de trouver un partenaire. La confusion sexuelle n'a aucun effet sur d'autres organismes (p.ex. les bénéfiques) puisque l'activité des phéromones est spécifique à chaque espèce.



Fig. 28: Confusion sexuelle: Piège à phéromones (gauche) et dispensateurs de phéromones (milieu et droite)



Fig. 29: De gauche à droite: Des oiseaux nichant, le pince-oreilles (*Forficula auricularia*) et les larves de chrysope (*Chrysopa carnea*) sont des prédateurs très efficaces contre les vers de la grappe.

<sup>5</sup> Modélisation d'attaques par ravageurs: Suisse: <http://www.agrometeo.ch>; Allemagne: Viti Meteo Insects; <http://www.dlr-rhein-pfalz.rlp.de>; Autriche: [www.wickler-watch.at](http://www.wickler-watch.at)

## Stratégies de protection des plantes

Vers de la grappe ( <i>Lobesia botrana</i> –; <i>Eupoecillia ambiguella</i> )			Documents correspondants
<p><b>Climat (semi-) aride</b> <b>Zone méditerranéenne</b></p> <p>3-4 générations de <i>Lobesia botrana</i></p> <p>Gestion de l'habitat resp. du paysage; augmenter les corridors biologiques, contrôle biologique des ravageurs par antagonistes, monitoring par pièges à phéromones</p> <p>2-3 applications de <i>Bacillus thuringiensis</i> par génération 2 applications de pyrèthre naturel (2<sup>ème</sup>/3<sup>ème</sup> génération)</p>	<p><b>Climat humide</b> <b>Océanique -</b> <b>Europe centrale</b></p> <p>2-3 générations de <i>Lobesia botrana</i> et/ou <i>Eupoecillia ambiguella</i></p> <p>Gestion de l'enherbement resp. du paysage, augmenter les corridors biologiques, contrôle biologique des ravageurs par antagonistes, emploi de guêpes parasitiques; système d'alerte aux tordeuses; confusion sexuelle aux phéromones</p> <p>2 applications de <i>Bacillus thuringiensis</i> ou de Spinosad (2<sup>ème</sup>/3<sup>ème</sup> génération)</p>	<p><b>Climat humide / sec</b> <b>Continental - Europe centrale et orientale</b></p> <p>2-3 générations de <i>Lobesia botrana</i> et/ou <i>Eupoecillia ambiguella</i></p> <p>Gestion de l'enherbement resp. du paysage, augmenter les corridors biologiques, contrôle biologique des ravageurs par antagonistes, emploi de guêpes parasitiques; confusion sexuelle aux phéromones</p> <p>2 applications de <i>Bacillus thuringiensis</i> ou de Spinosad par génération</p>	

### Cadre réglementaire :

**Régulation (CE) No 834/2007:** Article 12 (g): La prévention de dommages causés par les nuisibles, les maladies et les adventices doit principalement se servir de la protection par les ennemis naturels, le choix des espèces et variétés, l'alternance des cultures, les techniques de culture et les procédés thermiques;

Article 12 (h): Si l'infection de la culture a déjà eu lieu, les produits phytosanitaires peuvent seulement être utilisés s'ils sont autorisés en production biologique (Annexe IIB).

**Règlements nationaux pour la protection des plantes:** des spécialités commerciales à base de Bt, de Spinosad et de confusion sexuelle sont homologués en France pour lutter contre les vers de la grappe. Les pyrèthres ne sont homologués que sur cicadelle de la flavescence dorée.

**Commentaires additionnels:** Les raisins attaqués par les larves des vers de la grappe sont susceptibles aux pourritures grises et acides, aux bactéries acides acétiques ou au *Penicillium* sp. Pour cela elles ne sont pas utilisables pour faire du vin.

Les dégâts causés par les vers de la grappe peuvent aussi favoriser l'infection des baies par *Aspergillus carbonarius*. Ce champignon a été identifié comme étant l'une des raisons majeures du développement d'OTA dans les vins.

**Impact environnemental:** Spinosad est très dangereux pour les abeilles. Pour cela, ce produit ne peut pas être utilisé lorsque des surfaces enherbées florissantes se trouvent sur ou aux alentours du vignoble.

**1.2.4.2** Acariens (*Panonychus ulmi* – acarien rouge; *Tetranychus urticae* acarien jaune commun; *Calepitrimerus vitis* – acariose de la vigne; *Colomerus vitis* - érinose ou phytop-te de la vigne)

Les infestations d'acariens sont le résultat de déséquilibres environnementaux du vignoble qui sont souvent associés à une culture intensive et un emploi excessif de pesticides, aussi de pesticides naturels tels que le roténone ou le pyrèthre. Les infestations de *Calepitrimerus vitis* sont souvent observées sur les vignes jeunes où les auxiliaires ne se sont pas encore établis. Le symptôme principal touche les feuilles qui se déforment, nécrosent et deviennent rouges, grises ou brun jaune suivant l'acarien. Sur les vignobles gérés durablement, le contrôle des acariens est assuré par les auxiliaires naturels tels que les acariens prédateurs (phytoseiidae), les scarabées prédateurs, les chrysopes et les coccinelles.

### Contrôle

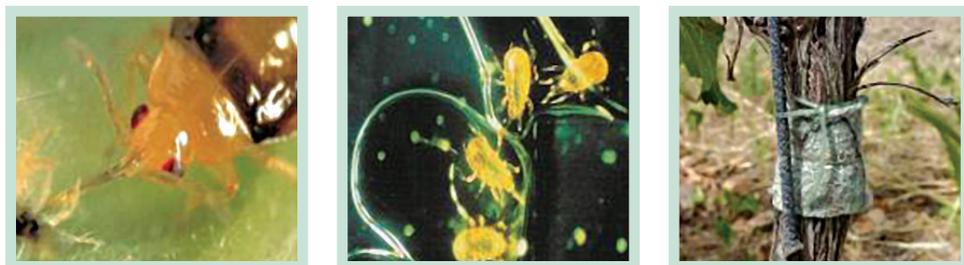
**Mesures indirectes:** Augmenter la biodiversité sur le vignoble par des enherbements ou en créant des habitats pour les auxiliaires.

**Mesures directes:** En cas d'infestation sérieuse, il peut être utile d'intervenir avant le bourgeonnement avec un mélange de roténone et de pyrèthre (seulement en régions méditerranéennes ou du savon de potasse combiné à de l'alcool pur. L'utilisation de soufre contre l'oïdium et certaines préparations de silicate de sodium peuvent limiter les infestations au début du printemps. Les huiles minérales ou la paraffine sont utiles avant l'éclosion des bourgeons.

Fig. 30: *Tetranychus urticae*, *Calepitrimerus vitis* (haut) et feuilles infestées (gauche)



Fig.31: Les scarabées et les acariens prédateurs (haut) sont les protections les plus efficaces contre les acariens. Etablissement d'acariens prédateurs - femelles hibernant (gauche).



## Stratégies de protection des plantes

Les acariens			Documents correspondants
<p><b><i>Panonychus ulmi</i></b> <b><i>Tetranychus urticae</i></b></p> <p><i>Utilisation excessive de pesticides; pas d'ennemis naturels présents; gestion du vignoble inappropriée (trop de vigueur car apports d'azote trop hauts); pas d'enherbement</i></p> <p>Colonisation avec et protection des acariens prédateurs; préserver la biodiversité aux alentours du vignoble; aménagement du territoire; corridors écologiques; colonisation avec des antagonistes; réduire les dépôts de poussière sur les vignes</p> <p>Huiles minérales, roténone, pyrèthre, savon de potasse, soufre</p>	<p><b><i>Calepitrimerus vitis</i></b></p> <p><i>Utilisation excessive de pesticides; pas d'ennemis naturels présents; gestion du vignoble inappropriée</i></p> <p>Colonisation avec et protection des acariens prédateurs, gestion de l'enherbement et des habitats, aménagement du territoire; corridors écologiques</p> <p>2-3 applications de soufre de l'ébourgeonnement au déploiement des feuilles</p>	<p><b><i>Colomerus vitis</i></b></p> <p><i>Utilisation excessive de pesticides; pas d'ennemis naturels présents; gestion du vignoble inappropriée</i></p> <p>Colonisation avec et protection des acariens prédateurs, gestion de l'enherbement et des habitats, aménagement du territoire; corridors écologiques colonisation avec des antagonistes</p> <p>2-3 applications de soufre de l'ébourgeonnement au déploiement des feuilles</p>	

### Cadre réglementaire:

**Régulation (CE) No 834/2007:** Article 12 (g): La prévention de dommages causés par les nuisibles, les maladies et les adventices doit principalement se servir de la protection par les ennemis naturels, le choix des espèces et variétés, l'alternance des cultures, les techniques de culture et les procédés thermiques; Article 12 (h): Si l'infection de la culture a déjà eu lieu, les produits phytosanitaires peuvent seulement être utilisés s'ils sont autorisés en production biologique (Annexe IIB).

**Règlements nationaux pour la protection des plantes:** seul le soufre est à la fois autorisé par le règlement AB et homologué en tant qu'acaricide en France. Le pyrèthre et la roténone ne sont pas homologués.

### Commentaires additionnels:

Une solution intéressante en cas de risques d'infestation est d'introduire au vignoble une population de phyto-seiidæ (typhlodromus) d'un autre vignoble en y coupant des sarments (avec feuillage ou au cours de la coupe de sarments hivernale) qui sont ensuite placés dans la canopée du vignoble infesté.

### Impact environnemental:

L'utilisation des pesticides naturels, la roténone ou le pyrèthre, peut réduire les populations d'auxiliaires. L'utilisation excessive de soufre peut menacer les populations d'acariens prédateurs et des guêpes parasitiques.

1.2.4.3 Cicadelles – cicadellidae (*Empoasca vitis* – Cicadelle des grillures de la vigne; *Scaphoideus titanus* - Cicadelle de la vigne; *Hyalesthes obsoletus*)

Les cicadelles sont des ravageurs méditerranéens de la vigne qui ont immigré au cours des 5-10 ans passés dans les régions viticoles du nord de l'Europe. Les nymphes et les adultes d'*Empoasca vitis* se nourrissent des feuilles en suçant le suc des cellules. Avec l'importance croissante des blessures l'activité photosynthétique décline; les feuilles fortement atteintes perdent leur couleur verte, sèchent et tombent. Normalement les dégâts ne sont que minimes: la plupart des vignes peuvent tolérer jusqu'à 20% de perte de feuillage à condition que les feuilles ne soient pas enlevées jusque environ un mois après la nouaison.



Fig. 32: *Scaphoideus titanus* et *Empoasca vitis* (adulte à gauche, nymphe au milieu) et feuille infestée (à droite)



Fig. 33: Prédateurs des cicadelles: *Anystis agilis* (gauche) et araignées (milieu). Cicadelles prises dans une toile d'araignée (droite).

### Contrôle

*Empoasca vitis* peut être contrôlé par les auxiliaires tels que les guêpes parasitiques (*Anagrus* spp.). Celles-ci sont particulièrement précieuses pour leur capacité de localiser et à parasiter les oeufs des cicadelles. Leur court cycle de vie leur permet aussi de se multiplier beaucoup plus rapidement que les populations de cicadelles. D'autres guêpes parasites attaquent les nymphes du 3<sup>ème</sup> au 5<sup>ème</sup> stade de développement. Plusieurs insectes prédateurs généralistes se nourrissent de cicadelles à tout stade de développement durant toutes les saisons. Parmi les plus importants sont les *Chrysopidae* spp. (lion des pucerons), les *Orius* spp. (punaises ravageuses) et différentes coccinelles et araignées. L'acarien prédateur (*Anystis agilis*) attaque aussi les nymphes du 1<sup>er</sup> stade. L'utilisation de bicarbonate de potassium (poudre à lever) a un excellent effet secondaire sur les infestations de cicadelles.

*Scaphoideus titanus* se nourrit des feuilles et porte atteinte à la vigne en transmettant le pathogène responsable de la **flavescence dorée** (FD): un phytoplasme, microorganisme localisé dans le phloème secondaire des plantes. Le phytoplasme est absorbé par l'insecte vecteur durant le processus d'alimentation sur des vignes infestées; après environ un mois, il peut être transmis à d'autres plantes. Sur les vignobles infestés de FD, les symptômes sont visibles dès la seconde année. De sérieuses infestations ont été observées en zone méditerranéenne. Les symptômes de cette maladie sont très complexes et concernent la plante entière. Une diagnostic fiable ne peut être obtenue que par des analyses de laboratoire.

**Les ceps infestés par la FD doivent être enlevés et brûlés afin de réduire la probabilité d'expansion du phytoplasme.** Tous les pays européens touchés par des épidémies de FD ont définis des règles de lutte très strictes concernant en première lieu les mesures de contrôle de *S. titanus* et l'éradication des ceps concernés. Le suivi et le contrôle du vecteur monophage de cette maladie pouvant causer de sévères pertes de récolte représentent la plus importante mesure de prévention.

En viticulture biologique, le vecteur peut être contrôlé par des insecticides biologiques non spécifiques comme la roténone ou le pyrèthre s'ils sont autorisés par les législations nationales. Cependant, l'utilisation de ces insecticides a des effets indésirables sur les populations d'insectes endémiques. L'utilisation d'huiles végétales ou de résines de pin peut augmenter les effets synergétiques des pyrèthres. Le traitement de l'oidium au bicarbonate de potassium (poudre à lever) a un effet secondaire positif contre les cicadelles.

De plus, tous les ennemis naturels d'*Empoasca vitis* attaquent aussi *Scaphoideus titanus* (cf. plus haut).

## Stratégies de protection des plantes

Cicadelles			Documents correspondants
<p><b>Empoasca vitis</b></p> <p><i>Été sec et chaud; hiver sans gels forts; plantes persistantes (hôtes en hiver) sur le vignoble; couverture herbeuse permanente ou travaux superficiels du sol; gestion du vignoble inadéquate, pas d'ennemis naturels dans le vignoble.</i></p> <p>Préservation de la biodiversité dans et autour du vignoble, aménagement du territoire et de corridors écologiques, enherbement avec de nombreuses espèces, introduction d'antagonistes (guêpes parasitiques, chrysopes, araignées, punaises...)</p> <p>bicarbonate de potassium (traitement contre l'oïdium)</p>	<p><b>Scaphoideus titanus - Flavescence dorée</b></p> <p><i>Été sec et chaud; hiver sans gels forts; vecteur infesté du phytoplasme-FD; couverture herbeuse permanente ou travaux superficiels du sol; gestion du vignoble inadéquate, pas d'ennemis naturels dans le vignoble; « vignobles sauvages » ou plantes mères avec des plants infestés aux alentours.</i></p> <p>Préservation de la biodiversité dans et autour du vignoble, aménagement du territoire et de corridors écologiques, introduction d'antagonistes (guêpes parasitiques, chrysopes, araignées, punaises...)</p> <p>Suivi par pièges jaunes ou pièges collants</p> <p>Application hivernale d'huiles minérales.</p> <p>2-3 applications de roténone, pyrèthre (mai - août).</p> <p>bicarbonate de potassium (traitement contre l'oïdium)</p>	<p><b>Hyalesthes obsoletus - Bois noir</b></p> <p><i>Été sec et chaud; hiver sans gels forts; vecteur infesté du stolbur-phytoplasme, hôtes naturels et plantes persistantes sur ou aux alentours du vignoble (convolvulus arvensis-liseron, urtica ssp. - orties, Cardaria draba - cardère drave)</i></p> <p>Préservation de la biodiversité dans et autour du vignoble, aménagement du territoire et de corridors écologiques, introduction d'antagonistes surtout dans le sol afin de réduire les populations des larves.</p> <p>Suivi par pièges jaunes ou pièges collants</p> <p>Destruction des plantes hôtes par contrôle mécanique des adventices au printemps et en automne, enherbement pour refoules les plantes hôtes; bicarbonate de potassium (traitement contre l'oïdium)</p>	
<p><b>Cadre réglementaire:</b></p> <p><b>Régulation (CE) No 834/2007:</b> Article 12 (g): La prévention de dommages causés par les nuisibles, les maladies et les adventices doit principalement se servir de la protection par les ennemis naturels, le choix des espèces et variétés, l'alternance des cultures, les techniques de culture et les procédés thermiques ;</p> <p>Article 12 (h): Si l'infection de la culture a déjà eu lieu, les produits phytosanitaires peuvent seulement être utilisés s'ils sont autorisés en production biologique (Annexe IIB).</p> <p><b>Règlements nationaux pour la protection des plantes:</b> seules les spécialités commerciales à base de pyrèthres naturels, sont autorisées par le règlement AB et homologués dans le cadre de la lutte obligatoire contre <i>Scaphoideus titanus</i>. Il n'y a pas d'insecticides homologués compatibles avec le règlement AB pour lutter contre <i>Empoasca viti</i> et <i>Hyalesthes obsoletus</i></p> <p><b>Impact environnemental:</b> L'utilisation des pesticides naturels, la roténone ou le pyrèthre, peut réduire les populations d'auxiliaires. L'utilisation excessive de soufre peut menacer les populations d'acariens prédateurs et des guêpes parasitiques.</p>			

## Références:

- Altieri, M.A.; Nicholos, Cl. (2000): Plant biodiversity and biological control of insect pests in northern California organic vineyards. In: Proceedings 6<sup>th</sup> International Congress on organic viticulture Basel 2000, SÖL Sonderausgabe 17 pg 108-115
- Boller, E.F.; Gut, D.; Remund, U. (1997): Biodiversity in three tropic level of the vineyard Agro-Ecosystem in northern Switzerland. Ecological studies Vol. 130; Dettner et al (eds) Vertical Food Web Interaction – Springer Verlag Berlin, pg 299 – 318
- Bugg RL.; Waddington, C. (1993): Managing cover crops to manage arthropods pests in orchards. <http://www.sarep.ucdavis.edu/newsltr/v5n4/sa-12.htm>
- Castello, M.; Daane, K.M. (1998): Influence of ground covers on vineyard predators and leafhoppers. <http://www.sarep.ucdavis.edu/ccrop/ccres/23.HTM>
- Crisp, P.; Scott, E.; Wicks, T. (2003): Sulphur-free control of powdery mildew in organic viticulture: successes, strategies and suggestions. The Australian and New Zealand Grapegrower & Winemaker, Annual Technical Issue, No. 473a pg 123-124
- Flaherty, DL. et al. (1992): Grape Pest Management 2<sup>nd</sup> Edition, University of California ISBN: 0-931876-96-6
- Gusberti & al. 2008, revue CH viti etc. 40/3
- Harms, M. (2007): Fäulnis – Erfolg nur im Gesamtkonzept, Der Deutsche Weinbau 7/07, pg. 66-71
- Häni, F.; Boller, E.F.; Keller, S (1998): Natural regulation at the farm level. In Picket and Bugg: Enhancing biological control: Habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. University of California Press, ISBN 0520 213629 pg 161-210
- Hofmann, U. (2002) Copper reduction and copper replacement - results and experiences of 12 years of on farm research [Verringerung der Kupferaufwandmenge und Kupferersatz - langjährige Erfahrungen in praktischen Betrieben]. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing and Viticulture, Weinsberg / Germany, pg 181-184. <http://orgprints.org/00002179>
- Hofmann, U. (2006): Botrytis cinerea – eine Herausforderung auch für den biologischen Weinbau, Weinbaujahrbuch 2007 – Ulmer Verlag, pg. 67-75
- Hofmann, U. (2008): Optimisation of downy mildew (*Plasmopara viticola*) control in organic viticulture with low copper doses, new copper formulations and plant strengtheners, results of 20 years of on farm research; Jornades Tecniques Internacionals-Ecososteniblewine . INCAVI, Vilafranca del Penedes
- Hofmann, U.; Köpfer, P.; Werner, A. (1995): Ökologischer Weinbau, Ulmer Verlag Stuttgart ISBN 3-8001-5712-8, Translation: Greek version (2003) ISBN: 960-8336-10-4; Hungarian version (2009)
- Hofmann, U., Welte, A. (2000): Plant Health and Fungal Protection in Organic Viticulture, Grape Press 122<sup>nd</sup> Edition United Kingdom Vineyards Association pg 49- 56
- Kauer, R.; Gaubatz, B.; Wöhrle, M.; Schultz, HR. (2000): Organic viticulture without sulphur? 3 Years of experiences with sodium – and potassium-bicarbonate. In: Proceedings 6<sup>th</sup> International Congress on organic viticulture Basel 2000, SÖL Sonderausgabe 17 pg 180-182
- Kührer, E.; Polesny, F. (2001): Tortrix moth warning service in Austria, Der Winzer, Klosterneuburg Austria, 57 (6) pg 16-19 <http://www.wickler-watch.at>
- Kuepper, G.; Thomas, R; Earles, R. (2001): Use of baking soda as a fungicide. National Centre for Appropriate Technology; Fayetteville USA <http://www.attra.org/attra-pub/PDF/bakingsoda.pdf>
- Madge, D. (2005): Organic viticulture: an Australian manual Published on: <http://www.dpi.vic.gov.au>
- Magarey, PA.; Magarey, RD.; Emmett RW. (2000): Principles for managing the foliage diseases of grapevines with low input of pesticides. In: Proceedings 6<sup>th</sup> International Congress on organic viticulture Basel 2000, SÖL Sonderausgabe 17 pg 140-147
- Mohr, HD. (2005): Farbatlas Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge an der Weinrebe, Ulmer Verlag Stuttgart, ISBN: 3-8001-4148-5
- Tamm, L. et al. (2004) Eigenschaften von Tonerdepräparaten: Erfahrungen aus der Schweiz [Properties of acidified clay preparations: the Swiss experience]. Paper presented at Internationale Symposium for organic viticulture. Intervitis Stuttgart, Stuttgart, 12.-13. Mai 2004, pg 27-36.
- REPCO-Replacement of copper fungicides in organic production of grapevines and apples in Europe: [www.rep-co.nl](http://www.rep-co.nl)
- Wyss, E. (1995): The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. Entomologia Experimentalis et Applicata 75, pg 43 – 49
- Willer, H.; Meier, U. (2000): Proceedings 6<sup>th</sup> International Congress on Organic Viticulture IFOAM-2000 Basel, Session3 Soil Management – Care and Quality pg. 91 138, Session 5 – Varieties for Organic Viticulture and Quality pg. 199-234; SÖL Sonderausgabe Nr.77
- ECOVIN and DWV (2004): Proceedings 1<sup>st</sup> International Symposium for Organic Wine Growing – Intervitis Stuttgart
- OrganicMed: Training Mediterranean farmers in organic agriculture – Farmers Manual – Leonardo da Vinci Program 2000-2006, Nicosia
- <http://www.vinitaliaonline.net/engine/bioarticol.asp>
- <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/selectnewpest.grapes.html>
- <http://www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanzliche-erzeugung/weinbau/>
- <http://www.orgprints.org>

## ■ 2 VINIFICATION BIOLOGIQUE

### 2.1. Production de vins blancs

#### 2.1.1. Introduction

Il est presque impossible de produire un vin blanc de haute qualité sans intrants. Cependant, il est possible de réduire significativement l'utilisation des additifs et auxiliaires technologiques par une planification soignée de la stratégie de vinification.

Les exigences minimales du consommateur moderne pour le vin blanc sont: arôme intense et propre, couleur jaune verte, pas de turbidités. Spécialement les vins blancs ont aussi un grand potentiel d'expression du « terroir » reflétant les particularités locales pédologiques et climatiques aussi appelé « minéralité ». L'excellence est définie sur la base de l'arôme du cépage et l'équilibre du goût.

Pour atteindre ces buts, deux ennemis principaux doivent être contrôlés dans chaque phase de travail:

- **L'oxydation des composés aromatiques** (provoquant une perte de l'intensité de la typicité aromatique et des notes oxydées) et des phénols (provoquant un brunissement); les principales stratégies en vinification sont de limiter le contact entre les composés sensibles et l'oxygène, d'apporter des antioxydants afin de stopper les réactions oxydatives, de maintenir des températures basses et d'éliminer sélectivement les enzymes oxydatifs et certains des phénols les plus oxydables.

- **La détérioration microbienne** avec l'apparition de faux goûts, surtout dus au développement de bactéries et de levures autres que les *Saccharomyces* dans le jus. Les méthodes les plus répandues pour le contrôle des microbes sont une hygiène soignée, le contrôle des températures, les traitements physiques dans le but de réduire les populations microbiennes et l'addition de produits antimicrobiens.

Prévention est le mot clé pour la production de vin blanc à faible usage d'intrants extérieurs : une fois que l'infestation microbienne ou l'oxydation ont débutées, il est impossible de restaurer le potentiel original de qualité du vin. Certaines des réactions oxydatives sont très rapides (dans l'ordre de secondes) et ne demandent que de faibles taux d'oxygène pour débiter. Même une population de microbes limitée peut se développer en quelques jours ou même quelques heures et mener à des situations incontrôlables et des faux goûts évidents.

Les raisins vendangés définissent la stratégie de vinification. Certains cépages sont riches en phénols sensibles à l'oxydation et requièrent des stratégies plus attentionnées. Les pourritures, spécialement le Botrytis, introduisent dans le système des enzymes oxydatives, des protéines instables, une contamination microbienne et une composition de départ mal équilibrée.

**La cohérence** est une autre règle d'or. Une fois qu'une stratégie a été lancée il est très risqué de changer pour une autre. Par exemple, si l'on a choisi la voie d'une « vinification réductive » avec une protection totale contre l'oxygène en début de vinification, le vin sera très sensible à l'oxygénation et un manque ultérieur de protection (en stock ou à la mise en bouteilles) peut complètement détruire la qualité du vin.

De même, s'il n'y a pas d'addition d'agents protecteurs, il est requis a) de constamment contrôler les populations microbiennes et b) de disposer de possibilités techniques d'intervention rapide afin d'évincer les contaminants.

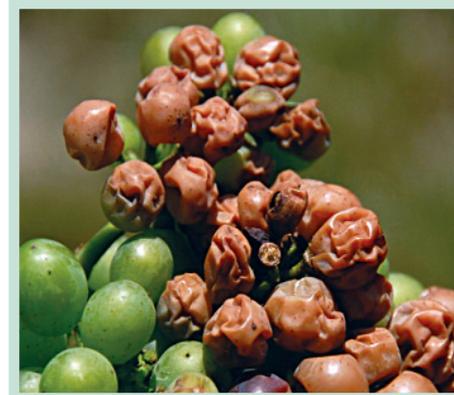
Dans les chapitres suivants, sont décrites différentes options pour chaque phase de la vinification. L'on y trouvera une version sans usage d'intrants (en vert), une à faible usage d'intrants (en jaune) et une à haut usage d'intrants et technologies (en rouge). La vinification biologique tend à limiter l'utilisation d'intrants externes. Cependant, le choix de l'option proposant le moins d'intrants peut exposer le producteur à un **niveau de risque** inacceptable.

Une bonne connaissance de l'état de santé des raisins et leur composition ainsi qu'un contrôle sensoriel et analytique constant peuvent aider le producteur à choisir le meilleur suivi pour produire un vin de haute qualité qui en même temps sera sain pour le consommateur et respectueux de l'environnement.

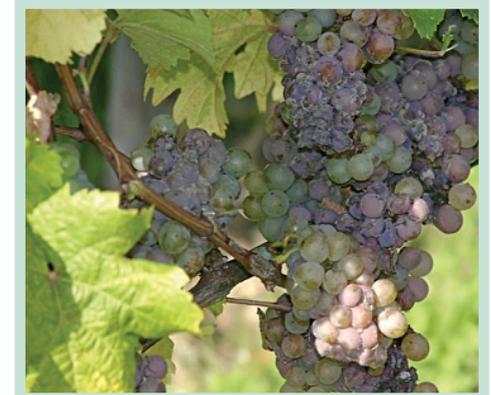
#### 2.1.2. La vendange

La base de tout vin biologique de haute qualité est la récolte de raisins sains, physiologiquement et techniquement mûrs. Avant tout, les raisins doivent jusqu'à la vendange être protégés des attaques par les champignons ou les insectes et de contaminations telles que la pourriture acide, l'oïdium etc. A la vendange, on ne gardera que les raisins atteignant le degré de santé et de maturité désiré. S'il y a des infections/infestations visibles, les raisins touchés sont triés à la main lors de la vendange; ceci est le moyen de tri le plus effectif.

**Les raisins atteints de pourritures (sauf de pourriture « noble ») ou d'autres maladies ne peuvent pas être utilisés en vinification.**



*Fig. 34: Raisins blancs infectés par la pourriture acide (à gauche) et la pourriture « noble » (à droite) causées par Botrytis cinerea.*



*Fig. 34 : White grapes infected by "bunch or sour rot" and "Noble rot" induced by Botrytis cinerea.*

Les raisins blancs devraient être vendangés à une température au-dessous de 20°C. Dans les climats chauds, la vendange doit se faire de nuit ou tôt le matin. C'est le meilleur moyen de stabiliser et préserver les typicités aromatiques des raisins blancs qui sont très volatiles et sensibles aux températures élevées.

De même, il faudra soigneusement choisir le moment de la vendange, recherchant une maturité physiologique et technique optimale du raisin qui dépendra de la variété, des conditions environnementales et du type de vin que le vigneron veut produire.

Donc il faut une parfaite connaissance de la véraison – la relation entre sucres, acides et pH du jus ainsi qu'entre la couleur, l'odeur et le goût des baies et du jus – pour permettre au producteur d'organiser la récolte en accord avec les différentes périodes de maturité. Le suivi de la maturité complètera ces informations.



*Fig. 35: Vendange manuelle; tri des raisins sains au vignoble.*

Le raisin devrait être vendangé à la main ou mécaniquement sous des conditions météorologiques favorables, avec un tri des raisins au vignoble ou en cave sur des tables de tri. Grâce à leur vitesse et leur manipulation simple, les vendangeuses mécaniques permettent une récolte rapide des raisins à leur optimum qualitatif et aux moments les plus favorables. Mais la vendange manuelle peut être plus sélective et donc plus qualitative. Des conditions météorologiques défavorables peuvent conduire à une perte de récolte et de qualité en très peu de temps; on peut recommander une récolte mécanique suivi d'un tri du raisin manuel. Des conditions de vendange défavorables requièrent l'adoption de pratiques œnologiques spécifiques (cf. chapitres 3.1.2, 3.1.3).

Dans certaines régions viticoles ou zones d'appellation et sur certains vignobles, des réflexions qualitatives interdisent la récolte mécanisée.

Le transport de la récolte est lié à la méthode de vendange (manuelle ou mécanique) et aux installations techniques en cave. Du point de vue qualitatif et de vinification, les raisins doivent arriver en cave sans délai et sans être endommagés. Si nécessaire, les raisins et les moûts peuvent être protégés en utilisant du SO<sub>2</sub>, du dioxyde de carbone ou de la glace carbonique. Il faut éviter manipu-

lation excessive des raisins en:

- utilisant des containers, caisses etc. peu profonds;
- utilisant du matériel simple à nettoyer, de façon d'assurer une bonne hygiène;
- vidant les raisins directement dans l'érafloir, le pressoir ou le broyeur.



*Fig. 36: Route de caves typique en Autriche, République Tchèque ou Hongrie.*

### 2.1.3. Traitement du raisin

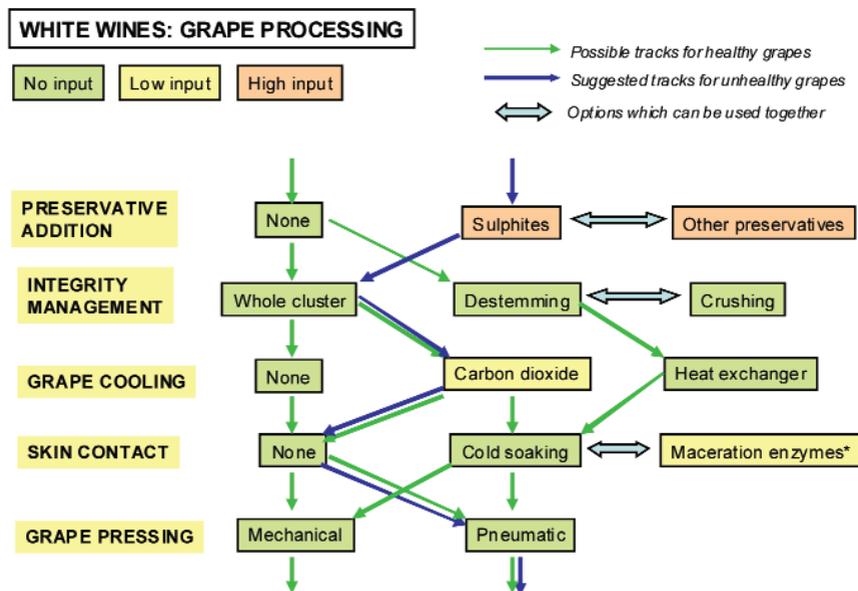


Fig. 37: Vinification de vins blancs – options de traitement du raisin.

#### Principes généraux

L'état sanitaire des raisins, couplé à la connaissance de la typicité du cépage, définit le choix de la stratégie de traitement.

En cas de pourriture limitée et de vendange manuelle, le tri préliminaire est une pratique chère mais effective. En cas de vendange mécanique ou d'obtention de lots par un tiers, une sélection soignée peut s'avérer précieuse. De nombreux moyens chimiques ou spectrophotométriques pour évaluer la qualité du raisin existent ou sont en développement.

En règle générale, le vigneron doit favoriser une extraction sélective des éléments positifs des raisins (typicité aromatique, macromolécules etc.) tout en évitant la mise en solution de composés potentiellement dangereux (enzymes oxydatives, excès de polyphénols, micro-organismes, arômes négatifs, etc.). En conséquence, le raisin à parfaite maturité permettra une extraction régulière, alors qu'un raisin en mauvaise santé ou immature requerra un traitement rapide et soigné.

#### 2.1.3.1. Addition d'agents conservateurs

##### Principes

L'utilisation d'agents conservateurs dépend de l'état de santé des raisins et du niveau technique de la cave. Les raisins sains, en bon état et avec un faible potentiel d'oxydation, peuvent être transformés sans addition de conservateurs. Au contraire, l'emploi de raisins endommagés (Botrytis, baies

broyées, longs transports, température inappropriée) rend nécessaire une protection du jus contre l'oxydation et la contamination en y apportant des agents conservateurs. Le dosage sera proportionnel à l'endommagement des raisins.

Les étapes suivantes de la vinification définissent elles aussi les besoins en agents conservateurs. Par exemple, la flash-pasteurisation, l'hyper oxygénation et le traitement des jus peuvent occasionner un besoin réduit d'agents conservateurs. En alternative, s'il n'est pas possible de protéger le vin autrement pour toute la durée du processus de vinification, il est conseillé d'augmenter légèrement les doses de SO<sub>2</sub> et éventuellement d'acide ascorbique.

Options Oenologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>Les raisins sains sont protégés de l'oxydation et de la contamination microbienne.</i>  Impossible sur raisins pourris ou qui ont été endommagés durant la récolte ou le transport ou avec les variétés riches en phénols	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <i>L'acide ascorbique (vitamine C) est un antioxydant pouvant supporter l'effet du SO<sub>2</sub></i> ■ L'apporter avec le SO <sub>2</sub> L'acide tartrique réduit le pH du jus et inhibe le développement microbien ■ Apporter au jus au fond des containers ou des récepteurs des vendangeurs mécaniques	<b>Oenologie Beaucoup d'intrants</b>  <i>Eviter l'oxygénation des arômes et des phénols; réduire le développement de bactéries et de levures.</i>  Soufrer les raisins dès que l'intégrité des peaux est détruite. Dosages de 10-50 mg/l, dépendant de l'état du raisin. ■ La forme de soufre choisie dépend du moment de l'apport (poudre hors de la cave; solution ou gaz en cave)	Conseil pratique: vinification réduite  Note technique: Oxydation du moût et du vin  Note technique: Contamination microbienne
<b>Inputs</b>			
Nécessaire: Aucun	Nécessaire: acide ascorbique, acide tartrique	Nécessaire: P-métabisulfite, SO <sub>2</sub> gazeux	
<b>Cadre réglementaire:</b> L'apport d'acide tartrique n'est autorisé que dans la zone viticole européenne « C ». Elle est interdite dans les zones « A » et « B ».			Fiches techniques #: SO <sub>2</sub> #: P-métabisulfite #: acide ascorbique #: acide tartrique
<b>Commentaires additionnels:</b> SO <sub>2</sub> : Plusieurs petites doses distribuées à différentes étapes du processus offrent une meilleure efficacité tout en gardant les mêmes dosages finaux.			

#### 2.1.3.2. Gestion de l'intégrité des baies

##### Principes

Dans les baies entières, les enzymes et les composants se trouvent dans différents organes végétaux, il n'y a pratiquement pas d'oxygène, la présence des microorganismes est limitée à la surface des baies et ils ne se développent pas.

Dès que l'intégrité des baies est perdue (attaque de pourritures, dommages mécaniques, transformation du raisin, etc.), débutent des réactions chimiques et enzymatiques: les composants ont des contacts avec l'oxygène et les microorganismes commencent à se nourrir des sucres et nutriments contenus dans le jus. Pour cela, presser les grappes entières permet de gagner des jus sans oxydation ou contamination.

Cependant, la gestion de grappes entières est très laborieuse, nécessite un équipement spécial

(p.ex. convoyeurs) et de la place en cave (p.ex. charges de presse réduites) ce qui limite la pratique. Le vigneron peut décider de perdre de l'intégrité sur les baies, afin de pouvoir manier de plus grands volumes, et d'appliquer d'autres techniques, p.ex. le refroidissement. Parmi ces deux extrêmes, il est possible de gérer l'intégrité des baies jusqu'à un niveau désiré, par exemple érafler sans broyer, utiliser des pompes respectant l'intégrité des baies, etc. Dans certains cas, les baies sont broyées mais pas éraflées afin d'intensifier le drainage du jus lors du pressurage.

Pratiques de vinification		
<p><b>Grappes entières</b></p> <p><i>Éviter les réactions oxydatives et le développement de microorganismes.</i></p> <p>Vendange manuelle et transport en petites caisses ? Charger la presse à la main ou par des convoyeurs</p>	<p><b>Éraflage/Egrappage</b></p> <p><i>Enlever les rafles peut endommager les baies mais permet d'utiliser des pompes pour transporter raisins, le traitement du marc et une plus grande charge de la presse.</i></p> <p>Vendange manuelle ou mécanique ■ Transport rapide en cave ■ Egrappoir</p>	<p><b>Broyage</b></p> <p><i>Endommagement total des baies; permet un transport facile et rapide du raisin et du marc en cave.</i></p> <p>Vendange manuelle ou mécanique ■ Transport rapide en cave ■ Broyeuse</p>
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun



Fig. 38: Fouloir-égrappoir pour raisins rouges et blancs (caves petites et moyennes).

### 2.1.3.3. Refroidissement des raisins

#### Principes

Les réactions oxydatives et le développement microbien sont des phénomènes liés à la température. Il est préférable de vendanger à basses températures (mécanique: de nuit ou en début de matinée). La température des raisins à la réception en cave peut être trop haute pour permettre un traitement sans perte de qualité. Durant le traitement de raisins éraflés, le moyen de refroidissement du marc le plus simple est d'utiliser un échangeur de chaleur en veillant à ce que le diamètre des tuyaux soit assez important. Récemment, des systèmes injectant sur le raisin du CO<sub>2</sub> sous pression ou de la neige carbonique ont été développés. Le dioxyde de carbone étant plus lourd que l'air, ces méthodes ont l'avantage de créer une chape au-dessus des raisins les protégeant ainsi de l'oxygène.

Options œnologiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p>Les raisins sont récoltés à basses températures ambiantes et protégées contre une oxydation et une contamination</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Dioxyde de carbone</b></p> <p><i>Mélange de neige carbonique aux raisins lors de la réception en cave ou dans la presse</i></p> <p>Grappes entières ■ Addition de neige carbonique (10 g réduisent de 1°C la température d'un kilo de raisins) Du CO<sub>2</sub> sous pression et injecté sur la ligne</p> <p>Raisins éraflés ■ Passage dans un appareillage spécialisé de refroidissement au CO<sub>2</sub></p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Echangeur de chaleur</b></p> <p><i>Les raisins sont envoyés dans un échangeur de chaleur pour baisser la température.</i></p> <p>Raisins éraflés et broyés ■ Réfrigération</p>	<p>Note technique: Oxydation du moût et du vin</p> <p>Note technique: Contamination microbienne</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	
<b>Commentaires additionnels:</b> Le contact avec la neige carbonique ou le dioxyde de carbone peut endommager les peaux et réduire l'intégrité de baies. Dans les options sans et à faibles intrants, le refroidissement et le réchauffement doivent être limités de façon à ce qu'ils soient demandent peu d'énergie.			

### 2.1.3.4. Extraction pelliculaire

#### Principes

Le pressurage immédiat des grappes entières a pour résultat une extraction très faible des composants pelliculaires. Ceux-ci sont d'un côté désirés pour la production de vins blancs mousseux ou pour le traitement de raisins endommagés ou immatures; d'un autre côté, ils peuvent potentiellement créer une perte de qualité dans la production de vins blanc classiques.

Options œnologiques		
<p><b>Oenologie « sans d'intrants »</b></p> <p><i>L'état et la composition des raisins sont défavorables au « skin contact ». Les raisins sont envoyés directement à la presse.</i></p> <p>Grappes entières, raisins éraflés et/ou broyés ■ A presser aussi vite que possible</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Macération à froid</b></p> <p><i>Les raisins éraflés/broyés trempent pendant un certain temps à basse température dans les jus afin d'extraire des composants positifs.</i></p> <p>Marc à basse température (6-12°C) ■ Tremper pendant temps défini (4-24 heures) ■ A la presse</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Macération enzymatique</b></p> <p><i>Des enzymes spéciales sont apportées aux raisins broyés pour accélérer l'extraction et le volume de jus coulant des baies</i></p> <p>Raisins éraflés et/ou broyés ■ Addition d'enzymes (0,5 – 3 g/hl) ■ Contrôle de température ■ A la presse</p>
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: enzyme

Un trempage contrôlé des peaux dans le jus peu favoriser la solution d'arômes typiques au cépage, de polysaccharides, de minéraux et de phytostérols dans le jus. Ceci contribue à améliorer le profil sensoriel du vin et son enrichissement en nutriments, ce qui améliore la fermentation alcoolique.

Néanmoins, l'extraction par « skin-contact » est une pratique très délicate: si le temps de contact, la température et les conditions générales ne sont pas bien gérées, il peut s'en suivre un excès de polyphénols, des arômes négatifs ou des microorganismes indésirables dans le jus. De plus il faut un équipement spécial qui n'est pas forcément à disposition en cave.

Un outil utile dans cette étape de transformation est la « macération enzymatique », utilisant des enzymes pectolytiques avec des propriétés d'hémicellulase, de cellulase et de protéase, qui accélère la dégradation des structures végétales et la libération de certains composants. Elle peut être considérée comme alternative à la macération à froid pour augmenter les gains de jus et permettre l'extraction de composants de raisin durant le pressurage.

### 2.1.3.5 Pressurage

#### Principes

Le pressurage des raisins a pour but de séparer une quantité économiquement raisonnable de jus du marc. Ceci devrait être exécuté de manière à ce que les composants désirés soient extraits alors que les composants qui détériorent la qualité du vin restent dans le marc. Les pressurages forts augmentent les gains en jus mais extraient aussi les composants indésirables (composants herbacés, acidité, potasse, phénols, etc.).

Comme la vinification biologique tend à faire intervenir aussi peu de technologie que possible, il est important de gérer le pressurage de façon à réduire le besoin ultérieur d'additifs ou traitements. La séparation des jus peut y être d'une grande aide (vinifier séparément les jus de goutte de ceux pressés).



Fig. 39: Pressoir ancien à levier et cage verticale en bois



Fig. 40: Pressoir horizontal à vis

Pratiques de vinification		Documents correspondants
<p><b>Pressurage mécanique</b></p> <p><i>Une pression mécanique est exercée sur les raisins (presses verticales, horizontales ou continues)</i></p> <p>Eviter de remplir totalement le pressoir</p> <p>■</p> <p>Réduire les frictions entre l'équipement et les raisins</p> <p>■</p> <p>De préférence appliquer plusieurs cycles et étapes à pression modérée</p>	<p><b>Pressurage pneumatique</b></p> <p><i>La pression est exercée par une membrane, progressivement remplie d'air ou d'eau. Il n'y a pas de friction entre les raisins et l'équipement.</i></p> <p>Eviter de remplir totalement le pressoir</p> <p>■</p> <p>De préférence appliquer plusieurs cycles et étapes à pression modérée</p>	<p>Conseil pratique: vinification réductive</p> <p>Note technique: Oxydation du moût et du vin</p>
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun Utile: CO <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun Utile: CO <sub>2</sub>	
<b>Commentaires additionnels:</b> Quelques modèles de presses sont équipés pour la protection au CO <sub>2</sub> contre l'oxygène. Le CO <sub>2</sub> épandu sur les raisins est presque totalement rincé lors du premier écoulement de jus. Apporter une nouvelle dose de sulfite si requis (fractionnement du dosage de CO <sub>2</sub> )		

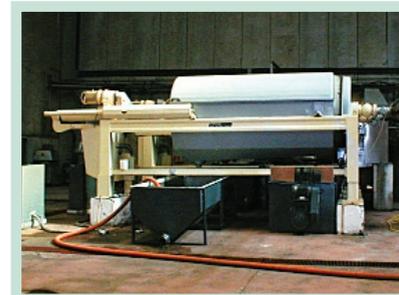


Fig. 41: Presses pneumatiques modernes

## 2.1.4. Transformation des jus

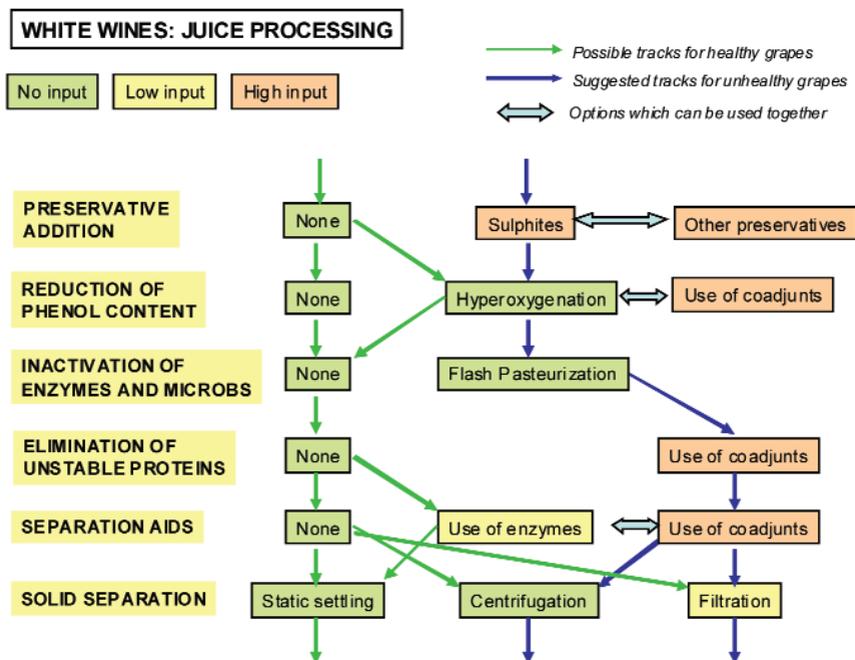


Fig. 42: White wine making – Juice processing options

### Principes généraux

Le traitement des jus de raisin blancs a pour but d'éliminer les polyphénols et les protéines qui réduisent la stabilité du vin à des étapes ultérieures. Si les jus sont contaminés par d'importantes populations de levures sauvages et de bactéries, le traitement sert à réduire la contamination pour permettre une fermentation alcoolique adéquate.

En vinification biologique, cette étape est réalisée de façon à diminuer autant que possible la nécessité ultérieure d'auxiliaires et d'additifs, spécialement ceux qui ont un potentiel allergène (p. ex. caséine) ou ceux qui sont d'origine synthétique.

Les infections de botrytis ou d'oïdium sur les raisins encavés requièrent l'élimination de produits chimiques dangereux pour la qualité du vin (laccase, faux goûts spécifiques, excès de protéines instables, etc.)

Quelle que soit la pratique appliquée par le vigneron, la règle d'or est de poursuivre aussi longtemps que possible la voie initialement choisie. Même à basse température, la microflore continue à se développer et des réactions oxydatives peuvent avoir lieu. En situations à risque (jus contaminés ou sensibles à l'oxydation), il est crucial que le traitement initial soit rapide.

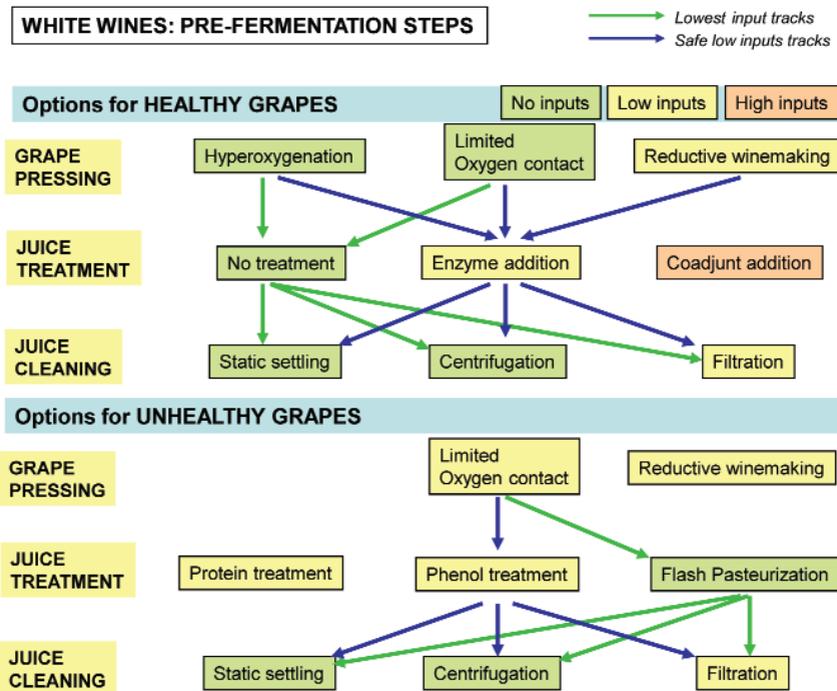


Fig. 43: Vinification des vins blancs – Options de traitement des jus (différents pour raisins sains et raisins endommagés)

### 2.1.4.1 Addition d'agents conservateurs

#### Principes

La décision d'apporter des agents conservateurs dépend de l'état des raisins, de l'apport antérieur d'agents conservateurs, de la stratégie technologique adoptée durant le processus de production ainsi que du style de vin désiré. L'apport d'agents conservateurs peut à cette étape s'avérer nécessaire ou non.

L'acidification à l'acide tartrique (si nécessaire et autorisé) est possible durant cette étape. Le but de cette pratique n'est pas strictement de conserver le vin mais une diminution du pH durant les premières étapes de transformation permet une réduction des microorganismes nuisibles.

Outre le SO<sub>2</sub> et l'acide ascorbique, quelques vignerons ajoutent des tannins oenologiques durant cette étape afin de réduire la polyphénol-oxidase et le développement des bactéries. La combinaison d'acide ascorbique et de tannins a été proposée en alternative au sulfitage. L'utilisation de sulfites exclue la pratique de l'hyper-oxygénation.

Options œnologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>Les jus sont protégés de l'oxydation et de détérioration microbienne par d'autres moyens. Impossible sur des jus extraits de raisins endommagés ou contenant beaucoup de polyphénols ou des microorganismes nuisibles.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Autres agents conservateurs</b>  <i>L'acide ascorbique (vitamine C) est un antioxydant pouvant supporter l'effet du SO<sub>2</sub></i> ■ Apporter avec le SO <sub>2</sub>  <i>L'acide tartrique réduit le pH du jus et inhibe le développement microbien</i> ■ Apporter suivant les besoins d'acidification  <i>Tannins œnologiques réduisent la polyphenol oxydase et la croissance des bactéries</i> ■ Apporter une quantité et un type adéquat de tannins en tenant compte d'effets secondaires sensoriels	<b>Oenologie beaucoup d'intrants</b>  <b>Sulfites</b>  <i>Eviter l'oxydation des arômes et phénols des jus; réduire le développement des bactéries et des levures. Dosages de 10 à 50 mg/l dépendant de la qualité des jus.</i>  Apporter une solution de sulfites et brasser le lot ou sur la ligne durant le transfert du jus. ■ La forme préférée de sulfite dépend de la taille et de l'équipement de la cave.	Conseil pratique: vinification réductive  Note technique: Oxydation du moût et du vin  Note technique: Contamination microbienne  Note de recherche: ascorbique + tanins
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: none	Nécessaire: acide ascorbique, acide tartrique, tanins	Nécessaire: P-métabisulfite, SO <sub>2</sub> gazeux	
<b>Cadre réglementaire:</b> L'apport d'acide tartrique pour l'acidification n'est admis que dans certaines régions de l'UE (479/2008), l'acide tartrique doit provenir d'origine agricole (principalement de raisins) EU reg. 1622/2000			<b>Fiches techniques</b> #: SO <sub>2</sub> #: P- metabisulphite #: ascorbic acid #: tartaric acid
<b>Commentaires additionnels:</b> SO <sub>2</sub> : Différents apports de faible quantité à différentes étapes du processus confèrent une plus grande sécurité au même dosage final. L'utilisation d'acide tartrique peut ne pas concorder avec la philosophie biologique comme il s'agit d'une intervention massive sur le goût du vin affectant spécialement la typicité du millésime.			

### 2.1.4.2. Réduction des teneurs en phénols

#### Principes

Certains cépages ont une haute teneur naturelle en phénols qui s'oxydent facilement durant la vinification, conférant au vin une couleur brunâtre et catalysant des réactions en chaîne sur les composants aromatiques. Les pourritures, une mauvaise gestion de transformation des raisins et un pressurage excessif peuvent multiplier le problème.

Alors, s'il n'est pas possible de complètement protéger les jus du contact avec l'oxygène, il est préférable de retirer les phénols du système. La pratique habituelle est l'emploi d'intrants capables d'absorber les phénols et qui seront éliminés lors de la clarification ou de la filtration. Les intrants ayant cette capacité sont: la caséine, l'albumine, la gélatine et quelques protéines végétales. Ces intrants varient dans leur capacité à absorber des phénols spécifiques.

Une alternative à ces intrants est l'hyper-oxygénation. Il s'agit d'injecter au moût une quantité mesurée d'air ou d'oxygène pur pour atteindre une oxydation et une précipitation totales des phénols sensibles. Ceux-ci seront écartés du système lors de phases d'extraction ultérieures. Il est possible de combiner l'hyper-oxygénation et l'usage modéré d'intrants mais il faut éviter l'emploi de dioxyde de soufre avant toute oxygénation. L'oxygénation mène à une certaine perte de la typicité aromatique; pour cela, l'hyper-oxygénation n'est pas appropriée à tous les cépages ou types de vin.

Options œnologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  Le contenu des phénols dans le jus et leur sensibilité sont jugés acceptables	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Hyper oxygénation</b>  <i>Favoriser l'oxydation totale des polyphénols en vu de les éliminer à la clarification</i>  Ne pas utiliser de soufre avant l'hyper oxygénation.  Accélérer le pressurage et tenir une bonne hygiène afin d'éviter une contamination microbienne ■ Traiter tout le jus à l'O <sub>2</sub> ■ Saturer le jus d'O <sub>2</sub> ■ Rapidement passer à la clarification	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Utilisation d'intrants</b>  <i>L'excès de phénols est absorbé par des intrants et éliminé durant la clarification</i>  Choisir l'intrant et son dosage le plus adéquat (caséine, gélatine, ovalbumine, protéines végétales) ■ Préparer soigneusement le produit et s'assurer qu'il s'homogénéise bien avec la masse entière. ■ Rapidement passer à la clarification	Conseil pratique: Hyper-oxygénation  Note de recherche: Hyper-oxygénation
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun Utile: O <sub>2</sub> , intrant	Nécessaire: un ou plusieurs intrants (la caséine, l'albumine, la gélatine et quelques protéines végétales)	<b>Fiches techniques</b> #: casein #: ov-albumin #: plant proteins #: gelatin
<b>Commentaires additionnels:</b> L'utilisation de caséine, de P-caséine et d'ovalbumine doit être étiquetée comme composant allergénique. Les protéines de plantes doivent être dénuées d'OGM; si elles contiennent des composants allergéniques, ceux-ci doivent être étiquetés.			

### 2.1.4.3 Inactivation des enzymes

#### Principes

L'infection des raisins par le botrytis peut favoriser la laccase: une oxydase polyphénolique hautement active. Sa présence dans le jus peut être limitée par la bonne gestion du raisin et par le pressurage. Cependant ces traitements peuvent être insuffisants à réduire le risque d'oxydation au-dessous d'un niveau acceptable. Pareillement, la population microbienne dans le jus peut être trop nombreuse pour permettre une gestion adéquate des fermentations. Dans ces cas, une pasteurisation normale du jus, un traitement thermal, représente la meilleure

alternative à un apport massif de SO<sub>2</sub>. Un équipement plus moderne réchauffe le jus pour un court laps de temps à des températures relativement élevées (flash-pasteurisation), une combinaison suffisamment forte pour dénaturer la laccase et tuer la plupart des microbes mais pas assez forte pour éliminer la typicité variétale des composants aromatiques et autres composants bénéfiques du jus.

Options œnologiques		Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>Les taux de d'enzymes et de microflore sont considérés acceptables</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>pasteurisation (Normale et Flash-)</b>  <i>Chauffer le jus (75°C) pour un court moment (20-30 secondes: dénature la laccase et inactive les microorganismes</i>  Eviter la présence de matériel végétal ■ processus continu ■ Rapidement passer à la clarification	Note de recherche: Flash-pasteurisation
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	
<b>Cadre réglementaire:</b>		
<b>Commentaires additionnels:</b> La flash-pasteurisation ne requiert que peu d'énergie et réduit significativement les besoins en SO <sub>2</sub> , mais demande l'emploi de levures sélectionnées et de bactéries ainsi qu'une alimentation de levures afin de démarrer la fermentation.		

#### 2.1.4.4. Elimination des protéines instables

##### Principes

Certains cépages (p.ex. Sauvignon blanc, Grüner Veltliner, Riesling) ou l'état sanitaire des raisins (p.ex. oïdium) confèrent au vin une importante teneur en protéines qui peuvent précipiter après la mise en bouteilles. Ces protéines instables sont éliminées par l'emploi de bentonite, une argile résorbant du vin les molécules à charge positive. Cependant, la clarification à la bentonite réduit aussi l'intensité aromatique. Certaines sources citent aussi les tannins œnologiques comme étant appropriés à l'élimination des protéines instables.

Si le besoin de bentonite est connu pour un stade précoce de vinification, certains experts préfèrent l'appliquer au jus avant la fermentation plutôt que d'attendre que le vin soit accompli parce qu'alors, une dose moins importante de bentonite est requise pour atteindre le même but et que les arômes ne sont pas touchés. En certains cas, la bentonite est apportée au jus durant la fermentation alcoolique.

Options œnologiques		Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>Le suivi du vin ne semble pas rendre nécessaire un traitement des protéines.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Emploi d'intrants</b>  <i>Emploi de bentonite (ou tannins) pour éliminer une part des protéines instables</i>  Préparer soigneusement les intrants ■ Apporter au jus et mélanger précautionneusement ■ Rapidement passer à la clarification	
<b>Inputs</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: bentonite Utile: tannins	Fiches techniques #: Bentonite #: Tannins
<b>Cadre réglementaire:</b>		
<b>Commentaires additionnels:</b> Il est recommandé d'employer une bentonite avec de faibles teneurs en fer. La bentonite doit complètement être retirée avant la fermentation.		

### 2.1.4.5. Elimination des faux goûts

#### Principes

L'infection des raisins par le botrytis ou l'oïdium peut provoquer des faux goûts et arômes dans le vin. Les précurseurs de ces faux goûts sont éliminés en utilisant du charbon de bois sous forme de charbon végétal actif avec une surface intérieure variée et donc de capacité d'absorption sélective. Il sert aussi à réduire les teneurs en tannins et polyphénols.

Options œnologiques		Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>L'état sanitaire des raisins rend superflu l'emploi d'un intrant de clarification.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Emploi d'intrants</b>  <i>Emploi de charbon pour éliminer les précurseurs de faux goûts pourris</i>  Préparer soigneusement les intrants ■ Apporter (10-30g/hl) au jus et mélanger soigneusement ■ Rapidement passer à la clarification	
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: Charbon Utile: Bentonite, gélatine	<b>Fiches techniques:</b> #: Bentonite #: Charbons
<b>Cadre réglementaire:</b> Admis en accord avec les lois nationales actuelles et les réglementations de vinification.		
<b>Commentaires additionnels:</b> L'adsorption est définitivement accomplie en un jour. Le sédiment de charbon actif doit être séparé/filtré aussitôt que possible. Le charbon doit être entièrement éliminé par filtration avant la fermentation.		

### 2.1.4.6. Clarification

#### Principes

Souvent les jus doivent être clarifiés avant d'atteindre un niveau de turbidité acceptable pour la fermentation alcoolique. Les solides se séparent des liquide suivant la règle de Stock: Plus le solide est fin et plus la viscosité du liquide est élevée, plus le temps de séparation requis sera long.

Options œnologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>Aucun additif n'est nécessaire à la séparation totale et rapide des solides.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Emploi d'enzymes</b>  <i>Les enzymes pectolytiques dégradent les pectines et réduisent la viscosité. La bêta-glucanase peut dégrader les glucanes produits par le botrytis.</i>  Préparer soigneusement les enzymes ■ Apporter au jus et mélanger soigneusement ■ Contrôler la température et le temps de déroulement (plus basse la température, plus lente l'action des enzymes)	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Emploi d'additifs</b>  <i>Bentonite, kaolin, tannins, gel de silice réagissent avec le vin ou les protéines apportés formant de lourds flocons.</i>  Préparer soigneusement les additifs ■ Apporter au jus et mélanger soigneusement. La séquence des additifs peu être important. ■ Attendre la formation de flocons et rapidement passer à la clarification	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: enzymes pectolytiques Utile: bêta-glucanase	Nécessaire: un ou plusieurs parmi: bentonite, kaolin, tannins, gel de silice	<b>Fiches techniques:</b> #: Bentonite #: tannins #: Gel de silice #:enzymes pectolytiques, #: enzymes beta-glucanase

La rapidité est un facteur clé durant cette étape de vinification et elle peut aider à réduire la viscosité du jus ou pour apporter des additifs qui permettent la formation de flocons plus lourds et plus grands. Les enzymes pectolytiques réduisent les pectines en solution dans le jus et sa viscosité ce qui permet une séparation plus rapide des solides. Les raisins infectés par le botrytis peuvent aussi fournir un jus plus visqueux; des préparations de bêta-glucanase sont disponibles au commerce. Une autre stratégie est d'apporter au jus des substances interagissant avec les composants du jus

et créant de plus grands flocons. La bentonite à charge négative, le gel de silice, le kaolin ou les tannins peuvent interagir avec les protéines à charge positive naturelles ou apportées. L'emploi d'importantes doses d'intrants pour la stabilisation phénolique impose la nécessité d'apporter des substances à charge négative afin de les retirer complètement du système. La formation de flocons qui seront éliminés ultérieurement par des techniques de séparation est la raison principale de déficiences de phytostérols dans les moûts de vins blancs clarifiés.

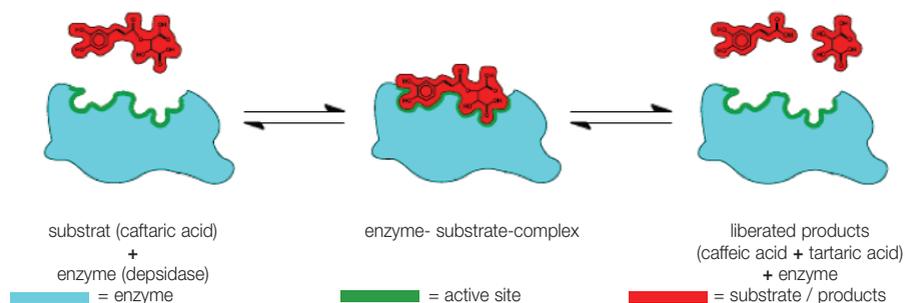


Fig. 44: Exemple pour le fonctionnement des enzymes (Source: Habelbeck, G.; Stocké, R. (2002) *Enzyme – Werkzeuge des Oenologen. das deutsche weinmagazin 18*)

#### 2.1.4.7. La séparation des solides

##### Principes

L'élimination des solides du jus peut être obtenue par différentes technologies. La sédimentation du jus est initiée en le laissant reposer 12-24 heures jusqu'à ce que la plupart des solides soient tombés au fond et puissent être retirés par soutirage. Le traitement des enzymes accélère le processus. Les avantages sont les coûts peu importants et la possibilité de séparer les lies grossières tout en gardant les lies fines dans le système.

La centrifugation peut continuellement séparer les solides; elle convient pour les grands volumes. La solubilisation de l'oxygène doit être évitée durant cette étape. La filtration sous vacuum ou la filtration tangentielle doivent être employées modérément, aussi en vinification moderne. Pour la filtration sous vacuum il faut quelques additifs et le jus obtenu peut être trop clair pour une bonne fermentation ; cette méthode est donc souvent réservée aux jus des derniers pressurages. La filtration tangentielle est un processus qui ne requiert pas d'intrants et représente une alternative intéressante aux centrifugations.

Centrifugation can continuously separate solids and is suitable for large volumes. Oxygen solubilisation must be avoided during this step. Vacuum filtration or cross-flow filtration are also extensively used in modern wine-making. In the first case some filtration coadjuvants are needed and the juice can result in being too clean for a good fermentation. Vacuum filtration is then often limited to the last press juices. Cross-flow filtration is a continuous process which does not require adjuvants, and represents an interesting alternative to the use of centrifuges.

Options pratiques			Documents correspondants
<b>Sédimentation statique et soutirage</b>  <i>Les lies se déposent au fond de la cuve et le jus est soutiré.</i>  Contrôle de température ■  Sédimentation durant la nuit ■  Soutirage du jus propre (surveiller la turbidité et la protection de l'oxygène suivant la stratégie générale choisie). ■  Passer à la fermentation alcoolique ■	<b>Centrifugation / Flottation</b>  <i>Processus continu pour éliminer les solides en suspension dans les jus contaminés par des microbes et/ou pour traiter de grands volumes.</i>  Centrifugation ■  Passer à la fermentation alcoolique  Flottation Emploi de gélatine en combinaison avec N ou O <sub>2</sub> ■  Passer à la fermentation alcoolique	<b>Filtration</b>  <i>Emploi de filtre à vacuum ou de filtration tangentielle pour séparer les solides. Cette pratique est normalement réservée aux jus moins problématiques vu les taux de débit moins importants et les jus obtenus très limpides.</i>  Filtration ■  Passer à la fermentation alcoolique	Note technique: contamination microbienne  Note technique: contrôle de température
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: gélatine, azote ou oxygène purs	Nécessaire: perlite, Kieselgur (terre de diatomée), cellulose	<b>Fiches techniques:</b> #: perlite #: diatomaceous earth #: cellulose
<b>Commentaires additionnels:</b> Pour la filtration tangentielle sur moûts il est absolument nécessaire d'augmenter la turbidité avant l'apport de levures.			



Fig. 45: Sur moûts: filtre-presses (gauche) et filtre rotatif sous vacuum (droite) avec cellulose, Kieselgur ou perlite

Options pratiques / type de filtre pour les moûts			Documents correspondants
<b>Filtre rotatif sous vacuum</b>  Employer de la terre disponible à différents diamètres de particules  Peut fonctionner avec des produits très troubles comme les moûts chauffés ou les lies etc.  Débit important	<b>Filtre-presses</b>  Employer de la terre disponible à différents diamètres de particules  Peut fonctionner avec des produits très troubles comme les moûts chauffés ou les lies etc.  Débit faible	<b>Filtre tangentiel</b>  Filtration très fine; le produit est stérile après la filtration.  Débit très faible	Note technique: standards hygiéniques
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: cellulose, Kieselgur (terre de diatomée), perlite	Nécessaire: cellulose, Kieselgur (terre de diatomée), perlite		<b>Fiches techniques</b> #: perlite #: diatomaceous earth #: cellulose
<b>Cadre réglementaire:</b> Pas de recommandation / les matériaux/membranes ayant contact avec des aliments doivent être obtenus par synthèse organique			
<b>Commentaires additionnels:</b> Centrifugation peut être utilisée / la flottation peut être utilisée pour les moûts chauffés; cette technique requiert des flocculants comme p.ex. la gélatine / certaines membranes pour la filtration tangentielle sont minérales.			

## 2.1.4.8. Désacidification

### Principes

Lorsque les raisins n'atteignent pas leur complète maturité, l'acidité peut être considérable. Sous ces conditions, les concentrations d'acide malique sont presque toujours plus importantes que celles d'acide tartrique. Il faut désacidifier chimiquement le jus si la dégradation biologique de l'acide malique n'est pas désirée (par d'habitude ou si le vin change de goût). La désacidification chimique peut aussi servir à déclencher la fermentation malolactique pour les pH élevés. Les acides dans les jus et vins décomposent les carbonates en acide carbonique qui sera relâché sous forme de CO<sub>2</sub>. La potasse et le calcium se combinent avec l'acide tartrique pour former un sel insoluble qui précipite.

Options œnologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>Une meilleure condition des raisins est obtenue par une gestion adéquate du vignoble et les conditions spécifiques de maturation en automne.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Emploi d'additifs</b>  <i>Le carbonate de calcium seul ou combiné au tartrate de potassium est employé pour corriger une acidité très élevée</i>  Préparer soigneusement les intrants ■ Apporter au jus et mélanger soigneusement en veillant à une bonne homogénéisation ■ Rapidement passer à la clarification	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Emploi d'additifs</b>  <i>Le bicarbonate de potassium est employé pour une faible correction d'acidité</i>  Préparer soigneusement les intrants ■ Apporter au jus et mélanger soigneusement en veillant à une bonne homogénéisation ■ Rapidement passer à la clarification	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: Aucun	Nécessaire: Calcium Carbonate, Potassium tartrate	Nécessaire: bicarbonate de potassium (carbonate acide de potassium)	<b>Fiches techniques</b> #: calcium carbonate #: potassium hydrogencarbonate
<b>Regulatory framework:</b> Reg. UE 479/2008 - annexe V - defines precise rules for the deacidification practice. The UE regulation does not impose must deacidification limits, but there is a limit of 1 g/l of the total acidity as tartaric acid for wine.			
<b>Additional comments:</b> In white wine processing, the chemical deacidification should be carried out after must clarification but before fermentation.			

## 2.1.5. Fermentation

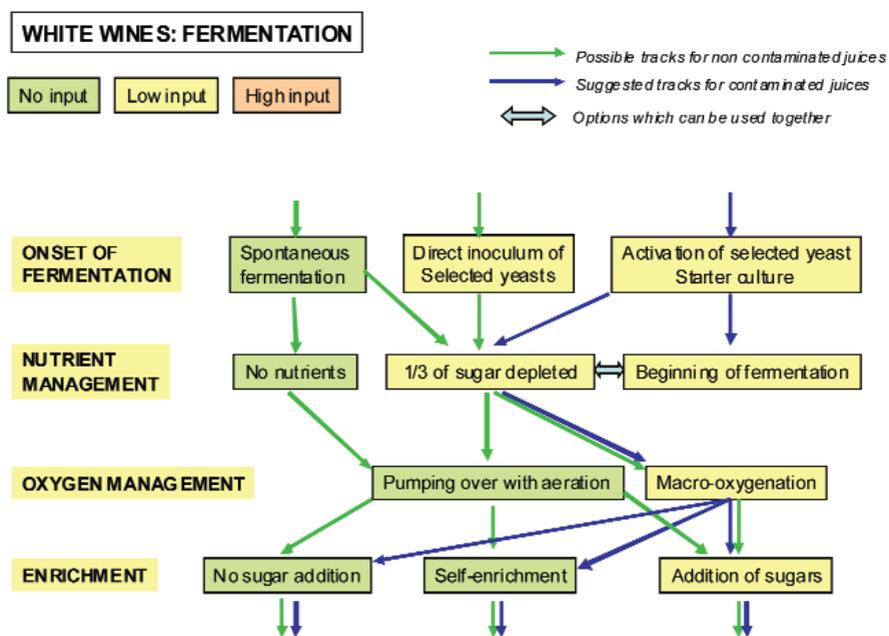


Fig. 46: Vins blancs – options de fermentation

### Principes généraux

Une bonne gestion de la fermentation alcoolique peut limiter la nécessité d'additifs ou de traitements. Durant la fermentation le vin est protégé contre l'oxydation et la contamination microbienne: les levures du vin épuisent rapidement tout l'oxygène et concurrencent avec succès les microorganismes nuisibles. La protection contre l'oxygène se maintient même après la transformation totale des sucres, tant que les lies sont présentes dans le système. En viticulture biologique, il est important de lancer la fermentation rapidement et de s'assurer que le processus est d'emblée dominé par des souches de levures qualitatives (tout en évitant les souches produisant beaucoup de SO<sub>2</sub> ou H<sub>2</sub>S). Il est aussi nécessaire d'assurer une bonne alimentation et un bon développement des levures afin de pouvoir employer des lies sans qu'il ne se forme de faux goûts et pour éviter que les fermentations se bloquent ou ne se déroulent trop lentement.

L'emploi de levures sélectionnées pour la gestion de la fermentation peut aisément être contrebalancé par un besoin en additifs beaucoup moins important durant les étapes ultérieures de la vinification.

#### 2.1.5.1. Départ de la fermentation

### Principes:

La fermentation alcoolique est un pas important durant la vinification. La transformation totale du

sucres – sans intervention de microorganismes indésirables et sans aberrations métaboliques – est la base pour la production de vin de qualité.

En vinification biologique, la fermentation des levures peut prendre une position clé. En favorisant un développement sain et rapide des bonnes levures, l'on peut réduire drastiquement les risques d'oxydation et de contamination microbienne tout en réduisant les interventions et les taux d'additifs. La dominance précoce de souches de levures aux caractéristiques désirées contrôle la compétition pour les nutriments et le développement d'autres contaminants. Le dioxyde de carbone produit par les levures prévient une intrusion d'oxygène au système et ralentit les réactions oxydatives et enzymatiques.

### Note importante

La vinification biologique exclue l'emploi d'organismes modifiés génétiquement (OGM) comme la souche de levures *Saccharomyces cerevisiae* ML01.

De plus, une population de levures saine et adéquate offre différentes possibilités de pratiques « sur lies » à la fin de la fermentation alcoolique ce qui influencera positivement la qualité du vin et comportera des avantages indirects en termes de protection contre l'oxygène.

Le facteur principal définissant la stratégie de fermentation est la gestion de la contamination microbienne sur le jus qui peut être très basse ou très haute. Une haute contamination (population totale > 10E5 UFC/ml) provient de raisins pourris ou de raisins ayant été endommagés durant la vendange et le transport ou de raisins et jus qui ont été trop longtemps sans protection antimicrobienne, qui ont souffert d'un mauvais suivi de la température ou qui ont été contaminés par l'équipement de cave dû à une mauvaise hygiène.

Une faible contamination de jus (population totale < 10E5 UFC/ml) peut être atteinte en transformant des raisins sains, en accélérant toutes les étapes de gain de jus et par un contrôle attentif des températures à chaque étape de production.

Les jus contaminés traités par des méthodes physiques (flash-pasteurisation, centrifugation, vacuum ou filtration tangentielle, etc.) n'auront qu'une faible population microbienne en début de fermentation. Cependant, ces jus auront perdu une grande partie de leurs composants naturels (p.ex. azote assimilable et micronutriments) ce qui demandera d'être plus attentif au processus de fermentation.

Le choix d'une souche de levure connue pour dominer la fermentation peut être d'importance majeure: certaines souches peuvent produire jusqu'à 100 mg/l de SO<sub>2</sub> ou plus, rendant ainsi superflu toute mesure de réduction d'intrants durant la vinification. Certaines souches peuvent produire de hauts taux d'acidité volatile et/ou de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) pouvant compromettre la qualité finale du vin.

Des centaines de souches de levures de vin sont actuellement disponibles en commerce sous leur forme sèche. Après réhydratation et ensemencement ces produits favorisent un départ rapide de la fermentation et assurent la dominance d'une souche avec de bonnes qualités. L'activation de la culture – inoculation de la charge totale de levures à une partie du jus 24 à l'avance – permet un départ de fermentation encore plus rapide et assure la dominance de la souche voulue sur les microflore indigènes inconnues.

Ceux qui ne veulent pas employer des souches de levures commerciales peuvent appliquer les fermentations spontanées; comme les propriétés de la souche dominante ne sont pas connues, les

<sup>6</sup> La description des levures est disponible sur le site internet de IFV ( Institut Français de la Vigne et du Vin (ENTAV-ITV France) [www.vignevin.com](http://www.vignevin.com) in "OUTILS EN LIGNE"

résultats de cette pratique sont incertains. Si les teneurs en levures indigènes dans le moût sont faibles, la fermentation démarrera plus lentement. Pour partiellement éviter ces problèmes, quelques vignerons favorisent la fermentation spontanée sur plusieurs petits volumes de jus provenant de différents vignobles puis choisissent la meilleure comme pied de cuve (d'un point de vue sensoriel et analytique). Les technologies modernes rendent peu coûteuses la sélection de souches particulières à une cave. Ces cultures pures peuvent ensuite être utilisées à la place des préparations commerciales.

Options pratiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><b>fermentation spontanée, Pied de cuve</b></p> <p><i>Laisser se développer les levures naturelles dans le jus afin qu'elles dominent la fermentation ou ensemercer le jus de levures locales sélectionnées personnellement.</i></p> <p>Contrôle de température</p> <p>■</p> <p>Surveiller l'acidité volatile et le développement de faux goûts.</p>	<p><b>Oenologie peu d'intrants</b></p> <p><b>Inoculation directe de levures sélectionnées</b></p> <p><i>Ensemencer le jus d'une population importante de levures sélectionnées commerciales.</i></p> <p>Réhydrater les levures en dosage adéquat (15-25 g/hl)</p> <p>■</p> <p>(phase d'acclimatation à la température si le jus ensemencé est au-dessous 15°C)</p> <p>■</p> <p>Inoculer la suspension de levures réhydratées au jus.</p> <p>■</p> <p>Contrôle de température</p>	<p><b>Oenologie peu d'intrants</b></p> <p><b>Activation de pieds de cuve de levures sélectionnées</b></p> <p><i>Activer les levures séparément et 24 h à l'avance dans une partie du jus afin d'accélérer le départ de la fermentation dans le lot principal et d'assurer la dominance des microorganismes désirés.</i></p> <p>Préparer 12-24 heures à l'avance une part de jus équivalente à 5-10% du volume total</p> <p>■</p> <p>Réhydrater les levures et ensemercer cette part du lot (200-400 g/hl de levures sèches)</p> <p>■</p> <p>Après 12-24 heures employer la part en fermentation pour ensemercer le volume total.</p> <p>■</p>	<p>Conseil pratique: activation des cultures de levures</p>
<b>Intrants</b>			<b>Fiches techniques:</b> selected yeasts
Nécessaire: aucun	Nécessaire: levures sélectionnées	Nécessaire: levures sélectionnées	
<b>Cadre réglementaire:</b> L'emploi de levures sélectionnées est autorisé par la plupart des règlements.			
<b>Commentaires additionnels:</b> Il est recommandable d'employer des souches de levure à faible production de SO <sub>2</sub> et si possible à faible consommation d'azote.			

## 2.1.5.2. Gestion de l'azote

### Principes

Les jus de raisins biologiques peuvent contenir moins de YAN (azote assimilable par les levures) comparés à ceux provenant de viticulture conventionnelle (cf. chapitres travail du sol et HACCP). De plus, un emploi modéré d'agents conservateurs tels que le SO<sub>2</sub> en phase de pré-fermentation peut provoquer une plus importante contamination microbienne des jus qui réduira les taux d'azote disponibles pour *Saccharomyces cerevisiae*.

En règle générale, les levures ont besoin de plus de 170 mg/l de YAN pour achever la fermentation; les besoins en azote augmentent avec la teneur en sucre des jus. A part la quantité, le timing est aussi important. Les levures nécessitent un minimum de YAN en début de fermentation afin de se développer un nombre adéquat; ensuite elles auront encore besoin de YAN à la fin de période de croissance exponentielle afin de renforcer les cellules qui seront actives jusqu'à la fin de la fermentation. L'addition de nutriments azotés en début de fermentation n'est recommandée que pour les jus à faible YAN (<150 mg/l). Dans la plupart des cas, une alimentation avec des nutriments azotés est recommandable dès qu'un tiers ou la moitié des sucres a été transformé. Des apports ultérieurs sont superflus ou même dangereux. L'apport de 30 g/hl de sels d'ammonium élève le YAN de 60 mg/l. L'apport de sels d'ammonium est une part importante de la stratégie de réduction du SO<sub>2</sub> en vinification biologique et est aussi nécessaire pour éviter que les fermentations ne se bloquent.

Options oenologiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><b>Pas d'addition de nutriments</b></p> <p><i>Si suffisantes, les levures se développent sur les réserves naturelles de YAN contenues dans le jus.</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>■</p> <p>Contrôler l'activité de fermentation, l'acidité volatile et la production de composants de soufre</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Addition en début de fermentation</b></p> <p><i>Dans les jus contenant très peu de YAN, l'azote est apporté afin de garantir une croissance suffisante des populations de levures</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>■</p> <p>Apporter thiamine et nutriments azotés</p> <p>■</p> <p>Contrôler l'activité de fermentation, l'acidité volatile et la production de composants de soufre</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Addition à 1/3 – 1/2 des sucres transformés</b></p> <p><i>L'azote disponible à ce stade est employé par les levures pour produire des enzymes qui maintiendront leur activité jusqu'à la fin de la fermentation.</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>■</p> <p>Suivre la transformation des s u c r e s</p> <p>■</p> <p>Apporter thiamine et nutriments azotés</p> <p>■</p> <p>Contrôler l'activité de fermentation, l'acidité volatile et la production de composants de soufre</p>	<p>Note technique: Alimentation des levures en azote</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: sels d'ammonium Utile: thiamine, écorces de levures	Nécessaire: sels d'ammonium Utile: thiamine, écorces de levures	<b>Fiches techniques:</b> #: Di-ammonium phosphate #: thiamine #: yeast ghosts
<b>Cadre Réglementaire:</b> Les phosphates d'ammonium sont admis dans la plupart des standards européens privés.			

### 2.1.5.3. Correction des faux goûts sulfureux réductifs

#### Principles

L'apparition de faux goûts sulfureux réductifs est liée à beaucoup de facteurs différents durant la fermentation alcoolique. La déficience en azote et pyridoxines (vitamines), les résidus de soufre mouillable et d'autres facteurs stress peuvent mener à la formation de composants sulfuriques volatils tels que le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), les mercaptans, les bisulfites et leurs esters. Parmi beaucoup d'autres, la déficience en azote semble être le facteur le plus important. C'est pourquoi le YAN (azote assimilable par les levures) doit être contrôlé avant chaque fermentation. Pour la formation d'acides aminés tels que la cystéine et la méthionine, l'azote est requis au même titre que le soufre qui est naturellement présent dans chaque moût sous forme de sulfates.

L'addition de nutriments azotés en début de fermentation n'est recommandé que pour les jus à faible YAN (<150 mg/l). Dans la plupart des cas, une alimentation avec des nutriments azotés est recommandable dès qu'un tiers ou la moitié des sucres a été transformé. Des apports ultérieurs sont superflus ou même dangereux. L'apport de 30 g/hl de sels d'ammonium élève le YAN de 60 mg/l.

L'apport de sels d'ammonium est une part importante de la stratégie de réduction du SO<sub>2</sub> en vinification biologique et est aussi nécessaire pour éviter que les fermentations ne se bloquent.

Le soufre mouillable est un fongicide très important en viticulture biologique. S'il est présent dans les moûts, les levures le réduiront au sulfure d'hydrogène durant la fermentation. Il faut donc de respecter un laps de temps minimal mais adéquat entre la dernière application au vignoble et la vendange. De plus, une bonne sédimentation et un bon soutirage des solides et résidus dans les jus minimiseront les risques de formation de sulfure d'hydrogène de cette source.

L'apport de sels d'ammonium est non seulement une stratégie utile pour éviter les fermentations lentes mais prévient aussi la formation de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S). Celle-ci devrait être détectée par une dégustation régulière des vins en fermentation. D'habitude la formation de H<sub>2</sub>S s'arrête durant le premier tiers de la fermentation dès que l'on apporte de l'azote (sels d'ammonium). Des apports ultérieurs d'azote ne seront normalement pas assimilés par les levures. Si des composants sulfuriques ne peuvent être évités durant la fermentation et que des faux goûts sulfureux amoindrissent la qualité du vin, un traitement au cuivre (CuSO<sub>4</sub>\*5H<sub>2</sub>O) éliminera le sulfure d'hydrogène et les mercaptans (éthyle et méthyle). Malheureusement, d'autres composés sulfuriques volatils ne peuvent pas être éliminés.

En vinification biologique, la technique du « collage bleu » (Ferrocyanure de potassium(II)) n'est pas admise pour éliminer des excès de cuivre dans le produit final. La dose maximale de cuivre comme additif est 1 g/hl. La concentration maximale de cuivre résiduel dans le vin est 1 mg/l (Cu<sup>++</sup>).

Il est conseillé de tester et évaluer les méthodes de clarification. Un excès de cuivre dans le vin peut conduire à un trouble cuivreux (concentration de cuivre > 0.5 mg/l); de plus le cuivre agit en catalyseur pour l'oxydation ce qui en augmente les risques. Cela veut dire, que l'emploi de sulfate de cuivre comme clarificateur contre les composés sulfuriques doit être aussi bas que possible pour les vins biologiques.

Options œnologiques			Related documents
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><b>Pas d'addition de nutriments</b></p> <p><i>Le YAN est suffisant. Récolte exclusive de raisin sains. Pas de traitement thermique du jus.</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>Contrôler l'activité de fermentation et la qualité sensorielle. S'il n'y a pas de formation de composants sulfuriques volatils, aucun apport ou traitement n'est requis.</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Addition de nutriments</b></p> <p><i>Le YAN est très bas (&lt; 150 mg N/l). Haute teneur en sucre. Traitement thermique du jus. Basse température de fermentation.</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>Apporter thiamine et nutriments azotés</p> <p>Si l'activité de fermentation est acceptable et que la formation de composants sulfuriques volatils peut être évitée par l'apport d'azote, aucun autre traitement n'est requis</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Addition de nutriments et traitement au cuivre</b></p> <p><i>YAN du jus est très bas (&lt; 150 mg N/l). Fermentation lente. Apparition persistante de faux goûts sulfuriques</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>Apporter thiamine et nutriments azotés</p> <p>Observer le déroulement de la fermentation</p> <p>Si l'activité de fermentation est acceptable mais que le vin final présente de forts faux goûts sulfuriques, une aération et une clarification au cuivre peuvent s'avérer nécessaires pour éliminer les composants sulfuriques volatils. Des pré-tests sont recommandés.</p>	<p>Note technique: Alimentation des levures en azote</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: sels d'ammonium Utile: thiamine, écorces de levures	Nécessaire: sels d'ammonium, sulfate/citrate de cuivre Utile: thiamine, écorces de levures	<b>Fiches techniques:</b> #: copper sulfate # ammonium salts #: yeast ghosts
<b>Cadre réglementaire:</b> Le phosphate d'ammonium et le sulfate de cuivre sont autorisés dans la plupart des standards européens privés.			
<b>Commentaires additionnels:</b> L'apport de phosphate d'ammonium peut être réalisé en dissolvant le sel dans une petite part du vin en fermentation afin d'éviter un moussage excessif. La dose légale maximale de sulfate de cuivre est 1 g/hl. La concentration maximale de cuivre résiduel dans le vin est 1 mg/l (Cu <sup>++</sup> ). Il est conseillé de tester et évaluer les méthodes de clarification. Un excès de cuivre dans le vin peut conduire à un trouble cuivreux (concentration de cuivre > 0.5 mg/l); de plus le cuivre agit en catalyseur pour l'oxydation ce qui en augmente les risques.			

#### 2.1.5.4. Gestion de l'oxygène

##### Principes

L'oxygène est essentiel pour l'activité et la croissance des levures. Ce n'est qu'en présence d'oxygène que les levures peuvent produire des stérols et des acides gras non saturés nécessaires pour fournir la fluidité requise des membranes cellulaires, la tolérance à l'éthanol et en conséquence une bonne activité cellulaire au cours de la fermentation.

Un apport d'oxygène à la fin de la croissance exponentielle des populations de levures (1/2 des sucres réduits) peut rétablir la fonctionnalité des membranes cellulaires. A ce stade, vu la consommation rapide par les importantes populations de levures, l'oxygène ne peut pas affecter les composants du vin. Cette pratique est conseillée pour tous les vins sauf les vins de dessert, pour lesquels l'apport d'oxygène pourrait hâter la fermentation alcoolique et réduire le taux final de sucres résiduels.

Options pratiques		Documents correspondants
<p><b>Pomper avec aération</b></p> <p><i>L'oxygène est dissout dans les jus en fermentation en les pompant par un système ouvert.</i></p> <p>Contrôler l'acidité volatile</p> <p>■</p> <p>Pomper sous aération un volume de jus correspondant au double du volume des contenants.</p> <p>■</p> <p>Contrôler l'acidité volatile et l'activité de la fermentation</p>	<p><b>Macro-oxygénation</b></p> <p><i>L'oxygène est apporté en perlant de l'oxygène pur ou de l'air dans la cuve.</i></p> <p>Contrôler l'acidité volatile</p> <p>■</p> <p>Arroser d'une quantité définie d'oxygène pur ou d'air de façon d'apporter 8 mg O<sub>2</sub>/l</p> <p>■</p> <p>Contrôler l'acidité volatile et l'activité de la fermentation</p>	<p>Note technique: Besoins des levures en oxygène</p>
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun utile: oxygène pure	
<b>Cadre réglementaire:</b> Pas de restriction d'emploi de ces pratiques		

#### 2.1.5.5. Enrichissement / Chaptalisation

##### Principes

L'addition de sucres sous forme de saccharose de canne ou de betterave, de moût de raisin concentré ou concentré-rectifié, à ceux contenus naturellement dans le raisin a pour résultat une augmentation du contenu final d'alcool dans le vin. Cette pratique est autorisée en UE avec certaines restrictions.

##### Notes importantes

**En accord avec le règlement CE 479/2008, le degré alcoolique peut être haussé d'un maximum de 3% en zone A, 2% en zone B et 1,5% en zone C.**

**Le même règlement impose des limites au niveau maximal de degrés d'alcool (pas plus de 2%) et pour les réductions de volume en cas d'auto enrichissement (osmose inverse, réchauffement sous vacuum, cryoconcentration).**

**L'apport de sucre de canne et de betterave est autorisé dans les zones A, B et partiellement C. Les autres régions peuvent utiliser du moût concentré ou concentré-rectifié.**

En vinification biologique, les sucres et moûts concentrés et rectifiés sont obligatoirement d'origine biologique, si disponibles sinon ils sont sujets à une dispense exceptionnelle pour l'emploi de produits conventionnels.

L'auto-enrichissement est une technique alternative. Il se fait par différentes méthodes techniques. Par exemple, l'osmose inverse qui soutire de l'eau au vin, le réchauffement sous vacuum qui permet d'évaporer de l'eau ou la cryo-concentration qui gèle une partie de l'eau pour la supprimer sous cette forme.

Bien que ces procédés techniques sont principalement de nature physique et sans dangers pour le producteur, le consommateur ou l'environnement, le secteur biologique tend à préférer une meilleure gestion du vignoble et de la récolte, ciblant à obtenir des raisins avec une haute teneur naturelle de sucres. L'enrichissement est considéré comme une méthode modifiant la composition naturelle des jus.

Options œnologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <b>Pas d'enrichissement</b>  <i>Une teneur équilibrée en raisins de sucres, acides, arômes peut être obtenue par une gestion adéquate du vignoble, p. ex. Réduction de la récolte, fertilisation et gestion de l'enherbement et du sol, etc.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Auto enrichissement</b>  <i>Le degré alcoolique voulu est atteint par des procédés physiques (osmose inverse, évaporation, cryoconcentration)</i>  Déterminer précisément le potentiel alcoolique  ■  Traiter une portion du jus ou le lot entier  ■  Passer à la fermentation alcoolique	<b>Oenologie beaucoup d'intrants</b>  <b>Addition de sucres</b>  <i>Addition de sucre sec ou de moût concentré (-rectifié)</i>  Déterminer précisément le potentiel alcoolique et la disponibilité d'azote pour toute la fermentation  ■  Apporter la solution de sucre, de préférence avant la fin de la fermentation alcoolique  ■  Contrôler l'activité et l'acidité volatile jusqu'à la transformation totale des sucres	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun		Nécessaire: sucre Utile: sels d'ammonium	
<b>Cadre réglementaire:</b> Reg. UE 479/2008 - annexe V – définit précisément les règles pour l'enrichissement. Les lois de vinification nationales de certains pays membre n'autorisent pas la cryoconcentration.			
<b>Commentaires additionnels:</b> Le sucre de canne ou de betterave est considéré comme intensif puisque le matériau ne provient pas du raisin lui-même. La production de moût rectifié demande beaucoup d'énergie et l'emploi de résines échangeuses d'ions. En vinification biologique, les sucres et moûts concentrés et rectifiés sont obligatoirement d'origine biologique, si disponibles sinon ils sont sujets à une dispense exceptionnelle pour l'emploi de produits conventionnels.			

## 2.1.6. Après la fermentation alcoolique

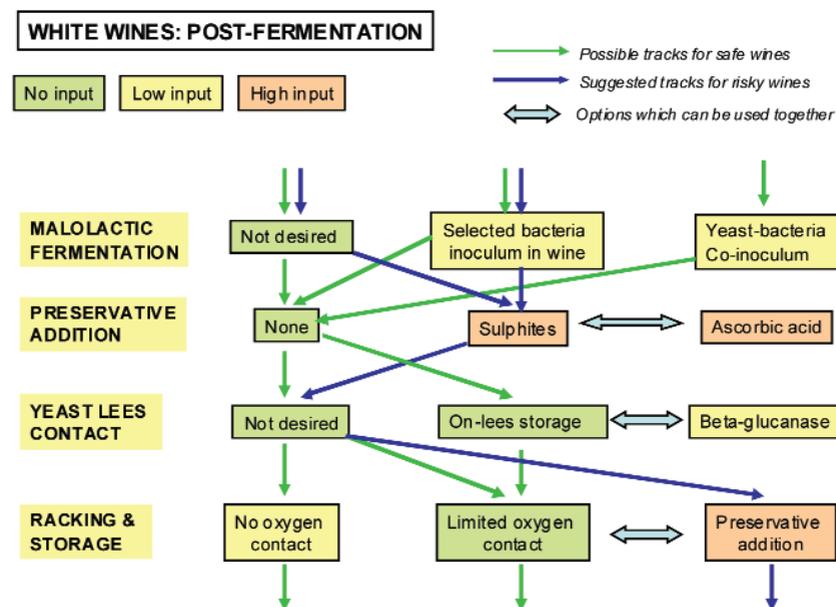


Fig. 47: Vins blancs : options de traitement après la fermentation alcoolique

### Principes généraux

La période entre la fin de la fermentation alcoolique et la dernière clarification et l'embouteillage peut durer plusieurs mois. Assez de temps pour une perte qualitative due à l'oxygène ou la contamination microbienne même à basse température. De plus, durant cette période, le vin change plusieurs fois de contenant, pratique multipliant les risques d'oxygénation. En vinification biologique, où l'on pratique une réduction maximale d'agents conservateurs dans les étapes de vinification précédentes, les risques d'une perte de qualité sont très élevés durant cette étape.

Il est conseillé de fréquemment analyser et déguster le vin et d'être très attentif au cours de toutes les manipulations entreprises à cette étape. Ceci est d'importance capitale pour produire un vin de haute qualité et à peu d'intrants.

#### 2.1.6.1. La fermentation malolactique

### Principes

La fermentation malolactique réduit l'acidité titrable du vin en transformant l'acide malique en acide lactique et CO<sub>2</sub> et en modifiant le profil organoleptique du vin en lui conférant des arômes typiques. La fermentation malolactique peut être favorisée ou empêchée sur les vins blancs aussi bien que sur les rouges, selon le style de vin désiré.

La croissance incontrôlée de bactéries lactiques acides peut provoquer la formation d'acides ami-

nées ou de faux goûts qui peuvent réduire la valeur commerciale du vin. De plus, les pratiques oenologiques qui doivent être appliquées pour favoriser une fermentation malolactique spontanée vont aussi encourager le développement de micro-organismes indésirables comme les bactéries lactiques et les *Brettanomyces*.

En vinification biologique, le contrôle de la fermentation malolactique est particulièrement critique. L'emploi réduit d'additifs et notamment la réduction de SO<sub>2</sub>, créent des conditions favorisant le développement de bactéries à des pH modérés. Le contrôle de la température et la filtration sont les éléments clés permettant d'éviter la fermentation malolactique.

Il est très difficile pour les vigneron biologiques de réussir une fermentation malolactique propre et sûre en contrôlant le processus. La fermentation doit se développer et s'achever rapidement et doit être accomplie par un micro-organisme disposant des caractéristiques désirées afin d'éviter la croissance de levures et bactéries indésirables et la formation de faux goûts.

Options pratiques			Documents correspondants
<p><b>FML: non désirée</b></p> <p><i>Croissance de bactéries lactiques doit être limitée tout en évitant au possible les agents conservateurs.</i></p> <p>Température de stockage au-dessous de 14-16°C</p> <p>Apport de SO<sub>2</sub> (min.50 ppm) ou de lysozyme (500 g/l) et mélanger la masse</p> <p>■</p> <p>Fréquente analyse des acides malique et lactique.</p> <p>■</p> <p>En cas d'indices pour une activité bactérienne, filtrer le vin en évitant le contact avec l'oxygène.</p>	<p><b>FML: Inoculation de bactéries sélectionnées</b></p> <p><i>Les conditions empêchant la croissance des bactéries sont suspendues pour la période nécessaire pour parcourir une rapide FML par ensemencement avec des bactéries lactiques sélectionnées.</i></p> <p>■</p> <p>Si nécessaire chauffer le vin à 18-24°C, augmenter le pH à au moins 3.2</p> <p>■</p> <p>Préparer soigneusement les cultures et ensemencer le vin.</p> <p>■</p> <p>Fréquente analyse des acides malique et lactique.</p> <p>■</p> <p>Dès que l'acide malique a disparu, filtrer et rafraîchir le vin.</p>	<p><b>FML: Co-inoculation de levures et de bactéries</b></p> <p><i>Les bactéries lactiques sont inoculées durant la fermentation alcoolique.</i></p> <p>■</p> <p>Préparer soigneusement les cultures</p> <p>■</p> <p>Ensemencer le vin lorsque environ 1/3 du sucre est transformé.</p> <p>■</p> <p>Contrôle des acides malique et lactique et des sucres durant la fermentation</p> <p>■</p> <p>Dès que les deux fermentations sont terminées, rafraîchir le vin et filtrer si le contact sur lies n'est pas désiré.</p>	<p>Conseils pratiques: Co-inoculation de levures et de bactéries</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: Lysozyme; K-metabisulfite, SO <sub>2</sub> gazeux	Nécessaire: bactéries sélectionnées	Nécessaire: bactéries sélectionnées	Fiche technique: #: lysozyme
<b>Cadre réglementaire:</b> L'emploi de bactéries sélectionnées est autorisé par la Rég. UE 834/2007 et par la plupart des standards privés.			
<b>Commentaires additionnels:</b> Pour les vins blancs à pH élevé, l'addition directe de bactéries est préférée à la co-inoculation. L'emploi de lysozyme doit être étiqueté comme composant allergénique. Son utilisation augmente le besoin en bentonite pour la stabilisation des protéines.			

## 2.1.6.2. Addition d'agents conservateurs

### Principes

Une fois la fermentation malolactique terminée, le vin doit être stocké de façon sûre durant des mois. A ce stade, le vin n'est pas protégé et très sensible: il ne contient pas d'antioxydants ou activités antimicrobiennes actifs. Il y reste du dioxyde de carbone en solution mais il n'y a pas de circulation active de gaz dans le liquide et pour cela pas de protection contre une oxygénation. Il n'y a que peu de nutriments disponibles mais ils suffisent largement pour permettre le développement et la multiplication de bactéries et levures nuisibles. Les pertes de qualité peuvent être évitées en stockant à basse température, en achevant totalement les fermentations alcooliques et malolactiques, en remplissant les cuves ou tonneaux au maximum, en maintenant des pH bas, en protégeant contre les contacts « sur lies » et la production de gaz inertes. S'il est nécessaire d'apporter du SO<sub>2</sub>, c'est un des meilleurs moments pour profiter entièrement des propriétés de cet agent conservateur. Si son emploi en vinification est autorisé, l'on peut aussi se servir de l'acide ascorbique pour réduire l'apport de SO<sub>2</sub>.

Options oenologiques			Related documents
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><i>Les vins sont protégés de l'oxydation et de la contamination microbienne par d'autres moyens. N'est pas recommandé sur des vins contenant beaucoup de microorganismes nuisibles ou de polyphénols</i></p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Autres conservateurs</b></p> <p>Acide ascorbique (vitamine C) est un antioxydant qui peut supporter l'action du SO<sub>2</sub>.</p> <p>■</p> <p>Apporter avec le SO<sub>2</sub></p>	<p><b>Oenologie beaucoup d'intrants</b></p> <p><b>Sulfites</b></p> <p><i>Eviter l'oxydation des arômes et des phénols; réduire le développement de bactéries et de levures. Dosages de 10 à 80 ppm en dépendance du type de vin et des conditions et de la durée du stockage</i></p> <p>■</p> <p>Apporter la solution de sulfites ou injecter sur la ligne durant les transferts.</p> <p>■</p> <p>La forme de sulfites préférée dépend des dimensions et de l'équipement de la cave.</p>	<p>Conseil pratique: Vinification réductive</p> <p>Note technique: Oxydation du moût et du vin</p> <p>Note technique: contamination microbienne</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: acide ascorbique	Nécessaire: P-metabisulfite, SO <sub>2</sub> gazeux	<p><b>Fiches techniques</b></p> <p>#: SO<sub>2</sub></p> <p>#: P-metabisulfite</p> <p>#: ascorbic acid</p>
<b>Commentaires additionnels:</b> SO <sub>2</sub> : Différents apports de faible quantité à différentes étapes du processus confèrent une plus grande sécurité au même dosage final.			

### 2.1.6.3. Contact sur lies

#### Principes

Les lies de levures ont différents avantages notamment pour la vinification biologique. Elles peuvent émettre des composants d'écorces de levures (p. Ex. Les mannoprotéines) qui soutiennent la stabilisation tartrique et la stabilisation des protéines et que l'on croit contribuer positivement au goût du vin. La dégradation des cellules de levures relâche d'autres acides aminés, peptides et acides nucléiques. Ces substances contribuent aussi à améliorer la complexité et l'intensité de goût du vin. Les lies des levures sont, d'importants consommateurs d'oxygène et peuvent réduire l'accumulation d'oxygène dissous dans le vin. Le glutathion et d'autres peptides sulfuriques, normalement contenus en taux significatifs dans les levures, sont relâchés dans le système et contribuent à la protection antioxydative. Cependant, les lies peuvent aussi représenter un danger. Les acides aminés émis peuvent servir de nutriments à des micro-organismes contaminants. Les goûts de noix/pain peuvent ne pas être désirés dans le vin. Si les levures ont été stressées en fin de fermentation alcoolique ou selon les souches de levures, elles peuvent conférer au vin des notes de réduction sulfuriques ou de mercaptans. Ainsi, le contact sur lies est un instrument puissant en vinification biologique. Il peut être appliqué au sein d'une stratégie cohérente de préparation du jus et fermentation (p. ex. nettoyage adéquat du jus, dominance des souches de levure à faible production de soufre, agiter fréquemment les dépôts de lies durant les dernières phases de fermentation alcoolique, soutirage rapide à la fin de la fermentation pour retirer les solides de grande dimension, etc.)

### 2.1.6.4. Soutirage et stockage

#### Principes

Le stockage du vin en cave et ses transferts entre cuves sont des phases critiques et souvent sous-estimées de la vinification. Tous les efforts entrepris durant les étapes antérieures peuvent être réduits à néant si le vin n'est pas soigneusement préservé avant la clarification et l'embouteillage.

L'oxygène et les températures élevées sont les principaux ennemis du vin. Les deux peuvent accélérer l'oxydation des composants aromatiques et des polyphénols ainsi que le développement de micro-organismes nuisibles, spécialement si le vin n'a pas été protégé par des agents conservateurs. L'hygiène parfaite des cuves et équipement est une condition préalable de base. Le vin ne devrait jamais être exposé à des températures plus hautes que 14°C durant une période prolongée. Si possible, l'on recommande même des températures plus basses. Il est important d'assurer le remplissage total des cuves. Éviter les éclaboussures durant les transferts aide à réduire la solubilisation d'oxygène. Ceci est atteint par l'emploi des valves de fond pour transférer le vin. L'emploi de pompes et autres équipements parfaitement étanches peut éviter l'occurrence d'effets « Venturi » qui peuvent dissoudre l'oxygène dans le vin.

Si une protection antioxydative plus sévère est requise, (p. ex. si l'on a choisi une stratégie de « vinification réductive » ou si le vin contient beaucoup de phénols que l'on n'a pas éliminés auparavant), les gaz inertes, l'azote ou l'argon, doivent être injectés dans le haut des cuves. Le CO<sub>2</sub> peut servir à remplir les tuyaux et fonds de cuves avant chaque transfert et à protéger l'interface air-vin dans la cuve d'origine.

Plus le vin est propre et frais, plus il est sujet à la solubilisation d'oxygène. En vinification biologique, la stratégie de production de vin hautement qualitatif en utilisant que peu ou pas d'intrants ne peut être réalisée que par un contrôle parfait de cette étape.

S'il n'est pas possible de gérer la température de stockage et le contact avec l'oxygène, des vins qualitatifs peuvent être obtenus en utilisant des additifs: le SO<sub>2</sub> contre les micro-organismes et l'oxydation, le lysozyme pour limiter le développement de bactéries lactiques et acides et l'acide ascorbique pour limiter l'oxydation.

Options pratiques			Documents correspondants
<p><b>Pas voulu</b></p> <p><i>Si les levures contribuent négativement au profil du vin (notes ou faux goûts indésirables), elles sont éliminées du système.</i></p> <p>S'assurer que les sucres soient totalement transformés.</p> <p>■</p> <p>Soutirer le vin 2-3 fois ou filtrer le vin (éviter le contact avec l'oxygène)</p>	<p><b>Contact sur lies</b></p> <p><i>Les lies sont laissées dans le vin, de façon à le protéger contre l'oxygène et de lui conférer des goûts désirés.</i></p> <p>Soutirer le vin en fin de fermentation pour éliminer les solides grossiers</p> <p>■</p> <p>Agiter le vin périodiquement pour remettre les lies fines en suspension.</p> <p>■</p> <p>Surveiller les acides volatiles et maliques durant le contact.</p> <p>■</p> <p>Dégustation fréquentes</p>	<p><b>Traitement au bêta-glucanase</b></p> <p><i>Une partie du vin (contenant TOUTES les lies) est traité séparément afin d'accélérer l'autolyse des levures.</i></p> <p>Concentrer les lies fines dans une part du vin. Il est conseillé d'accomplir une acidification tartrique.</p> <p>■</p> <p>Apporter des enzymes de bêta-glucanase</p> <p>■</p> <p>Surveiller l'acide volatile et déguster fréquemment durant le stockage.</p> <p>■</p> <p>Une fois le niveau d'autolyse désiré atteint (après quelques semaines), filtrer et mélanger le vin.</p>	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: enzymes bêta-glucanase	
<p><b>ReCadre réglementaire:</b> La bêta-glucanase est autorisée par la Reg. UE 834/2007 et par la plupart des standards européens privés. L'apport d'acide tartrique n'est autorisé qu'en zone C.</p>			<p><b>Fiches techniques</b></p> <p>#: beta-glucanase</p> <p>#: tartaric acid</p>

Options œnologiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p>Sans contact avec de l'oxygène</p> <p><i>A chaque étape, le vin n'est jamais au contact de l'air.</i></p> <p>Contrôle de température</p> <p>■ Garder les cuves totalement remplies et injecter des gaz inertes dans le haut des cuves</p> <p>■ Remplir les tuyaux et cuves de CO<sub>2</sub> avant tout transfert de vin.</p> <p>■ Surveiller périodiquement l'intensité de la couleur et l'acide volatil.</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p>Contact limité avec de l'oxygène</p> <p><i>Le contact du vin avec l'oxygène est limité à un minimum (ne pas appliquer sur des vins déjà clarifiés et/ou avec de fortes teneurs en phénols et sans protection antioxydative)</i></p> <p>Contrôle de température</p> <p>■ Garder les cuves totalement remplies</p> <p>■ Éviter d'éclabousser les vins les pompes perméables afin d'éviter la solubilisation d'oxygène.</p> <p>■ Surveiller périodiquement l'intensité de la couleur et l'acide volatil.</p>	<p><b>Oenologie beaucoup d'intrants</b></p> <p>Apport d'agents conservateurs</p> <p><i>S'il n'est pas possible d'éviter les contacts d'air, il faut protéger le vin par des intrants.</i></p> <p>Contrôle de température</p> <p>■ Addition de SO<sub>2</sub>, d'acide ascorbique, de lysozyme, de tannins en dosage dépendant des mesures de protection alternatives disponibles.</p> <p>■ Surveiller les teneurs en agents de conservation pendant le stockage et corriger si nécessaire.</p> <p>■ Surveiller périodiquement l'intensité de la couleur et l'acide volatil.</p>	
<b>Intrants</b>			<b>Fiches techniques</b> #: Ascorbic acid #: Lysozyme #: tannins
Nécessaire: aucun Utile: SO <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun Utile: SO <sub>2</sub>	Nécessaire: SO <sub>2</sub> Utile: acide ascorbique, lysozyme	
<b>Commentaires additionnels:</b> L'emploi de lysozyme doit être étiqueté comme composant allergénique. Son emploi augmente le besoin en bentonite pour la stabilisation des protéines.			

## 2.1.7. Clarification

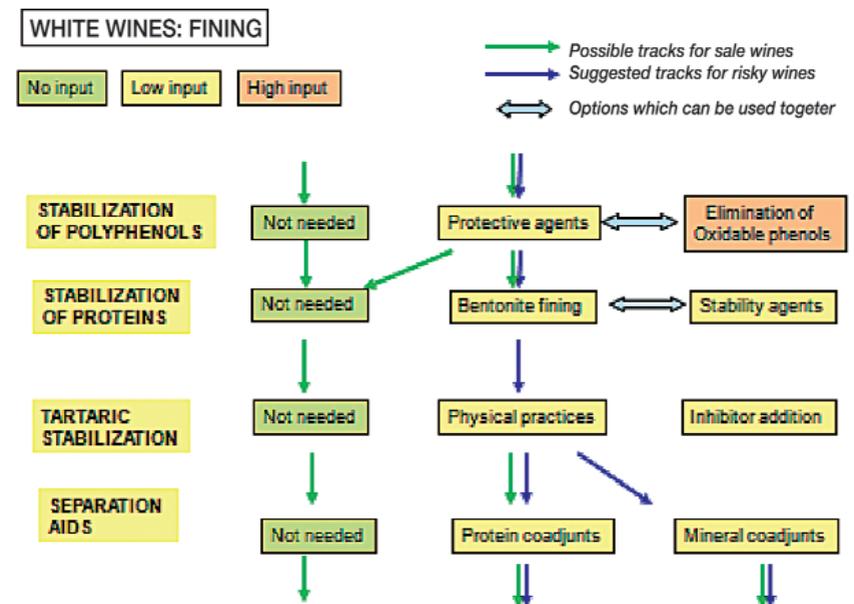


Fig. 48: Vins blancs – options de clarification

### Principes généraux

La dernière chance de traiter le vin de façon à assurer un niveau classique de commercialisation (stabilité et limpidité) est lors de la fin du stockage, juste avant l'embouteillage. Plus stricte et précise aura été la gestion des phases antérieures, plus basse sera la nécessité de traitement en fin du processus même si un affinage peut être utile.

L'œnologie conventionnelle a développé différentes méthodes pour accomplir la stabilité et de rendre plus aisé le travail du vigneron. La vinification biologique peut choisir dans cette palette les méthodes les mieux adaptées aux principes de la production biologique.

### 2.1.7.1. Stabilisation des phénols

#### Principes

A ce stade, la plupart des problèmes de stabilité des polyphénols devraient avoir été résolus bien qu'un réglage affiné du vin puisse être nécessaire. Il existe à cette étape deux moyens pour résoudre des problèmes de stabilité de phénols: éliminer les plus instables ou apporter des agents de conservation empêchant ou ralentissant les réactions oxydatives. Pour éliminer sélectivement une part des phénols, on utilise les mêmes additifs que pour traiter le jus: caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales, isinglass etc.

Les tannins oenologiques – de différentes origines et extraits par différentes méthodes – fonctionnent en agents de conservation, plus précisément en antioxydants produisant des radicaux libres sur eux-mêmes avant qu'ils ne réagissent avec les phénols du vin.

Récemment des écorces de levures riches en glutathion (une peptide riche en soufre à fortes propriétés antioxydatives, naturellement présente dans les raisins et synthétisée par les levures) ont été proposées pour cette même fonction. Ces préparations de levures semblent aussi augmenter la teneur des vins en polysaccharides avec des effets positifs sur le goût et la stabilité; à l'inverse elles peuvent cependant affecter les notes sensorielles (p. ex. conférer de notes de fromage) et même compromettre la stabilité colloïdale du vin. Des polysaccharides tels que la gomme arabique peuvent prévenir la précipitation de colloïdes dans le vin.

Options oenologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>Le vin est estimé posséder une stabilité phénologique suffisante ou le contact avec l'oxygène est totalement évité dans les étapes suivantes.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Agents protecteurs</b>  <i>Apport de tannins oenologiques est de dérivés de levures pour leurs propriétés antioxydatives. La gomme arabique prévient la précipitation de colloïdes</i>  Préparer les produits selon les indications de livreurs ■ Apporter au vin en évitant le contact avec l'oxygène.	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Elimination des phénols oxydables</b>  <i>Apport d'additifs absorbant les phénols instables et élimination par soutirage et/ou filtration.</i>  Préparer un ou une combinaison des additifs suivants: caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales, isinglass etc. ■ Apporter au vin en évitant le contact avec l'oxygène.	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: tannins et/ou écorces de levures, gomme arabique	Nécessaire: caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales, isinglass etc.	<b>Fiches techniques</b> #: casein #: Ovalbumin #: gelatine #: plant proteins #: isinglass #: arabic gum
<b>Commentaires additionnels:</b> L'emploi de caséine, P-caséine et ovalbumine doit être étiqueté comme composant allergénique.			

## 2.1.7.2. Stabilisation des protéines

### Principes

Les protéines de vin instables peuvent précipiter dans le produit final, générant un dépôt qui n'est pas accepté sur certains marchés.

La stabilité des protéines n'est pas liée à la teneur en protéines totale du vin. Certaines fractions de protéines, dont la nature est l'origine sont inconnues, sont plus sensibles à la précipitation que d'autres. La stabilité protéique d'un vin est d'habitude déterminée en chauffant le vin pour provoquer une précipitation.

La clarification à la bentonite est une pratique effective et peu coûteuse pour la stabilisation protéique de tous les vins. L'argile absorbe les protéines qui seront ensuite soutirées du vin. Malheureusement la réaction n'est pas spécifique et élimine aussi des composants favorables. La tendance générale est de réduire au possible le dosage de bentonite. Une méthode recommandée est de limiter la clarification à la bentonite au stade de pré fermentation pour les vins qui typiquement sont instables (p. ex. Sauvignon blanc).

Si le lysozyme est employé comme protection contre les bactéries d'acide lactique, un dosage plus élevé de bentonite sera nécessaire.

Le contact sur lies est une méthode naturelle effective pour la stabilisation protéique.

En alternative, pour une instabilité peu importante, l'addition de polysaccharides tels que la gomme arabique peut empêcher la précipitation colloïdale, y inclus les turbidités protéiques.

Options oenologiques			Related documents
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <b>pas nécessaire</b>  La formation de dépôts dans la bouteille est acceptée. Pas de traitement de stabilisation. Stabilisation naturelle par contact sur lies et mannoprotéines de levures  Surveiller la stabilité protéique ■ Evaluer la réaction des consommateurs et procéder à un «enseignement»	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Clarification à la bentonite</b>  <i>Les protéines instables sont éliminées par un traitement à la bentonite.</i>  Surveiller la stabilité protéique ■ Apporter de la bentonite réhydratée et laisser réagir quelques jours en maintenant les solides en suspension ■ Nettoyer le vin par soutirage et/ou filtration.	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Agents stabilisateurs</b>  <i>Apport de gomme arabique pour éviter la précipitation colloïdale.</i>  Surveiller la stabilité protéique ■ Apport de gomme arabique avant et après la filtration finale.	
<b>Inputs</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: bentonite	Nécessaire: gomme arabique	<b>Fiches techniques:</b> #: bentonite
<b>Commentaires additionnels:</b> La gomme arabique doit être de bonne qualité, produite naturellement et non pas synthétiquement. Préférer la gomme d'acacia. On peut parfois douter de la valeur écologique de la gomme arabique.			

### 2.1.7.3. Stabilisation tartrique

#### Principes

Beaucoup de vins ont une teneur en bitartrates au-dessus du point de saturation et sont alors sujets à la précipitation tartrique, s'ils sont stockés à basse température.

En général les consommateurs n'apprécient pas les dépôts sur les fonds des bouteilles et les associent à quelque chose de chimique (bien qu'il s'agisse d'un phénomène tout à fait naturel). Néanmoins quelques producteurs décident de ne pas stabiliser leur vin contre la précipitation tartrique mais plutôt d'éduquer leurs clients.

Si l'on veut réaliser un vin stable, deux méthodes sont possibles : éliminer certains ions (tartrate et potassium) du vin, ce qui nivellera les concentrations au-dessous du seuil de saturation ou l'addition de substances empêchant la formation et la croissance des cristaux tartriques. La réfrigération du vin est la pratique la plus répandue ; elle se passe d'additifs mais est gourmande en énergie. Dans les régions de basses températures, il est possible de stocker le vin à l'extérieur de la cave. L'électrodialyse élimine une part des ions excessifs et est probablement la méthode la plus écologique bien que l'équipement soit cher.

L'acide métatartrique, la gomme arabique ou – autorisés depuis peu – les mannoprotéines peuvent empêcher la formation et la croissance de cristaux. Ils sont une alternative aux traitements physiques des vins à faible instabilité et courte durée de stockage.

Options œnologiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><i>La formation de cristaux dans la bouteille est acceptée. Pas de traitement de stabilisation. Stabilisation naturelle par contact sur lies et mannoprotéines de levures</i></p> <p>Surveiller la stabilité tartrique ■</p> <p>Évaluer la réaction des consommateurs et procéder à un « enseignement »</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Traitements physiques</b></p> <p><i>Les ions excessifs sont éliminés du vin.</i></p> <p>Surveiller la stabilité du vin ■</p> <p>Appliquer la technologie la plus adéquate pour votre cave. (réfrigération, électrodialyse) ■</p> <p>Éviter le contact avec l'oxygène</p>	<p><b>Oenologie Beaucoup d'intrants</b></p> <p><b>Addition d'inhibiteurs</b></p> <p><i>Stabilisation par additifs empêchant la cristallisation.</i></p> <p>Surveiller la stabilité du vin ■</p> <p>Apporter l'additif approprié (acide métatartrique, gomme arabique, mannoprotéines) ■</p> <p>Éviter le contact avec l'oxygène</p>	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: acide métatartrique, gomme arabique, mannoprotéines	<p><b>Fiches techniques:</b></p> <p>#: Metatartaric acid,</p> <p>#: Arabic gum</p> <p>#: mannoproteins</p>

### 2.1.7.4. Auxiliaires de précipitation

#### Principes

Les turbidités résiduelles formées durant les traitements antérieurs doivent être éliminées du vin par un soutirage simple ou des méthodes physiques. Pour accélérer cette étape et pour assurer la limpidité finale du vin, l'on peut utiliser quelques additifs.

Parmi les additifs convenables pour une meilleure séparation des solides du vin il y a : bentonite, gel de silice, kaolin d'origine minérale, tannins, caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales et isinglass d'origine naturelle.

La plupart de ces produits ont des effets multiples. La bentonite par exemple absorbe les protéines instables mais crée aussi des flocons lourds qui sédimentent rapidement. Les tannins ont une fonction antioxydative mais clarifient aussi le vin. La caséine absorbe des phénols mais permet aussi – combinée à la bentonite – une clarification efficace. Ces produits sont disponibles dans le commerce comme mélanges suivant les demandes de leur application spécifique.

Certains vins peuvent requérir un traitement supplémentaire aux enzymes avant la filtration finale. C'est le cas pour les vins pressés riches en pectines ou les vins obtenus de raisins gravement infectés de botrytis et riches en glucanase.

Options œnologiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><i>La viscosité et la limpidité du vin sont satisfaisantes.</i></p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Additifs d'origine naturelle</b></p> <p><i>Apport d'additifs pour créer de plus grands solides.</i></p> <p>Préparer le produit selon les indications du fournisseur ■</p> <p>Apporter au vin et homogénéiser la masse.</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Additifs d'origine minérale</b></p> <p><i>Apport d'additifs pour créer de plus grands solides et une plus grande densité.</i></p> <p>Préparer le produit selon les indications du fournisseur ■</p> <p>Apporter au vin et homogénéiser la masse.</p>	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: tannins, caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales et isinglass, enzymes pectolytiques, bêta-glucanase	Nécessaire: bentonite, gel de silice, kaolin d'origine minérale	<p><b>Fiches techniques:</b></p> <p>#: Bentonit</p> <p>#: kaolin</p> <p>#: tannins</p> <p>#: casein</p> <p>#: ovalbumin</p> <p>#: gelatin</p> <p>#: isinglass</p> <p>#: plant protein</p> <p>#: silica gel</p> <p>#: pectolytic enzymes</p> <p>#: beta-glucanase</p>
<b>Commentaires additionnels:</b> La durée de contact et la séquence des traitements peuvent être importantes. Les caséines et gélatines d'origine animale dénaturent le produit végétal « vin ». La caséine, le caséinate de potassium, le blanc d'œufs et l'ovalbumine doivent être déclarés sur l'étiquette comme composant allergénique.			

## 2.1.8. Filtration et mise en bouteille

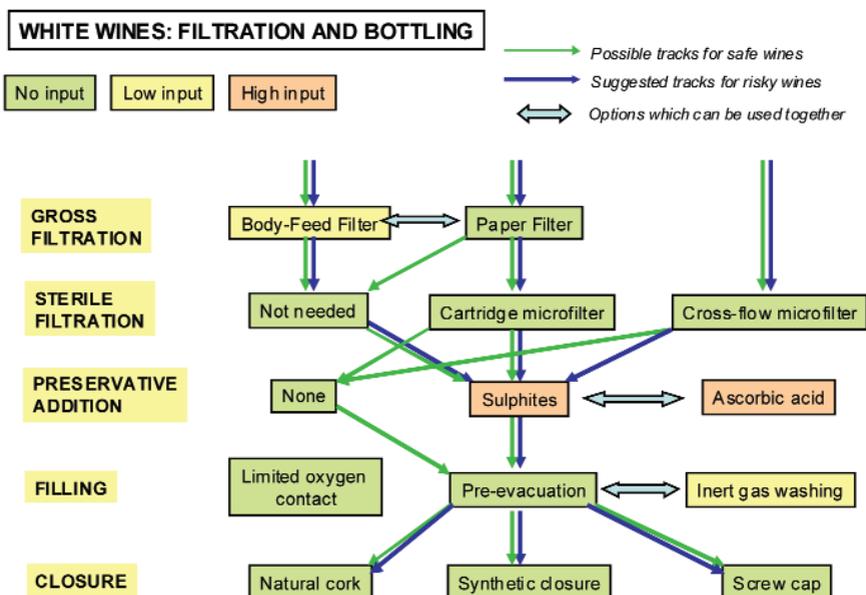


Fig. 49: Vins blancs: options de filtration et de mise en bouteille

### Principes généraux

La filtration et la mise en bouteilles sont les étapes finales du processus de vinification et requièrent la même attention que les étapes précédentes. Il est vite arrivé de solubiliser de l'oxygène dans le vin pendant ces traitements et le contact avec divers éléments d'équipement peut être une source de contamination microbienne. C'est d'importance capitale lors de la filtration et l'embouteillage des vins doux.

Un accident durant cette étape est d'autant plus problématique qu'il ne sera plus possible de résoudre le problème plus tard.

En vinification biologique, les vins finaux sont moins protégés par des additifs et moins dénués de composants potentiellement dangereux que les vins conventionnels. Pour cela, il est conseillé de prêter une attention spéciale à ces dernières étapes qui confèrent au vin une durée de garde adaptée à sa distribution et consommation.

## 2.1.8.1. Filtration

### Principes

Les consommateurs généralement apprécient des vins limpides et brillants. Cette tendance commerciale englobe la nécessité d'éliminer toutes particules visibles et tous troubles colloïdaux. Ceci est le but de la clarification et de la stabilisation des vins. Toutes les « bonnes pratiques œnologiques » sont nécessaires pour atteindre ce but: vinification, maturation, clarification, soutirage et filtration.

La filtration des moûts et des vins élimine les particules au moyen d'une surface poreuse, tandis que le soutirage et la centrifugation éliminent les particules par gravité.

Les vins ne contenant que peu d'agents conservateurs – spécialement les doux – doivent être mis en bouteille sans populations microbiennes notables. Même une quantité très basse de ces contaminants peut croître en bouteille durant la distribution et le stockage, souvent sous des conditions incontrôlées, et développer des turbidités et des faux goûts que le consommateur n'acceptera pas. C'est une croyance très répandue qu'une filtration trop serrée – comme les stériles ou les brillantes – peuvent éliminer des composants positifs tels que les macromolécules contribuant à la structure et au corps du vin. Cependant quelques résultats scientifiques mettent en doute cette croyance.

Les vins biologiques sont peut-être consommés par un segment de consommateurs moins sensible aux troubles présents dans le vin. Néanmoins, les faux goûts doivent en tout cas être évités.

Les vins biologiques arrivent à la mise en bouteille dans un état plus fragile que les conventionnels. Pour cela il faut considérer sérieusement la mise en bouteille stérile aussi bien pour les vins blancs doux que pour les blancs secs.

L'emploi de cartouches avec membranes de différente porosité a été la pratique la plus populaire durant de longues années et est toujours très répandue dans les petites caves. Récemment, la filtration tangentielle s'est largement répandue grâce à ses avantages, par exemple de pouvoir se passer d'une filtration préliminaire totale, une meilleure capacité de filtration et l'absence de déchets. Le plus grand désavantage de cette technique est le prix d'acquisition de l'équipement.

Options pratiques / type de filtres pour vin				Documents correspondants
<b>Filtre à terre</b> Utilisation de terres disponibles à différentes tailles de particules. Une filtration stérile n'est pas possible. Pour obtenir un vin limpide, il faut 2-3 filtrations	<b>Filtre à plaques ou lenticulaire</b> Une filtration de terre est possible. Différentes tailles disponibles. Une filtration stérile est possible. Pour obtenir un vin limpide, il faut 2-3 filtrations	<b>Filtre à membrane</b> Ces membranes peuvent se boucher si le vin est trop trouble. Différentes tailles disponibles. Une filtration stérile est possible. Il est conseillé de pré-filtrer, p. ex. à la terre.	<b>Filtre tangentiel</b> Le filtre ne se bouche pas. Une filtration suffit pour obtenir un vin stérile.	Note technique: Standards hygiéniques
<b>Intrants</b>				
Nécessaire: kieselgur (terres à diatomées), cellulose ou perlite	Nécessaire: kieselgur (terres à diatomées), cellulose ou perlite	Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	<b>Fiches techniques:</b> #: Diatomaceous earth #: cellulose #: perlite
<b>Cadre réglementaire:</b> Pas de recommandation générale; les matériaux/membranes au contact des aliments (classiques ou tangentiels) doivent être obtenus par synthèse organique.				
<b>Commentaires additionnels:</b> La centrifugation peut être utilisée / Certains filtres tangentiels sont minéral				



Fig. 50: Filtration tangentielle



Fig. 51: Filtre de cellulose ou kieselgur

### 2.1.8.2. Addition d'agents conservateurs

#### Principes

Il peut s'avérer nécessaire d'apporter encore des sulfites ou de l'acide ascorbique si le niveau résiduel d'agents protecteurs dans le vin est trop bas ou si la technologie choisie ne garantit pas une protection antioxydative suffisante durant la mise en bouteilles. De même, le choix des bouchons et la stabilité microbienne des vins doivent être pris en considération au cours de cette étape.

Options œnologiques			Related documents
<b>Oenologie "sans intrants"</b> <i>Les raisins sains sont protégés de l'oxydation et de la contamination microbienne.</i> Impossible sur raisins pourris ou qui ont été endommagés durant la récolte ou le transport ou avec les variétés riches en phénols	<b>Oenologie Peu d'intrants</b> <i>Autres agents de conservation</i> L'acide ascorbique (vitamine C) est un antioxydant pouvant supporter l'effet du SO <sub>2</sub> ■ Apporter avec le SO <sub>2</sub>	<b>Oenologie Beaucoup d'intrants</b> <b>Sulfites</b> <i>Eviter l'oxygénation des aromes et des phénols ; réduire le développement de bactéries et de levures.</i> <i>Dosages de 10-50 ppm, dépendant des conditions de mise en bouteille, de la durée de garde attendue et de la fermeture choisie.</i> <i>Un niveau de 30 mg/l de SO<sub>2</sub> libre est conseillé à l'embouteillage</i> De préférence apporter sur la ligne pendant les transferts	Conseil pratique: vinification réductive Note technique : Oxydation du moût et du vin Note technique : Contamination microbienne
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: Aucun	Nécessaire: acide ascorbique	Nécessaire: P-métabisulfite, SO <sub>2</sub> gazeux	<b>Fiches techniques</b> #: SO <sub>2</sub> #: P-métabisulfite #: acide ascorbique #: acide tartrique
<b>Commentaires additionnels:</b> L'emploi d'acide ascorbique n'est recommandé qu'en combinaison avec un taux approprié de SO <sub>2</sub> , sinon elle augmentera les risques d'une oxydation précoce et intensive.			

### 2.1.8.3. Mise en bouteilles

#### Principes

Le vin peut être partiellement ou totalement saturé d'oxygène après un processus de mise en bou-

taille peu soigneux. L'oxygène présent dans l'air du cou de la bouteille peut suffire à totalement consommer le SO<sub>2</sub> contenu dans le vin, spécialement lorsque l'on utilise des fermetures à vis. Les robinets des chaînes d'emballage sont les sources de contamination microbienne les plus communes, vu les difficultés rencontrées à les nettoyer. Dans le contexte de la production de vin biologique la mise en bouteille doit être effectuée avec du matériel en bon état et une machinerie moderne. Les prescriptions d'hygiène et d'emploi de détergents doivent être suivies méticuleusement.

Pour éviter la solubilisation d'oxygène dans le vin durant cette étape, différents équipements proposent des options intéressantes. Par exemple vider l'air des bouteilles en les remplissant de gaz inertes ou des systèmes aspirant l'air des bouteilles et/ou le goulot des bouteilles en y créant un vacuum partiel avant la fermeture ou une combinaison des deux principes.

Options pratiques			Documents correspondants
<b>Contact oxygène limité</b>  <i>L'exposition du vin à l'air est évitée durant les transferts du vin. Contrôle de la durée de remplissage et de la température afin de minimiser la solubilisation d'oxygène</i>	<b>Pré-évacuation</b>  <i>L'air contenu dans les bouteilles est aspiré avant le remplissage. L'air du goulot est aspiré avant la fermeture de la bouteille.</i>  Suivre les indications fournies par les producteurs de l'équipement. ■ Respecter strictement les programmes de maintenance de l'équipement	<b>Lavage au gaz inertes</b>  <i>La bouteille vide est remplie de gaz inerte afin d'évincer l'air avant le remplissage. L'air du goulot est remplacé par du gaz inerte avant la fermeture de la bouteille.</i>  Suivre les indications fournies par les producteurs de l'équipement. ■ Respecter strictement les programmes de maintenance de l'équipement	Conseil pratique: vinification réductive  Note technique: Oxydation du moût et du vin
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	Nécessaire: N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	<b>Fiches techniques:</b> #: CO <sub>2</sub> #: N <sub>2</sub>

#### 2.1.8.4. Fermeture

##### Principes

Bien que le bouchon de liège ait été la seule option pendant des siècles, d'autres possibilités ont récemment été largement utilisées et acceptées par les consommateurs.

Différents facteurs influencent la décision des producteurs pour l'une ou l'autre fermeture : les coûts, l'acceptation par les consommateurs, l'image du vin, la durée de la garde, la tradition et les réglementations d'appellation. Le critère décisif le plus important étant probablement l'OTR (ratio de transfert d'oxygène) qui mesure la perméabilité d'une fermeture et en conséquence le temps jusqu'à ce qu'un vin montre des aspects d'oxydation.

Les bouchons synthétiques sont façonnés de polymères plastiques et peuvent fortement ressembler au bouchon naturel. Les bouchons synthétiques montrent en général des valeurs OTR très constantes. Suivant les polymères et systèmes de production utilisés, ils peuvent être très perméables à l'oxygène tout en ayant un OTR très bas.

Les bouchons de liège concassé ou pulvérisé sont semblables. Le liège naturel montre une plus grande constance des valeurs OTR et en moyenne peut être plus imperméable que les bouchons synthétiques.

Les bouchons à vis ont vécu un nouvel essor après avoir servi pendant des décennies pour des produits disposant d'une très courte période de garde (shelf-life). De nouveaux matériaux de façonnage et d'équipement de mise en bouteille ont permis leur utilisation pour les vins de haute gamme. Suivant quelques experts, les fermetures à vis à gaine conductrice ont un OTR proche de zéro. Ils sont si imperméables à l'oxygène que le vin peut prendre des aspects de réduction au fil du temps.

Il est donc clair que le choix des fermetures doit être cohérent avec le reste des décisions prises au cours du processus de production d'un vin biologique. Si l'on a choisi une stratégie de protection maximale contre l'oxygène tout en réduisant les teneurs en sulfites, la fermeture doit garantir un degré de perméabilité compatible à la durée de garde commerciale requise.

Options pratiques			Related documents
<b>Bouchon en liège naturel</b>  <i>Le liège naturel est choisi pour des raisons techniques, économiques et commerciales.</i>  Contrôler le fonctionnement de la machine de bouchage. ■ Attendre quelques inconsistance entre les bouteilles au fil du temps.	<b>Bouchon synthétique</b>  <i>La fermeture synthétique peut être moins coûteuse que les bouchons de liège et offrir des performances acceptables pour les vins jeunes.</i>  Adapter la machine de bouchage à la fermeture choisie. ■ Pré-évacuation nécessaire pour certains types	<b>Fermeture à vis Bouchon de verre</b>  <i>Certains bouchons à vis assurent une imperméabilité à l'oxygène presque parfaite. Préoccupation économique dans certains pays.</i>  Besoin de machine de bouchage et de bouteilles spéciales. ■ Le goulot est beaucoup plus grand qu'avec d'autres fermetures. ■ Des procédés spécifiques sont à respecter.	Conseil pratique: vinification réductive  Note technique: Oxydation du moût et du vin
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun Utile: N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun Utile: N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	<b>Fiches techniques:</b> #: CO <sub>2</sub> #: N <sub>2</sub>



Fig. 60: Différentes fermetures (liège naturel avec et sans chape; bouchon en verre et fermeture à vis)

## 2.2. Production de vin rouge

### 2.2.1. Introduction

Il est plus simple de produire un vin rouge à peu d'intrants qu'un blanc. Les vins rouges disposent souvent d'un volume d'alcool plus élevé et leurs tannins jouent un double rôle d'agents antimicrobiens et antioxydants.

Le consommateur moderne recherche des vins rouges avec un palais lisse, une faible astringence et des arômes de fruits mûrs. Les faux goûts peuvent drastiquement réduire la compétitivité des vins sur le marché. Ces exigences des consommateurs motivent les vigneron à rechercher une bonne maturité des raisins afin d'obtenir un fruité variétal typique, une absence de notes végétales et des tannins doux. Un effet secondaire de cette tendance est l'augmentation générale du pH dans les vins rouges, qui demande plus d'attention quant à la gestion des contaminations par les micro-organismes. Dans les vins rouges, le danger principal est la contamination par des micro-organismes qui résulte dans des faux goûts dus aux bactéries et aux levures autres que les *saccharomyces* dans le jus et le vin. Les pratiques de prévention les plus répandues sont une hygiène méticuleuse, le contrôle des températures et l'utilisation de traitements et additifs antimicrobiens.

L'oxydation préoccupe moins que dans les blancs. Les tannins consomment des taux significatifs d'oxygène pour la polymérisation qui produit des pigments plus stables et des polyphénols doux. La dissolution d'oxygène amoindrit aussi les odeurs de réduction. Néanmoins, les taux d'oxygène doivent être contrôlés, car un excès peut causer une perte de couleur et d'arômes. Sur certains cépages pauvres en pigments l'oxygène peut provoquer une perte importante de couleur et de là une dépréciation du vin. De plus, l'oxygène dissous peut stimuler la croissance de bactéries acétiques et de levures autres que les *Saccharomyces* parmi lesquelles *Brettanomyces* est considérée de loin comme la plus dangereuse.

Une bonne **prévention** et un bon **contrôle** réduisent considérablement les besoins en d'additifs et auxiliaires.

L'utilisation de raisins sains est la clé pour le succès en vinification biologique. Les raisins atteints de pourriture ou d'infections bactériennes rendent impossible la production de vins à faible utilisation d'intrants de haute gamme et peuvent rendre nécessaire des interventions chimiques et/ou physiques pour atteindre un niveau de qualité acceptable.

En sus des qualités œnologiques des raisins, le choix d'un équipement et de stratégies adéquats durant la transformation des raisins est essentiel pour minimiser les risques de défauts comme l'astringence et les notes végétales ou réductives dont l'élimination ultérieure requerra encore plus de traitements.

Dans les chapitres suivants, sont décrites différentes options pour chaque phase de la vinification. On y trouvera une version sans usage d'intrants (en vert), une à faible usage d'intrants (en jaune) et une à haut usage d'intrants et technologies (en rouge). La vinification biologique tend à limiter l'utilisation d'intrants externes. Cependant, le choix de l'option proposant le moins d'intrants peut exposer le producteur à un niveau de risque inacceptable.

Une bonne connaissance de l'état de santé des raisins et leur composition ainsi qu'un contrôle sensoriel et analytique constant peuvent aider le producteur à choisir le meilleur suivi pour produire un vin de haute qualité qui en même temps sera sain pour le consommateur et respectueux de l'environnement.

## 2.2.2. La vendange

La base de tout vin biologique de haute qualité est la récolte de raisins sains, physiologiquement et techniquement mûrs. Avant tout, les raisins doivent jusqu'à la vendange être protégés des attaques par les champignons ou les insectes et de contaminations telles que la pourriture acide, l'oïdium etc. A la vendange, on ne gardera que les raisins atteignant le degré de santé et de maturité désiré. S'il y a des infections/infestations visibles, les raisins touchés sont triés à la main lors de la vendange; ceci est le moyen de tri le plus effectif.

Les variétés rouges peuvent être récoltées de jour.

Pour assurer une qualité optimale du vin, on recherche une maturité physiologique optimale du raisin qui dépendra de la variété, des conditions environnementales et du type de vin que le vigneron veut produire.

Il faut donc une parfaite connaissance de la véraison – la relation entre sucres, acides et pH du jus ainsi qu'entre la couleur, l'odeur et le goût des baies et du jus – pour permettre au producteur d'organiser la récolte en accord avec les différentes périodes de maturité.

La récolte de raisin devrait être vendangée à la main ou mécaniquement sous des conditions météorologiques favorables, en triant les raisins au vignoble ou en cave sur des tables de tri. Grâce à leur vitesse et leur manipulation simple, les vendangeuses mécaniques permettent une récolte rapide des raisins à leur optimum qualitatif et aux moments les plus favorables. Mais la vendange manuelle peut être plus sélective et donc plus qualitative. Des conditions météorologiques défavorables peuvent conduire à une perte de récolte et de qualité en très peu de temps. Sous des conditions climatiques difficiles (humides), on peut recommander la vendange mécanique sans sélection manuelle des raisins.

Dans certaines régions viticoles ou zones d'appellation et sur certains vignobles, des réflexions qualitatives interdisent la récolte mécanisée.

Le transport de la récolte est lié à la méthode de vendange (manuelle ou mécanique) et aux installations techniques en cave. Du point de vue qualitatif et de vinification, les raisins doivent arriver en cave sans délai et sans être endommagés. Si nécessaire, les raisins et moûts peuvent être protégés en utilisant du SO<sub>2</sub>, du dioxyde de carbone ou de la glace carbonique. Il faut éviter une manipulation excessive des raisins en:

- utilisant des containers, caisses etc. peu profonds;
- utilisant du matériel simple à nettoyer, de façon d'assurer une bonne hygiène;
- vidant les raisins directement dans l'érafloir, le pressoir ou le broyeur.

## 2.2.3. Traitement du raisin

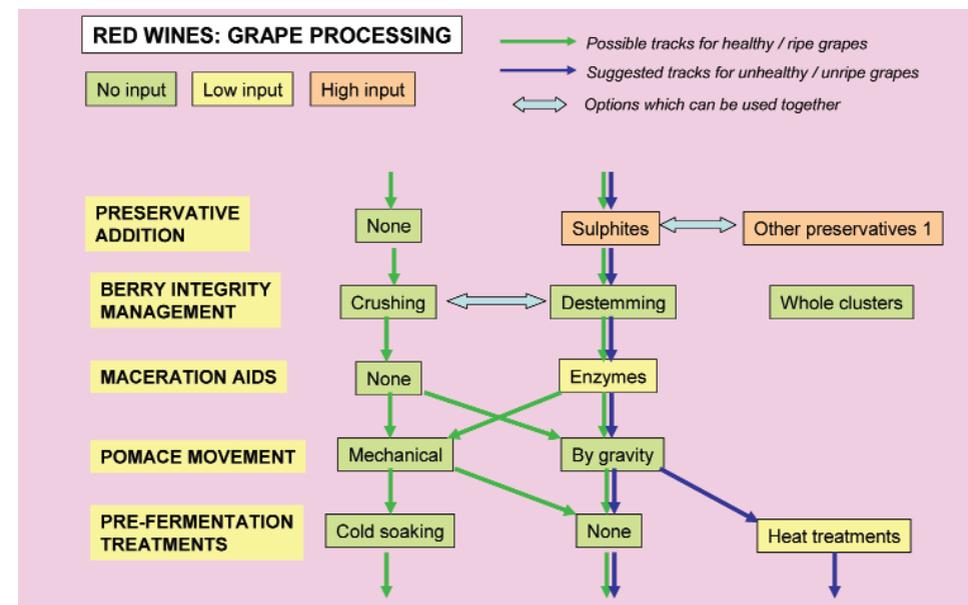


Fig. 61: Vins rouges – Options de traitement du raisin

### Principes généraux

L'état de santé des raisins, couplé à la connaissance de la typicité du cépage, définit la stratégie de traitement qui doit être choisie.

En cas de pourriture limitée et de vendange manuelle, le tri préliminaire est une pratique chère mais efficace. En cas de vendange mécanique ou d'obtention des lots par un tiers, une sélection soigneuse peut s'avérer précieuse. De nombreux moyens chimiques, sensoriels ou spectrophotométriques pour évaluer la qualité du raisin existent ou sont en développement.

Les raisins touchés de *botrytis* ou d'*oidium* ont des peaux faibles facilement détruites par des actions mécaniques. Ces peaux contiennent des enzymes oxydatives et des précurseurs de faux goûts dont il faut éviter la présence dans le vin.

Les peaux de raisins immatures ou infectés par le mildiou ou des maladies bactériennes contiennent des tannins astringents et agressifs qui peuvent être source de notes herbacées déplaisantes. Pour cela, le traitement de raisins en mauvais état sanitaire ou immature doit être effectué très précautionneusement. L'extraction doit être aussi sélective que possible afin de dissoudre les pigments et les composants désirables.

Les raisins sains et mûrs permettent une autre stratégie en extrayant des peaux autant de jus que possible afin d'améliorer la structure et la typicité variétale du vin. Selon certains producteurs, il vaut

mieux accélérer la dissolution des éléments positifs pendant les premières phases de vinification (avant l'extraction d'alcool) en utilisant des enzymes et la macération à froid. L'intégrité des raisins et leur contamination microbienne sont un autre paramètre influençant le choix de la durée et des conditions de traitement.

### 2.2.3.1. Addition d'agents conservateurs

Options œnologiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><i>Les raisins sains sont protégés de l'oxydation et de la contamination microbienne.</i></p> <p><i>Impossible sur raisins pourris ou qui ont été endommagés durant la récolte ou le transport ou avec les variétés riches en phénols</i></p>	<p><b>Oenologie Beaucoup d'intrants</b></p> <p><b>Sulfites</b></p> <p><i>Réduire le développement de bactéries et levures; limiter les dégâts d'enzyme de laccase, augmenter la vitesse d'extraction.</i></p> <p><i>Dosages de 10-40 ppm, dépendant de l'état du raisin.</i></p> <p>Soufrer les raisins dès que l'intégrité des peaux est détruite.</p> <p>■</p> <p>La forme de soufre préférée dépend du moment d'addition (poudre hors de la cave; solution ou gaz en cave)</p>	<p><b>Oenologie Beaucoup d'intrants</b></p> <p><b>Autres intrants</b></p> <p>Les tannins œnologiques limitent l'effet négatif des laccase sur les raisins pourris.</p> <p>■</p> <p><i>Apporter au moût après l'éraflage et le broyage.</i></p> <p>Le lysozyme limite la croissance de bactéries lactiques sur les raisins contaminés à pH élevé</p> <p>■</p> <p><i>Apporter au moût après l'éraflage et le broyage.</i></p>	<p>Note technique: Contamination microbienne</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: Aucun	Nécessaire: P-metabisulfite, SO <sub>2</sub> gazeux	Nécessaire: tannins, lysozyme	<p><b>Fiches techniques</b></p> <p>#: SO<sub>2</sub></p> <p>#: P-metabisulfite</p> <p>#: tannins</p> <p>#: lysozyme</p>
<p><b>Commentaires additionnels:</b> L'emploi de lysozyme doit être étiqueté comme composant allergénique. Son utilisation augmente le besoin en bentonite pour la stabilisation des protéines.</p>			

### Principes

L'utilisation d'agents conservateurs dépend de l'état de santé des raisins et du niveau technique de la cave. Les raisins sains en bon état et avec un bas potentiel d'oxydation peuvent être transformés sans addition de préservatifs. Au contraire, l'emploi de raisins endommagés (Botrytis, baies broyées, longs transports, température inappropriée) rend nécessaire une protection du jus contre l'oxydation et la contamination en y apportant des agents conservateurs. Le dosage sera proportionnel à l'endommagement des raisins.

Les étapes suivantes de la vinification définissent elles aussi les besoins en agents conservateurs. Par exemple, la flash-pasteurisation, l'hyper oxygénation et le traitement des jus peuvent occasionner un besoin réduit d'agents conservateurs.

### 2.2.3.2. Gestion de l'intégrité des baies

#### Principes

Dans les baies entières, les enzymes et les composants se trouvent dans différents organes végétaux, il n'y a pratiquement pas d'oxygène, la présence des micro-organismes est limitée à la surface des baies et ils ne se développent pas notamment.

Dès que l'intégrité des baies est perdue (attaque de pourritures, dommages mécaniques, transformation du raisin, etc.), débutent des réactions chimiques et enzymatiques, les composants ont des contacts avec l'oxygène et les microorganismes commencent à se nourrir des sucres et nutriments contenus dans le jus.

Pour la vinification des vins rouges, le laps de temps entre la récolte et le début de la fermentation est plus limité que pour les vins blancs. Pour cela, il est important de contrôler les conditions de récolte et de transport. L'exposition prolongée à de hautes températures de baies (partiellement) endommagées peut provoquer un développement significatif des micro-organismes. Le nettoyage méticuleux et fréquent des contenants utilisés durant la vendange et le transport est une règle importante souvent négligée.

Sauf pour la macération carbonique de grappes entières, les raisins sont d'habitude immédiatement broyés et/ou éraflés et livrés aux cuves de macération. Suivant le type de vin désiré et l'équipement disponible en cave, la séquence des deux opérations peut s'inverser. Quelques producteurs préfèrent éviter le broyage total et mettent en fermentation un certain pourcentage de baies éraflées entières.

L'emploi d'un équipement approprié aux transferts des solides peut éviter une macération des peaux et la libération conséquente de composants herbeux ou astringents dans le vin. Récemment se popularisent une technologie douce et l'utilisation de la gravité comme seule source d'énergie pour transférer le raisin broyé (Fig. 62).

Wine-making practices			Related documents
<p><b>Broyage</b></p> <p><i>Pressurage total des baies pour augmenter la rapidité d'extraction durant la macération.</i></p> <p>Les rafles sont de préférence retirées avant la macération sur peaux.</p> <p>Vendange manuelle ou mécanique</p> <p>■</p> <p>Transport rapide en cave</p> <p>■</p> <p>Broyeuse</p>	<p><b>Eraflage</b></p> <p><i>L'élimination des rafles et feuilles élimine une source de tannins astringents et d'arômes herbeux et minéraux.</i></p> <p>Vendange manuelle ou mécanique</p> <p>■</p> <p>Transport rapide en cave</p> <p>■</p> <p>Eggrapoir</p>	<p><b>Grappes entières (macération carbonique)</b></p> <p><i>Les grappes entières sont gardées pendant quelques jours dans des contenants fermés pour favoriser la macération carbonique.</i></p> <p>Garder les grappes pour quelques jours dans une atmosphère saturée CO<sub>2</sub>.</p> <p>■</p> <p>Presser les grappes et continuer comme pour les cépages blancs</p>	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	



Fig. 62: Vin rouge: cuves de fermentation surélevées pour pouvoir remplir la presse sans pomper.

### 2.2.3.3. Auxiliaires et additifs de macération

#### Principes

Pour la production de certains types de vin il est intéressant d'exploiter les avantages des enzymes pectolytiques contenant beaucoup de cellulase, hémicellulase, lipase et protéase. Cette technique permet d'accélérer la libération de couleurs et tannins des peaux la durée de macération requise à l'extraction de composants désirés. Ces enzymes sont généralement utilisés pour rehausser l'intensité de la couleur dans les vins jeunes bien structurés afin d'obtenir un profil tannique moins prononcé. L'activité enzymatique dépend de la température. Si l'on a l'intention de pratiquer une pré-fermentation à froid, leur action sera plus lente et un traitement thermique pourra les désactiver.

Le dioxyde de soufre dissout les pigments de la peau dans la phase liquide et sa présence pendant la macération et parfois désirée si l'on transforme des raisins contenant peu de couleur. L'alcool et la température jouent un rôle synergique avec le SO<sub>2</sub>.

Options œnologiques		Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><i>Les caractéristiques des raisins et le type de vin voulu ne requièrent pas de macération.</i></p> <p>Raisins éraflés et/ou broyés. ■</p> <p>Contrôle de température ■</p> <p>A la cuve de macération ■</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Enzymes de macération</b></p> <p><i>Addition d'enzymes spéciales pour accélérer et modifier les propriétés d'extraction.</i></p> <p>Raisins éraflés et/ou broyés. ■</p> <p>Addition d'enzymes (0,5– 3g/hl) ■</p> <p>Contrôle de température ■</p> <p>A la cuve de macération ■</p>	
<b>Intrants</b>		<b>Fiche technique:</b> #: pectolytic enzymes
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	

#### 2.2.3.4. Transfert des marcs

##### Principes

La plupart des raisins n'atteignent pas une maturité totale des peaux et ils sont transformés alors qu'une partie du lot peut être source d'arômes herbacés ou de tannins astringents.

La blessure mécanique de la peau expose à l'extraction une plus grande part de tissus végétaux et peut augmenter significativement le risque de défauts dans le vin final. L'intégrité des pépins doit être respectée pour la même raison.

Outre les précautions à prendre durant l'éraflage et le broyage, le transfert des marcs en cave doit être accompli avec un minimum de friction entre les solides du raisin entre eux et l'équipement. Le type de pompe joue un rôle prédominant. Les pompes centrifuges doivent être évitées pour le transfert de masses peu solides puisqu'elles peuvent broyer peaux et pépins en de petits fragments aisément extractibles. Les pompes à piston sont toujours populaires, mais il existe aussi des pompes hélicoïdales et péristaltiques de différents types et matériaux qui réduisent l'impact mécanique. Pour limiter les dégâts infligés aux marcs, quelques producteurs choisissent des systèmes par gravité pour les transferts de marcs. Après le broyage ceux-ci sont, déchargés dans des cuves situées au-dessus des cuves à macération.

Options pratiques	
<p><b>Mécanique</b></p> <p><i>Les raisins broyés sont transférés dans des cuves de macération par des pompes. Le choix de la pompe affecte le taux de blessures infligées aux raisins.</i></p>	<p><b>Gravité</b></p> <p><i>Les raisins broyés sont transférés dans des cuves qui seront déchargées, par gravitation dans les cuves à macération. Ainsi, les raisins sont transférés sans blessure des peaux et des grappes.</i></p>
<b>Intrants</b>	
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun



Fig. 63: Pompe à moût transférant le moût fermenté à la presse.

### 2.2.3.5. Traitements de pré-fermentation

Options pratiques			Documents correspondants
<p><b>Macération à froid</b></p> <p><i>Les raisins broyés sont refroidis et laissés à tremper avant la fermentation alcoolique afin d'obtenir des arômes plus complexes et d'améliorer la couleur pour certains cépages.</i></p> <p><i>Seulement avec des raisins mûrs et sains.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Raisins éraflés et broyés</li> <li>■ Refroidissement. A la cuve de macération</li> <li>■ Stockage à 6-10°C pour 1-5 jours</li> <li>■ Hausser la température et départ de la fermentation.</li> </ul>	<p><b>Pratique minimale</b></p> <p><i>Les raisins broyés sont envoyés directement à la cuve de macération avec pas ou peu d'ajustement de température.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Raisins éraflés et broyés</li> <li>■ Refroidissement si nécessaire</li> <li>■ A la cuve de macération et départ immédiat de la fermentation.</li> </ul>	<p><b>Traitements à la chaleur</b></p> <p><i>Les raisins sont chauffés à haute température pour de courtes durées pour augmenter l'extraction et réduire la contamination microbienne.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Raisins éraflés et broyés</li> <li>■ Chauffer à température élevée pour courte durée (p. ex. 70°- 75 °C pour 2 minutes)</li> <li>■ Haute pression et détente soudaine (optionnel)</li> <li>■ A la cuve de macération (optionnel)</li> </ul>	
<b>Intrants</b>			<b>Fiches techniques:</b> #: enzymes #: tannins
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun Utiles: enzymes, tannins	
<p><b>Commentaires additionnels:</b> Le réchauffement à des températures élevées pour une courte durée est un système très gourmand en énergie.</p>			

#### Principes

Certains cépages profitent de pratiques visant à intensifier l'extraction de composés pelliculaires avant la fermentation alcoolique.

La macération à froid est pratiquée avec ou sans ajout d'enzymes sur des raisins en bon état sanitaire et sans contamination microbienne. Ceci permet d'accroître la dissolution de composants dans la phase aqueuse et de générer des arômes plus complexes et fruités dans le vin. En certains cas, le marc est protégé avec du CO<sub>2</sub> afin de préserver un maximum d'anthocyanines et d'arômes variétaux typiques.

La gestion de raisins immatures ou infectés de pourritures peut être améliorée en chauffant les marcs à des températures et durées suffisantes pour désactiver les enzymes oxydatives et pour extraire les arômes sans changer le profil aromatique du vin. Cependant, la thermo-extraction des couleurs sur variétés rouges, évitant l'étape de macération, peut engendrer des difficultés de stabilité et de clarification. L'apport d'enzymes pectolytiques et une courte macération afin de stabiliser les tannins sont des compléments utiles aux thermo-extractions. En certains cas, la chaleur est couplée avec une forte pression appliquée sur le marc et suivie d'une détente soudaine. Ceci peut fissurer la structure des peaux et permettre une extraction plus rapide durant la macération ultérieure (p. ex. flash-détente). Les technologies de calorification peuvent aussi provoquer une diminution partielle des populations microbiennes.



Fig. 64: Equipement technique pour macération à froid avec neige carbonique. Production de neige carbonique.



Fig. 65: Equipement technique pour échauffer et refroidir (Echangeur de température tubulaire).

## 2.2.4. Fermentation

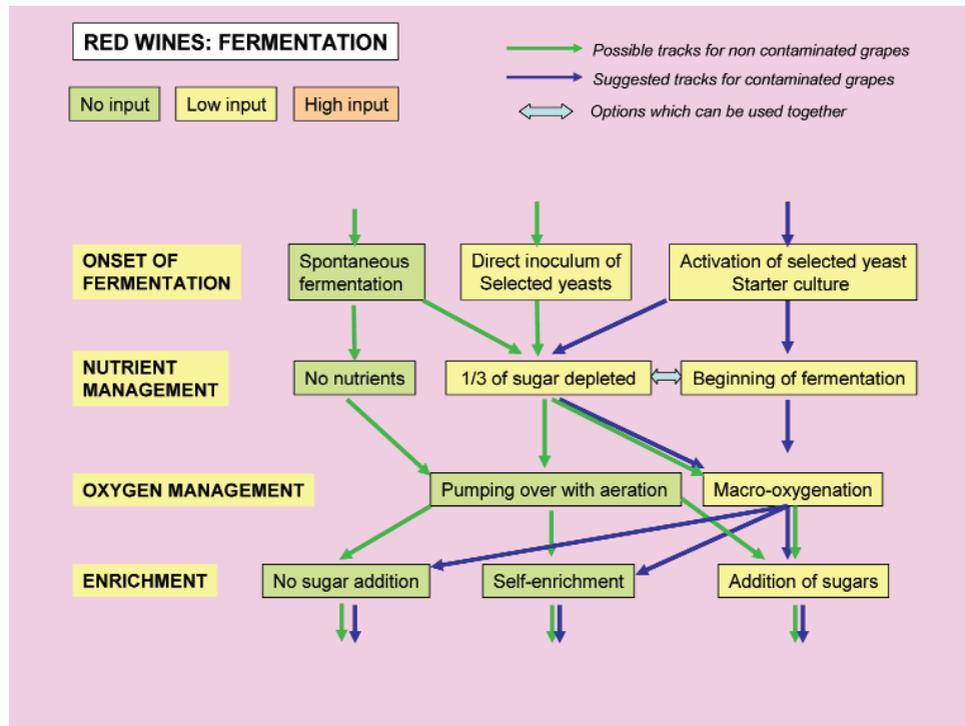


Fig. 66: Vins rouges – options de fermentation

### Principes généraux

Une bonne gestion de la fermentation alcoolique représente un outil puissant limitant l'emploi d'additifs et d'auxiliaires durant la transformation. Au cours de la fermentation alcoolique, le vin est parfaitement protégé contre l'oxydation et la contamination. Les levures consomment rapidement tout l'oxygène présent. La protection contre l'oxygène se maintient même après la transformation totale des sucres, tant que les lies sont présentes dans le système.

En viticulture biologique, il est important de lancer la fermentation rapidement et d'assurer que le processus est d'emblée dominé par des souches de levures qualitatives (tout en évitant les souches produisant beaucoup de SO<sub>2</sub> ou H<sub>2</sub>S). Il est aussi nécessaire d'assurer une bonne alimentation et un bon développement des levures afin de pouvoir employer des lies sans qu'il ne se forme de faux goûts et pour éviter que les fermentations se bloquent ou ne se déroulent trop lentement.

L'emploi de levures sélectionnées pour la gestion de la fermentation peut aisément être contrebalancé par un besoin en additifs beaucoup moins important aux étapes ultérieures de la vinification.

### 2.2.4.1. Lancer la fermentation

#### Principes:

La fermentation alcoolique est un pas important durant la vinification. La transformation totale du sucre – sans intervention de microorganismes indésirables et sans aberrations métaboliques – est la base pour la production de vin de qualité.

En vinification biologique, la fermentation des levures peut prendre une position clé. En favorisant un développement sain et rapide des bonnes levures, l'on peut réduire drastiquement les risques d'oxydation et de contamination microbienne tout en réduisant les interventions et les taux d'additifs. La dominance précoce de souches de levures aux caractéristiques désirées contrôle la compétition pour les nutriments et le développement d'autres contaminants. Le dioxyde de carbone produit par les levures prévient un intrusion d'oxygène au système et ralentit les réactions oxydatives et enzymatiques.

De plus une population de levures saine et adéquate offre différentes possibilités de pratiques « sur lies » à la fin de la fermentation alcoolique qui prendra une influence positive sur la qualité du vin et comporte des avantages indirects en termes de protection de l'oxygène.

Le facteur principal définissant la stratégie de fermentation est la gestion de la contamination microbienne sur le jus qui peut être très basse ou très haute. Une haute contamination (population totale > 10E5 UFC/ml) provient de raisins pourris ou de raisins ayant été endommagés durant la vendange et le transport ou de raisins et jus qui ont été trop longtemps sans protection antimicrobienne, qui ont souffert d'un mauvais suivi de la température ou qui ont été contaminés par l'équipement de cave dû à une mauvaise hygiène.

Une faible contamination de jus (population totale < 10E5 UFC/ml) peut être atteinte en transformant des raisins sains, en accélérant toutes les étapes de gain de jus et par un contrôle attentif des températures à chaque étape de production.

Les jus contaminés traités par des méthodes physiques (flash-détente, thermovinification etc.) n'auront qu'une faible population microbienne en début de fermentation. Cependant, ces jus auront perdu une grande partie de leurs composants naturels (p.ex. azote assimilable et micronutriments) ce qui rendra nécessaire d'être plus attentif au processus de fermentation.

Le choix d'une souche de levure connue pour dominer la fermentation peut être d'importance majeure : certaines souches peuvent produire jusqu'à 100 mg/l de SO<sub>2</sub> ou plus, rendant ainsi superflue toute mesure de réduire les intrants durant la vinification. Certaines souches peuvent produire de hauts taux d'acidité volatile et/ou de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) pouvant compromettre la qualité finale du vin.

Des centaines de souches de levures de vin sont actuellement disponibles en commerce sous forme sèche<sup>7</sup>. Après réhydratation et ensemencement ces produits favorisent un départ rapide de la fermentation et assurent la dominance d'une souche avec de bonnes qualités. L'activation de la

<sup>7</sup> La description des levures est disponible sur le site internet de IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin (ENTAV-ITV France) [www.vignevin.com](http://www.vignevin.com) in "OUTILS EN LIGNE"

culture – inoculation de la charge totale de levures à une partie du jus 24h à l’avance – permet un départ de fermentation encore plus rapide et assure la dominance de la souche voulue sur les microflores indigènes inconnues.

Ceux qui ne veulent pas employer des souches de levures commerciales peuvent appliquer les fermentations spontanées; comme les propriétés de la souche dominante ne sont pas connues, les résultats de cette pratique sont incertains. Si les teneurs en levures indigènes dans le moût sont faibles, la fermentation démarrera plus lentement. Pour partiellement éviter ces problèmes, quelques vigneron favorisent la fermentation spontanée sur plusieurs petits volumes de jus provenant de différents vignobles puis choisissent comme pied de cuve la meilleure (d’un point de vue sensoriel et analytique). Les technologies modernes rendent peu coûteuses la sélection de souches particulières à une cave. Ces cultures pures peuvent ensuite être utilisées à la place des préparations commerciales.

Options pratiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie “sans intrants”</b></p> <p><b>Fermentation spontanée</b></p> <p><i>(Seulement pour moûts à contamination minimale)</i></p> <p>Laisser se développer les levures naturelles dans le jus afin qu’elles dominent la fermentation.</p> <p>Contrôle de température</p> <p>■</p> <p>Surveiller l’acidité volatile et le développement de faux goûts.</p>	<p><b>Oenologie Peu d’intrants</b></p> <p><b>Inoculation directe de levures sélectionnées</b></p> <p><i>Ensemencer le jus d’une population importante de levures sélectionnées commerciales.</i></p> <p>Réhydrater les levures en dosage adéquat (15-25 g/hl)</p> <p>■</p> <p>(phase d’acclimatation à la température si le jus ensemencé est au-dessous 15°C)</p> <p>■</p> <p>Inoculer la suspension de levures réhydratées au jus.</p> <p>■</p> <p>Contrôle de température</p>	<p><b>Oenologie Peu d’intrants</b></p> <p><b>Activation de pieds de cuve de levures sélectionnées</b></p> <p><i>Activer les levures séparément et 24h à l’avance dans une partie du jus afin d’accélérer le départ de la fermentation dans le lot principal et d’assurer la dominance des microorganismes désirés.</i></p> <p>Préparer 12-24 heures à l’avance une part de jus équivalente à 5-10% du volume total</p> <p>■</p> <p>Réhydrater les levures et ensemencer cette part du lot (200-400 g/hl de levures sèches)</p> <p>■</p> <p>Après 12-24 heures employer la part en fermentation pour ensemencer le volume total.</p> <p>■</p> <p>Contrôle de température</p>	<p>Conseil pratique: activation des cultures de levures</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: levures sélectionnées	Nécessaire: levures sélectionnées	<b>Fiches techniques :</b> #: selected yeasts
<b>Cadre réglementaire:</b> L’emploi de levures sélectionnées est autorisé par la plupart des règlements.			

## 2.2.4.2. Gestion de l’azote

Options oenologiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie “sans intrants”</b></p> <p><b>Pas d’addition de nutriments</b></p> <p><i>Si suffisantes, les levures se développent sur les réserves naturelles de YAN contenus dans le jus.</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>■</p> <p>Contrôler l’activité de fermentation, l’acidité volatile et la production de composants de soufre</p>	<p><b>Oenologie Peu d’intrants</b></p> <p><b>Addition en début de fermentation</b></p> <p><i>Dans les jus contenant très peu de YAN, l’azote est apporté afin de garantir une croissance suffisante des populations de levures</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>■</p> <p>Apporter nutriments azotés</p> <p>■</p> <p>Contrôler l’activité de fermentation, l’acidité volatile et la production de composants de soufre</p>	<p><b>Oenologie Peu d’intrants</b></p> <p><b>Addition à 1/3 – 1/2 des sucres transformés</b></p> <p><i>L’azote disponible à ce stade est employé par les levures pour produire des enzymes qui maintiendront leur activité jusqu’à la fin de la fermentation.</i></p> <p>Contrôler la disponibilité de YAN dans le jus</p> <p>■</p> <p>Suivre la transformation des sucres</p> <p>■</p> <p>Apporter thiamine et nutriments azotés</p> <p>■</p> <p>Contrôler l’activité de fermentation, l’acidité volatile et la production de composants de soufre</p>	<p>Note technique: Alimentation des levures en azote</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: sels d’ammonium Utile: thiamine, écorces de levures	Nécessaire: sels d’ammonium Utile: thiamine, écorces de levures	<b>Fiches techniques:</b> #:Di-ammonium phosphate #: thiamine #: yeast ghosts
<b>Cadre Réglementaire:</b> Les phosphates d’ammonium sont admis dans la plupart des standards européens privés.			

### Principes

Les jus de raisins biologiques peuvent contenir moins de YAN (azote assimilable par les levures) comparés à ceux provenant de la viticulture conventionnelle (cf. chapitres travail du sol et HACCP). De plus, un emploi modéré d’agents conservateurs tels que le SO<sub>2</sub> en phase de pré-fermentation peut provoquer une plus importante contamination microbienne des jus qui réduira les taux d’azote disponibles pour *Saccharomyces cerevisiae*.

En règle générale, les levures ont besoin de plus de 200-300 mg/l de YAN pour achever la fermentation; les besoins en azote augmentent avec le teneur en sucre des jus. A part la quantité, le timing

est aussi important. Les levures nécessitent un minimum de YAN en début de fermentation afin de se développer un nombre adéquat; ensuite elles auront encore besoin de YAN à la fin de période de croissance exponentielle afin de renforcer les cellules qui seront actives jusqu'à la fin de la fermentation.

L'addition de nutriments azotés en début de fermentation n'est recommandé que pour les jus à faible YAN (<150 mg/l). Dans la plupart des cas, une alimentation avec des nutriments azotés est recommandable dès qu'un tiers ou la moitié des sucres a été transformé. Des apports ultérieurs sont superflus ou même dangereux. L'apport de 30 g/hl de sels d'ammonium élève le YAN de 60 mg/l.

L'apport de sels d'ammonium est une part importante de la stratégie de réduction du SO<sub>2</sub> en vinification biologique et est aussi nécessaire pour éviter que les fermentations ne se bloquent.

Options pratiques		Documents correspondants
<p><b>Pomper avec aération</b></p> <p><i>L'oxygène est dissous dans les jus en fermentation en les pompant par un système ouvert.</i></p> <p>Contrôler l'acidité volatile</p> <p>■</p> <p>Pomper sous aération un volume de jus correspondant au double du volume des contenants.</p> <p>■</p> <p>Répéter selon les besoins du vin.</p> <p>■</p> <p>Contrôler l'acidité volatile, les odeurs sulfuriques et l'activité de la fermentation</p>	<p><b>Macro-oxygénation</b></p> <p><i>L'oxygène est apporté en perlant de l'oxygène pur ou de l'air dans la cuve.</i></p> <p>Contrôler l'acidité volatile</p> <p>■</p> <p>Arroser d'une quantité définie d'oxygène pur ou d'air.</p> <p>■</p> <p>Quantifier l'apport d'oxygène suite aux besoins du vin.</p> <p>■</p> <p>Contrôler l'acidité volatile, les odeurs sulfuriques et l'activité de la fermentation</p>	<p>Note technique: Besoins des levures en oxygène</p>
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun utile: oxygène pure	
<b>Cadre réglementaire:</b> Pas de restriction d'emploi de ces pratiques		
<b>Commentaire additionnel:</b> Les techniques de micro- et macro-oxygénation requièrent de fréquentes dégustations du vin afin que le composant sensibles ne s'oxydent exagérément.		

### 2.2.4.3. Gestion de l'oxygène

#### Principes

L'oxygène est essentiel pour l'activité et la croissance des levures. Ce n'est qu'en présence d'oxygène que les levures peuvent produire des stérols et des acides gras non saturés nécessaires pour fournir la fluidité requise des membranes cellulaires, la tolérance à l'éthanol et en conséquence une bonne activité cellulaire au cours de la fermentation. Normalement, la 1<sup>ère</sup> génération de levures dispose d'oxygène dissous dans le jus mais l'activité enzymatique et levurienne épuise rapidement cette réserve. Pour cela, les dernières générations de levures, qui doivent compléter la fermentation alcoolique, peuvent manquer d'oxygène.

Un apport d'oxygène à la fin de la croissance exponentielle des populations de levures (1/2 des sucres réduits) peut rétablir la fonctionnalité des membranes cellulaires. A ce stade, vu la consommation rapide par les importantes populations de levures, l'oxygène apporté n'est pas disponible à l'oxydation de composants du vin.

Pour certains cépages rouges à haute teneur en pigments devant être stabilisés l'apport d'oxygène doit être supérieur aux besoins des levures (8-10 mg/l). En ces cas, un pompage répété avec une alimentation en air ou en oxygène pur peut s'avérer bénéfique.

### 2.2.4.4. Enrichissement

#### Principes

L'addition de sucres sous forme de saccharose de canne ou de betterave, de moût de raisin concentré ou concentré-rectifié à ceux contenus naturellement dans le raisin aura pour conséquence une augmentation du contenu final d'alcool dans le vin. Cette pratique est autorisée en UE avec certaines restrictions.

#### Notes importantes

**En accord avec le règlement CE 479/2008, le degré alcoolique peut être haussé d'un maximum de 3% en zone A, 2% en zone B et 1,5% en zone C.**

**Le même règlement impose des limites au niveau maximal de degrés d'alcool (pas plus de 2%) et pour les réductions de volume en cas d'auto enrichissement (osmose inverse, réchauffement sous vacuum, cryo-concentration).**

**L'apport de sucre de canne et de betterave est autorisé dans les zones A, B et partiellement C. Les autres régions peuvent utiliser du moût concentré ou concentré-rectifié.**

En vinification biologique, les sucres et moûts concentrés et rectifiés sont obligatoirement d'origine biologique, si disponibles sinon ils sont sujets à une dispense exceptionnelle pour l'emploi de produits conventionnels.

L'auto enrichissement est une technique alternative. Il se fait par différentes techniques. Par exemple, l'osmose inverse qui soutire de l'eau au vin, le réchauffement sous vacuum qui permet d'évaporer de l'eau ou la cryo-concentration qui gèle une partie de l'eau pour la supprimer sous cette forme. Bien que ces procédés techniques soient principalement de nature physique et sans dangers pour le producteur, le consommateur ou l'environnement, le secteur biologique tend à préférer une meilleure gestion du vignoble et de la récolte, visant à obtenir des raisins avec une haute

teneur naturelle de sucres. L'enrichissement est considéré comme une méthode modifiant la composition naturelle des jus.

Options œnologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <b>Pas d'enrichissement</b>  <i>Une teneur équilibrée en raisins de sucres, acides, aromes peut être obtenue par une gestion adéquate du vignoble.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Auto enrichissement</b>  <i>Le degré alcoolique voulu est atteint par des procédés physiques (osmose inverse, évaporation, cryo-concentration)</i>  Déterminer précisément le potentiel alcoolique ■ Traiter une part du jus tirée de la cuve de macération. ■ Réintégrer la part traitée au lot entier.	<b>Oenologie beaucoup d'intrants</b>  <b>Addition de sucres</b>  <i>Addition de sucre sec ou de moût concentré (-rectifié)</i>  Déterminer précisément le potentiel alcoolique et la disponibilité d'azote pour toute la fermentation ■ Apporter la solution de sucre, de préférence avant la fin de la fermentation alcoolique ■ Contrôler l'activité et l'acidité volatile jusqu'à la transformation totale des sucres.	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: sucre Utile: sels d'ammonium	
<b>Cadre réglementaire:</b> Reg. UE 479/2008 - annexe V – définit précisément les règles pour l'enrichissement. Les lois de vinification nationales de certains pays membre n'autorisent pas la cryo-concentration.			
<b>Commentaires additionnels:</b> Le sucre de canne ou de betterave est considéré comme intensif puisque le matériau ne provient pas du raisin lui-même. La production de moût concentré et concentré-rectifié demande beaucoup d'énergie et l'emploi de résines échangeuses d'ions. Les techniques d'auto enrichissement demandent aussi beaucoup d'énergie. En vinification biologique, les sucres et moûts concentrés et rectifiés sont obligatoirement d'origine biologique, si disponibles sinon ils sont sujets à une dispense exceptionnelle pour l'emploi de produits conventionnels.			

## 2.2.5. Maceration

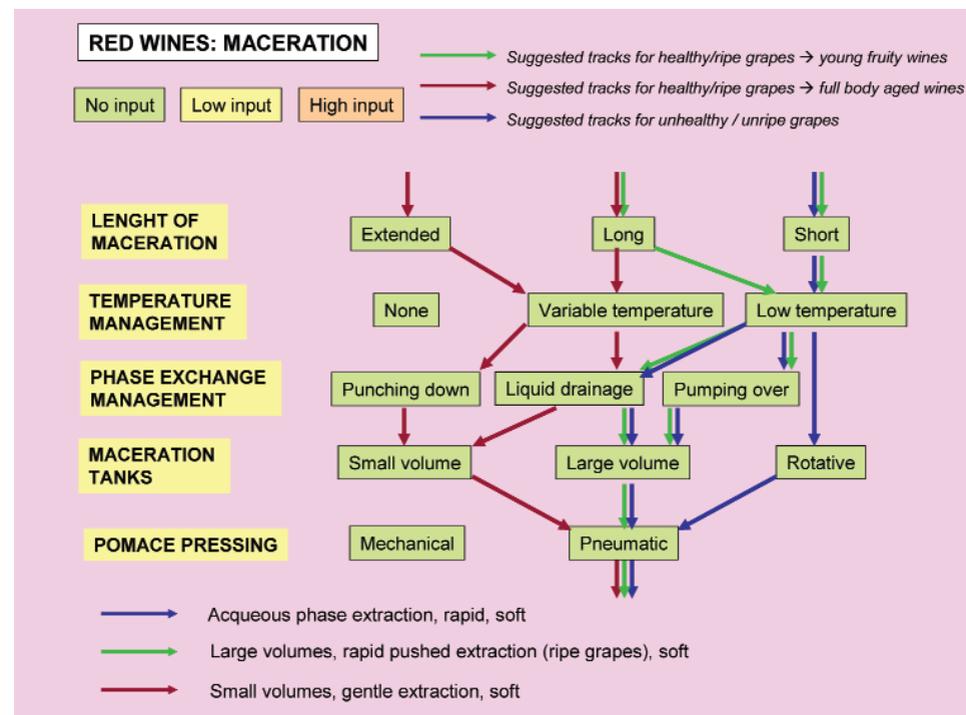


Fig. 67: Vins rouges – options de macération

### Principes généraux

Sur les vins rouges, la macération est utilisée pour extraire des peaux des couleurs et des structures. Quelle que soit la stratégie de macération choisie, les taux de composants pelliculaires dissous dans le vin ne représenteront qu'une fraction du potentiel total.

Le but principal de la macération est d'être aussi sélectif que possible. Cependant, en sus des composants positifs (anthocyanines, polysaccharides, aromes, minéraux), les peaux immatures peuvent libérer des tannins âpres, des notes herbacées et une acidité anormale ; les raisins pourris peuvent être source d'enzymes oxydatives, de glucanes et d'aromes déplaisants.

Pour cela, la stratégie de macération dépend des propriétés spécifiques d'un cépage et des raisins à transformer, propriétés qui devraient être caractérisées en détail par une analyse chimique et sensorielle.

Si l'on transforme des raisins immatures ou atteints de pourriture, il faut viser à dissoudre le moins possible de composants indésirables tout en conférant au vin une bonne couleur et structure. Cela se réalise A) en augmentation la solubilisation pendant la phase aqueuse par l'emploi d'enzymes,

B) limitant les interventions mécaniques de façon à limiter les blessures des peaux et/ou la formation de lies et C) en évitant le contact à l'oxygène afin de préserver les petites quantités de couleurs et d'arômes variétaux typiques.

Les raisins mûrs offrent plus d'options. Si l'on désire un vin de garde charnu la macération peut être plus intense et sa durée peut être étendue après l'achèvement de la fermentation alcoolique. En alternative, si l'on désire un jeune vin fruité et gouleyant, la stratégie de macération se rapprochera plutôt de celle utilisée pour les raisins immatures ou pourris.

### 2.2.5.1. Durée de la macération

#### Principes

La durée du processus de macération est l'un des principaux facteurs définissant le résultat final, non seulement quant à leur quantité mais aussi quant à leur qualité.

Les premiers 1-3 jours de macération, avant le départ de la fermentation, le marc est trempé dans une solution aqueuse durant laquelle sont libérés des composants petits et chargés (anthocyanines, acides, minéraux, molécules aromatiques). Les tannins non liés aux structures cellulaires seront libérés plus rapidement.

Durant la seconde phase, en pleine fermentation, la concentration d'alcool augmente et les molécules apolaires et plus complexes sont dissoutes. La plupart des tannins, arômes et polysaccharides passent en solution à ce stade.

Une macération étendue signifie laisser tremper le marc dans le vin après la fin de l'activité levurienne, normalement après avoir rempli totalement la cuve afin d'éviter le développement de bactéries acétiques et en transférant régulièrement le système. Cela peut ne prendre que quelques semaines mais il n'est pas inhabituel que cela prenne des mois. Pendant cette phase, l'extraction est presque au maximum et le développement est principalement dû à des réactions chimiques. Les pigments et polysaccharides se combinent pour former des molécules plus stables et désirables. Cependant, cette pratique ne s'applique pas avec des raisins immatures.

Options pratiques			Documents correspondants
<p><b>Etendue</b></p> <p><i>Le marc est laissé à tremper dans le vin pour plusieurs semaines après la fin de la fermentation</i></p> <p>Lorsque les sucres sont asséchés remplir les cuves de vin ou de gaz inerte.</p> <p>■</p> <p>Immerger régulièrement les marcs et oxygéner s'il y a besoin. Fréquemment surveiller l'évolution par analyses chimiques et sensorielles (paramètres critiques: acidité volatile, notes végétales ou réduites, astringence)</p> <p>■</p> <p>Drainer et presser</p>	<p><b>Longue</b></p> <p><i>Le temps de macération (7-15 jours) est similaire à la durée de la fermentation alcoolique (jusqu'à obtention de l'extraction désirée).</i></p> <p>Suivre l'extraction des peaux par analyses chimiques et sensorielles (paramètres critiques: couleur, notes végétales ou réduites, astringence)</p> <p>■</p> <p>Drainer presser le marc lorsque le degré d'extraction voulu est atteint.</p>	<p><b>Courte</b></p> <p><i>L'extraction est limitée à la phase aqueuse (1-4 jours) pour éviter les faux goûts dans le vin</i></p> <p>Suivre l'extraction des peaux par analyses chimiques et sensorielles (paramètres critiques: couleur, notes végétales ou réduites, astringence)</p> <p>■</p> <p>Drainer presser le marc lorsque le degré d'extraction voulu est atteint.</p>	<p>Note technique: Oxydation du moût et du vin.</p>
<b>Intrants</b>			<b>Fiches techniques:</b>
Nécessaire: aucun Utiles: enzymes, O <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun Utiles: enzymes, O <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun Utiles: enzymes	#: enzymes #: O <sub>2</sub>

### 2.2.5.2. Gestion de la température

#### Principes

Plus la température sera élevée, plus rapide sera la solubilisation de composants pelliculaires et plus intensive sera la fermentation des levures ainsi que les réactions oxydatives chimiques et enzymatiques et le stress alcoolique des levures.

On préférera des températures basses (20-25 °C) s'il s'agit de préserver la typicité aromatique variétale ou si la stabilisation de la coloration est de moindre importance ou si le potentiel alcoolique est assez haut pour qu'il y ait risque de blocage ou fort ralentissement de la fermentation.

Les températures élevées (25-30 °C) tendent à augmenter la combinaison et la stabilisation de pigments et d'en accélérer l'extraction. Si la température est trop élevée, elle peut déclencher la dégradation des anthocyanines et une perte de couleur.

Cependant, il est recommandé de ne pas dépasser 30°C, spécialement vers la fin de la fermentation quand l'alcool formé peut être néfaste pour l'activité et la survie des levures.

Options pratiques		
<p><b>Sans ajustage</b></p> <p><i>Pas d'ajustage de température requis.</i></p> <p><i>La température de la cuve augmente en conséquence de la fermentation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Éviter l'apport d'azote en début de fermentation sauf s'il en manque significativement</li> <li>■ Fréquemment surveiller la température et l'activité fermentative (paramètres critiques: acidité volatile, sucres)</li> </ul>	<p><b>Température variable</b></p> <p><i>La température est ajustée durant la macération pour favoriser la stabilisation des couleurs sur les variétés peu colorantes.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Contrôle de la température pendant la fermentation</li> <li>■ Fermer la cuve de macération après l'achèvement de la fermentation alcoolique.</li> <li>■ Augmenter la température (1 °C par jour jusque 30-32 °C)</li> </ul>	<p><b>Température basse</b></p> <p><i>Favoriser l'extraction lente des couleurs et arômes ; limiter l'oxydation des composants extraits.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Maintenir la température à 20-25°C</li> <li>■ Contrôle régulier de la couleur, des arômes et de l'activité fermentative</li> <li>■ Elever la température de 1-2 °C si l'activité levurienne est trop basse ou en fin de fermentation</li> </ul>
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun

### 2.2.5.3. Gestion du changement de phase

#### Principes

L'extraction des composants pelliculaires est essentiellement un processus de diffusion. L'efficacité de l'extraction dépend de la température, de la durée de contact et de la différence de concentration de chaque composant entre la phase solide (peaux et pépins) et la phase liquide (moût et vin). Si l'extraction pelliculaire doit être accélérée, il est nécessaire de remplacer régulièrement les strates liquides avoisinantes afin d'éviter une saturation des solides qui pourrait ralentir la diffusion des substances désirables dans le vin.

Immersion, pompage, délestage, remontage, systèmes rotatifs, arroseurs, diffuseurs de CO<sub>2</sub> – Tous ces systèmes ont le même but: éluer (remettre en solution) les peaux flottant en surface afin d'éviter une saturation des solides en surface.

Les interventions mécaniques peuvent fragmenter les peaux et pépins qui alors se retrouvent en suspension dans le moût. Ceci crée plus de lies et accélère l'extraction pelliculaire d'aspects négatifs. Ceci a conduit au développement de techniques de macération tentant d'intensifier l'élution des chapeaux de marc tout en réduisant l'action mécanique exercée sur les peaux.

Finalement il faudra aussi prendre en considération les proportions d'eau et d'alcool durant la macération car ces deux composants ont, des propriétés d'extraction différentes selon les catégories de substances.

Options pratiques		
<p><b>Immersion</b></p> <p><i>Une fois formée, la chape de peaux est régulièrement immergée manuellement, mécaniquement ou par pressurisation de gaz. Pratique simple mais coûteuse.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Attendre qu'en début de fermentation se crée une chape de peaux à la surface du liquide.</li> <li>■ Définir la fréquence et la durée des interventions.</li> <li>■ Surveiller: couleur, astringence, arômes et acidité volatile</li> </ul>	<p><b>Drainage</b></p> <p><i>Une part du liquide est drainée de la cuve de macération et épanchée sur la chape de peaux jusqu'à la recouvrir totalement. (p. ex. délestage, système sélectionneur)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Suivant la méthode choisie, attendre la formation de la chape ou lancer l'opération dès le début de la macération.</li> <li>■ Définir la fréquence et le volume de liquide voulus.</li> <li>■ Surveiller: couleur, astringence, arômes et acidité volatile</li> </ul>	<p><b>Pompage</b></p> <p><i>Le liquide est pompé du fond de la cuve sur la surface de la chape afin de l'irriguer.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Point critique: le type de pompe utilisé doit respecter l'intégrité des solides.</li> <li>■ Définir la fréquence, le débit et le volume de liquide voulus.</li> <li>■ Surveiller: couleur, astringence, arômes et acidité volatile</li> </ul>
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun Utile: CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun

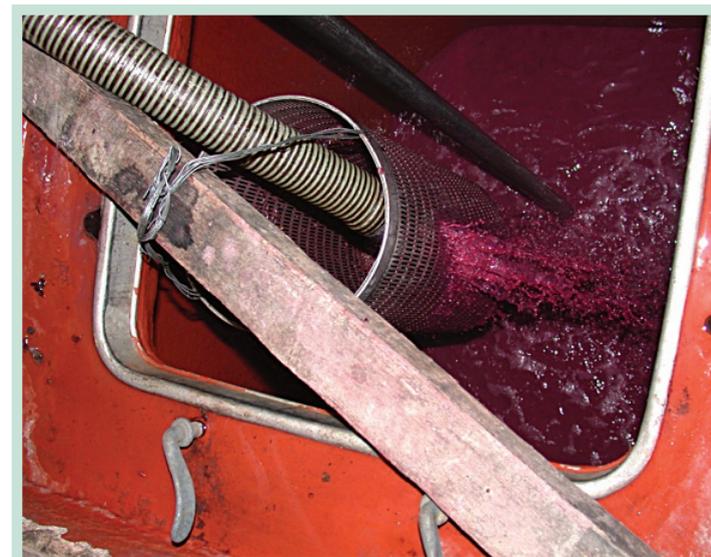


Fig. 68: Illustration d'un remontage avec aération.

#### 2.2.5.4. Cuves de macération

##### Principes

La taille, les fonctions et les éléments/dispositifs intégrés des cuves de macération peuvent influencer les coûts de l'équipement et de production. Il est admis que les petits volumes dans de petites cuves larges sont plus adéquats à l'élaboration de vins de haute qualité, vu que la relation entre les phases liquides et solides pendant la macération permet une extraction plus douce et plus simple à gérer. Les grandes cuves hautes et étroites permettent d'optimiser l'utilisation de l'espace disponible en cave et sont généralement beaucoup moins coûteuse que la taille précédente, mais l'épaisseur relative de la chape de peaux et la forte pression du liquide sur les lies au fond des cuves demandent des interventions mécaniques plus poussées et peuvent être cause de faux goûts.

Les cuves horizontales rotatives sont une option intéressante pour les caves transformant de grands volumes de raisin ou voulant raccourcir la durée des macérations. Un brassage lent mais fréquent de la cuve entière permet une extraction pelliculaire rapide et prompte. Cependant, en fonction du cépage ou de l'état des raisins et du système utilisé, l'action mécanique intensive peut influencer négativement le vin.

Quelques producteurs valorisent leur cuves de macération avec un grand choix de dispositifs afin d'améliorer le contrôle et la gestion de différentes opérations : minuteriers, valves, injecteurs de gaz, options de réchauffement ou refroidissement, décharge automatique du marc etc. L'utilité de ces options dépend de la taille de la cave et de la disponibilité de personnel durant la période de vendange.



Fig. 69: Vins rouges - Cuves de macération: cuve rotative (gauche); cuve à immersion en inox (droite)

##### Options pratiques

###### Petits volumes

Emploi de cuves avec une relation hauteur/diamètre proche de 1

Préférés pour la production de vins de haute qualité.

Permettent une gestion du marc incluant l'immersion manuelle. La chape de marc est mince mais étendue ce qui permet une extraction plus rapide et plus douce.

###### Grands volumes

Emploi de cuves avec une relation hauteur/diamètre autour de 2 ou plus grande.

Peu coûteux. Adéquat pour la production de vin à courte durée de macération.

Attention: une épaisse couche de pépins s'accumule au fond des cuves. Gare au broyage des pépins au cours de pompages.

■ Laisser les lies du fond en suspension

■ Surveiller fréquemment l'astringence et les faux goûts sulfurés

###### Systèmes rotatifs

Macération dans des cuves horizontales tournant sur leur axe principal pour mélanger le contenu.

Permet un débit rapide, une forte extraction de couleur même de cépages à faible potentiel et une décharge facile du marc.

■ Éviter les rotations rapides et en conséquence les formations de lies  
Préférer les programmes très lents à rotation rapide.

■ Surveiller fréquemment l'astringence et les notes végétales.

###### Intrants

Nécessaire: aucun

Nécessaire: aucun

Nécessaire: aucun

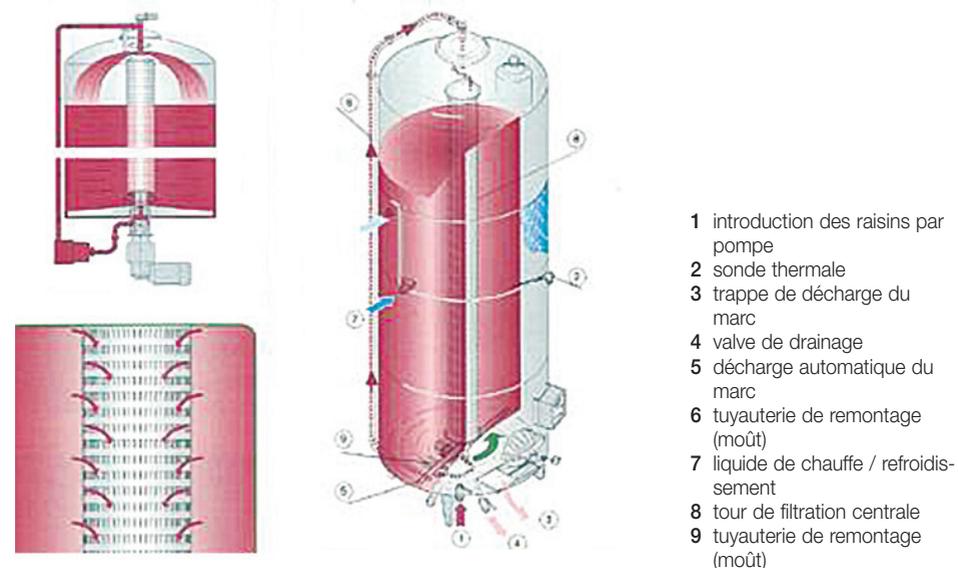


Fig. 70: Fermenteur de haute qualité pour rouges, blancs et rosés.

### 2.2.5.5. Pressurage du marc

#### Principes

Après la macération le marc est pressé afin d'obtenir des volumes importants de vin. Ce vin pressé est plus concentré que celui obtenu par le drainage et son intégration totale ou partielle au lot principal contribue souvent à améliorer la qualité finale du produit.

Le vin de presse peut contenir beaucoup de lies et d'autres composants indésirables et ainsi causer une astringence excessive, un caractère végétal ou des faux goûts sulfurés. En vinification biologique et en vinification à peu d'intrants il est important de gérer cette étape en cohérence avec le reste du processus afin d'éviter au possible les besoins d'apports ou traitements ultérieurs.

L'emploi de pressoir rapides ou à haute pression devrait être évité. Une des règles d'or est de garder séparément le vin pressé. La séparation des presses est particulièrement intéressante pour les assemblages si l'on recherche un vin solide et charnu.

Options pratiques	
<p><b>Pressurage mécanique</b></p> <p><i>Le pressurage est exécuté en appliquant une pression mécanique sur le marc (presse verticale, continue ou horizontale)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eviter de remplir totalement les presses</li> <li>Réduire la friction entre l'équipement et le marc.</li> <li>De préférence procéder en plusieurs étapes à peu de pression.</li> </ul>	<p><b>Pressurage pneumatique</b></p> <p><i>La pression est appliquée par une membrane remplie progressivement d'air ou d'eau. Pas de friction entre l'équipement et le marc.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eviter de remplir totalement les presses</li> <li>De préférence procéder en plusieurs étapes à peu de pression.</li> </ul>
<p><b>Intrants</b></p> <p>Nécessaire: aucun</p>	<p>Nécessaire: aucun</p>

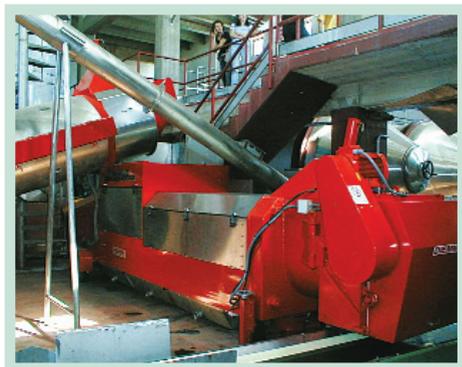


Fig. 71: Système de pressurage du marc de vin rouge.

### 2.2.6. Après la fermentation alcoolique

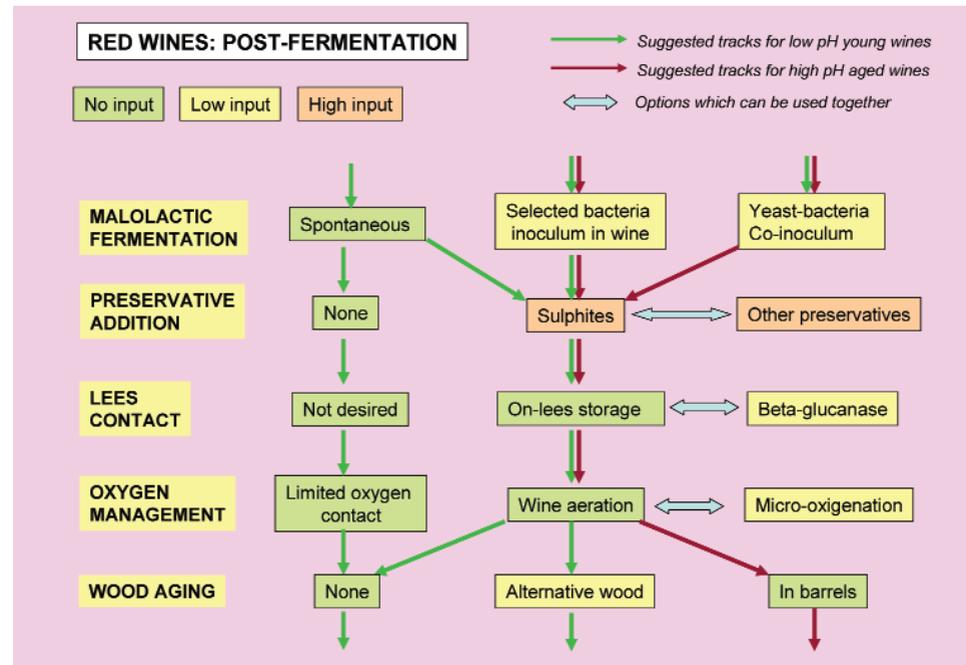


Fig. 72: Vins rouges – options post-fermentatives

#### Principes généraux

L'étape post-fermentative joue un rôle plus important dans la vinification de vins rouges que dans celle de vins blancs. Sur les blancs, la durée de la clarification – et donc de l'évitement d'oxygénation ou de contamination microbienne – est relativement courte. Sur la plupart des vins rouges, le moût doit passer par une fermentation malolactique et a besoin d'oxygène dissous pour lancer les réactions de polyphénols et la stabilisation des couleurs. Cependant, il faut éviter un excès d'oxydation et une contamination microbienne. Durant cette étape, il peut s'avérer difficile de trouver la balance correcte entre les différents besoins.

Un suivi des opérations post-fermentatives recommandées, l'évitement de retards et le suivi soigneux des indicateurs les plus importants sont les garants d'une vinification réussie - presque plus importants que les intrants et auxiliaires -. Une fermentation malolactique rapide, accompagnée d'une réduction de la température et d'apport de SO<sub>2</sub>, protégera le vin de contamination microbienne. Une bonne gestion de la solubilisation d'oxygène durant les premières phases prévient les faux goûts sulfuriques et végétaux et l'induction de réactions polyphénoliques. De plus, une bonne gestion de ce stade évitera de devoir exposer le vin trop longtemps à l'oxygène et les problèmes microbiens et chimiques qui y sont liés. Un suivi périodique de l'acidité volatile et des populations spécifique de levures et de bactéries permet au vigneron d'empêcher d'emblée toute contamination microbienne. Pour le producteur de vin biologique, un bon timing, une bonne hygiène et un contrôle fréquent sont les atouts majeurs durant cette étape de vinification.

### 2.2.6.1. La fermentation malolactique

#### Principes

La fermentation malolactique réduit l'acidité titrable du vin en transformant l'acide malique en acide lactique et CO<sub>2</sub> et en modifiant le profil organoleptique du vin en lui conférant des arômes typiques. Raison pour laquelle elle est souvent indésirable sur les rouges.

En vinification biologique, dû aux taux réduits de SO<sub>2</sub> durant le traitement du raisin et la macération, il peut arriver que la fermentation malolactique débute spontanément avant la transformation totale des sucres. Alors, la croissance incontrôlée de bactéries lactiques acides peut provoquer la formation d'acides aminées ou de faux goûts qui peuvent réduire la valeur commerciale du vin.

Parfois, la croissance de bactéries lactiques est lente et la fermentation malolactique peut ne pas démarrer longtemps après l'accomplissement de la fermentation alcoolique. Ceci expose le vin à des pertes de qualité, car les conditions générales de cette étape et les pratiques qui doivent y être appliquées (pas de SO<sub>2</sub>, haute température) sont propices au développement de microorganismes indésirables tels que les bactéries lactiques acétiques ou les *Brettanomyces*.

Pour réduire ces risques, il a été proposé d'utiliser des cultures sélectionnées d'*Oenococcus oeni*. Celles-ci peuvent être apportées au vin après la fin de la fermentation malolactique – avec ou sans acclimatation, suivant le produit – et à des concentrations assez élevées pour lancer immédiatement la dégradation malolactique. Une technique plus récente consiste à anticiper l'ensemencement bactérien dans les premiers stades de la fermentation malolactique pour assurer que soit évitée la croissance de souches ou d'espèces bactériennes indésirables.

Options pratiques			Documents correspondants
<p><b>FML: non désirée</b></p> <p><i>Favoriser la croissance de bactéries lactiques indigènes.</i></p> <p>Ne pas utiliser de SO<sub>2</sub> durant la transformation des raisins (ou très peu).</p> <p>■</p> <p>Fréquentes analyses des acides malique et lactique, dès les derniers stades de la fermentation alcoolique</p> <p>■</p> <p>Dès que l'acide malique a été réduit, protéger le vin d'autres activités microbiennes.</p>	<p><b>FML: Inoculation de bactéries sélectionnées</b></p> <p><i>Les bactéries sélectionnées sont inoculées dès la totale réduction des sucres pour démarrer la FML rapidement.</i></p> <p>Eviter les températures au-dessous de 18 °C</p> <p>■</p> <p>Préparer soigneusement les cultures et ensemencer le vin.</p> <p>■</p> <p>Fréquentes analyses des acides malique et lactique.</p> <p>■</p> <p>Dès que l'acide malique a été réduit, protéger le vin d'autres activités microbiennes.</p>	<p><b>FML: Co-inoculation de levures et de bactéries</b></p> <p><i>Les bactéries lactiques sont inoculées durant la fermentation alcoolique.</i></p> <p>Préparer soigneusement les cultures</p> <p>■</p> <p>Ensemencer le vin lorsqu'environ 1/3 du sucre est transformé.</p> <p>■</p> <p>Contrôle des acides malique et lactique et des sucres durant la fermentation</p> <p>■</p> <p>Dès que les deux fermentations sont terminées, protéger le vin d'autres activités microbiennes.</p>	<p>Conseils pratiques: Co-inoculation de levures et de bactéries</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: bactéries sélectionnées	Nécessaire: bactéries sélectionnées	<p><b>Fiches techniques:</b></p> <p>#: malolactic bacteria</p> <p>#: lysozyme</p>
<p><b>Cadre réglementaire:</b> L'emploi de bactéries sélectionnées est autorisé par la Rég. UE 834/2007 et par la plupart des standards privés.</p>			
<p><b>Additional comments:</b></p>			

### 2.2.6.2. Addition d'agents conservateurs

#### Principes

Une fois la fermentation malolactique terminée, le vin doit être stocké de façon sûre durant des mois. A ce stade, le vin n'est pas protégé et très sensible: il ne contient pas d'antioxydants ou activités antimicrobiennes actifs. Il n'y a que peu de nutriments disponibles mais ils suffisent largement pour permettre le développement et la multiplication de bactéries et levures nuisibles.

Baisser la température des vins ayant complètement achevé les fermentations alcooliques et malolactiques peut réduire significativement la croissance de micro-organismes indésirables. La filtration peut elle aussi réduire les populations microbiennes; mais sur beaucoup de vins rouges une élimi-

nation précoce des lies fines n'est pas recherchée. S'il est nécessaire d'apporter du SO<sub>2</sub>, c'est un des meilleurs moments pour profiter entièrement des propriétés de cet agent conservateur. Si son emploi en vinification est autorisé, l'on peut aussi se servir de lysozyme pour prévenir la croissance de bactéries lactiques quoiqu'il faille rappeler que cet enzyme n'est pas actif contre les bactéries acétiques et les levures.

Options oenologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>La population microbienne est considérée être assez petite pour qu'il n'y ait pas de risque de contamination.</i>  Fréquent monitoring de l'acide volatile, des faux goûts et populations de Brettanomyces	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Autres conservateurs</b>  <i>Le lysozyme limite la croissance de bactéries lactiques dans les vins à pH élevé.</i>  Apporter au vin après l'achèvement de la FML.	<b>Oenologie beaucoup d'intrants</b>  <b>Sulfites</b>  <i>Réduire le développement de bactéries et de levures. Dosages de 10 à 30 ppm en dépendance 3 des conditions et de la durée du stockage</i>  Apporter la solution de sulfites ou injecter sur la ligne durant les transferts. <ul style="list-style-type: none"> <li>■ La forme de sulfites préférée dépend des dimensions et de l'équipement de la cave.</li> </ul>	Conseil pratique: Vinification réductive  Note technique: Oxydation du moût et du vin  Note technique: contamination microbienne
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: lysozyme	Nécessaire: P-metabisulfite, SO <sub>2</sub> gazeux	
<b>Cadre réglementaire</b>			<b>Fiches techniques</b> #: SO <sub>2</sub> #: P-metabisulfite #: lysozyme
<b>Commentaires additionnels:</b> SO <sub>2</sub> : Différents apports de faible quantité à différentes étapes du processus confèrent une plus grande sécurité avec, un même dosage final. L'emploi de lysozyme doit être étiqueté comme composant allergénique. Son emploi augmente le besoin en bentonite pour la stabilisation des protéines.			

### 2.2.6.3. Contacts sur lies

#### Principes

Les lies de levures peuvent libérer des composants d'écorces de levures (p. ex. Les mannoprotéines) que l'on croit contribuer positivement au goût du vin en adoucissant les tannins. Les lies levuriennes sont, même après leur décès, d'importants consommateurs d'oxygène qui peuvent dimi-

nuer l'accumulation d'oxygène dissous dans le vin. Cependant, les lies levuriennes peuvent aussi représenter un danger. Les acides aminés émis peuvent servir de nutriments à des micro-organismes contaminants.

Ainsi, le contact sur lies est un instrument puissant en vinification biologique. Il peut être appliqué au sein d'une stratégie cohérente en recherchant un bon équilibre entre ses effets contradictoires.

Options pratiques			Documents correspondants
<b>Pas voulu</b>  <i>Si les levures contribuent négativement au profil du vin (notes ou faux goûts indésirables), elles sont éliminées du système.</i>  S'assurer que les sucres soient totalement transformés. <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Soutirer le vin 2-3 fois au cours de quelques semaines ou filtrer.</li> </ul>	<b>Contact sur lies</b>  <i>Les lies sont laissées dans le vin, de façon à lui conférer les goûts désirés.</i>  Soutirer le vin avant la fin de la fermentation pour éliminer les solides grossiers. <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Agiter le vin périodiquement pour remettre les lies fines en suspension.</li> <li>■ Surveiller les acides volatiles et maliques durant le contact.</li> <li>■ Dégustation fréquentes</li> </ul>	<b>Traitement au bêta-glucanase</b>  <i>Une partie du vin (contenant TOUTES les lies) est traité séparément afin d'accélérer l'autolyse des levures.</i>  Concentrer les lies fines dans un part du vin. <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Apporter des enzymes de bêta-glucanase</li> <li>■ Surveiller l'acide volatile et déguster fréquemment durant le stockage.</li> <li>■ Une fois le niveau d'autolyse désiré atteint (après quelques semaines), filtrer et mélanger le vin.</li> </ul>	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: bêta-glucanase, enzymes	
<b>Cadre réglementaire</b> La bêta-glucanase est autorisée par la Reg. UE 834/2007 et par la plupart des standards européens privés.			<b>Fiches techniques</b> #: beta-glucanase

### 2.2.6.4. Gestion de l'oxygène

#### Principes

L'oxygène est nécessaire à la vinification des vins rouges pour deux raisons majeures: éviter la formation de composés sulfuriques le faux goûts qui y sont liés (plus fréquents sur certains cépages que sur d'autres) et pour favoriser les liaisons entre les anthocyanines et les tannins et les tannins entre eux qui mènent à une stabilisation de la couleur rouge et à plus de volupté en bouche.

Cependant, des excès d'oxygène peuvent oxyder le vin et favoriser le développement de bactéries oxydatives et de levures.

Soutirer le vin en le brassant à l'air libre est une pratique très répandue. Bien gérée elle élèvera les taux d'oxygène jusque presque-saturation. Les levures et les réactions chimiques et enzymatiques consomment rapidement des taux élevés d'oxygène.

La micro-oxygénation est devenue très populaire durant la décade écoulée. Le principe est d'apporter constamment de petites portions d'oxygène ; assez pour favoriser des réactions recherchées mais pas plus que le vin n'en consomme, ce qui évite l'accumulation d'oxygène dissous dans le vin. Cette pratique peut être appliquée au vin alors qu'il est en cuve. C'est en quelque sorte imiter la lente aération typique du vieillissement en tonneau.

Comme ces pratiques visent à favoriser certains processus tout en évitant d'autres, dangereux, les règles d'or à suivre sont un suivi méticuleux, un contrôle des températures et une hygiène impeccable des contenants et de l'équipement.

Options œnologiques			Documents correspondants
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><b>Contact oxygène limité</b></p> <p>Sur certains vins rouges, un contact modéré avec l'oxygène sert à préserver un maximum de fraîcheur et de fruité.</p> <p>■ Garder les contenants bien remplis</p> <p>■ Éviter les éclaboussures durant le soutirage.</p> <p>■ Contrôler périodiquement la formation de composants sulfurés.</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Aération du vin</b></p> <p>Favoriser le contact avec l'oxygène durant le soutirage et les transferts du vin.</p> <p>Soutirer en éclaboussant le vin et remplir les cuves depuis le haut: solubilisation de l'oxygène varie entre 3 à 7 mg/l</p> <p>■ Réactions chimique consommation de l'oxygène.</p> <p>■ Surveiller périodiquement la tonalité des couleurs et l'acidité volatile; éviter les excès d'oxydation</p>	<p><b>Oenologie Peu d'intrants</b></p> <p><b>Micro-oxygénation</b></p> <p>De petites quantités d'air sont constamment perlées dans le vin par un équipement spécial.</p> <p>■ Contrôle de la température</p> <p>■ Moduler l'apport d'oxygène sur la base d'analyses sensoriels et de l'accumulation d'acétaldéhyde</p> <p>■ Surveiller périodiquement la tonalité des couleurs et l'acidité volatile; éviter les excès d'oxydation</p>	<p>Conseil technique: Vinification réductive</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: SO <sub>2</sub>	Nécessaire: none Utile: SO <sub>2</sub>	Nécessaire: none Utile: oxygen	<b>Fiche technique:</b> #: oxygen

## 2.2.6.5. Le vieillissement en bois

### Principes

Les contenants en bois ont été utilisés pendant des siècles et ils font partie de l'identité des vins de certaines régions. De nos jours il existe différentes raisons pour employer des tonneaux en bois:

- i) La microaération des vins: de l'oxygène pénètre les fûts par les interstices microscopiques entre les douves et au cours du remplissage par le haut ce qui favorise des réactions chimiques de stabilisation.
- ii) Augmentation des taux de tannins: les tannins du bois sont solubilisés dans le vin et en améliorent la structure et le corps (le toastage du bois sert à éviter les excès de tannins).
- iii) Contribution aux arômes: les notes vanillées et toastées du bois sont transmises au vin, augmentant ainsi sa complexité.

Ces trois aspects ne pouvant être dissociés, la pratique doit être limitée à une sélection de vins rouges et/ou blancs de composition adéquate.

Des emplois alternatifs de bois sont devenus populaires durant ces dernières années: copeaux, cubes ou douves sont apportés au vin dans des cuves non-boisées pour une durée limitée afin de lui conférer les aspects ii) et iii) tout en évitant l'oxygénation et les coûts d'acquisition des tonneaux en bois. Utilisés en combinaison avec la micro-oxygénation, ces alternatives peuvent même remplacer l'emploi traditionnel du bois.

L'enrichissement en tannins peut améliorer la structure et le corps du vin et parfois contribuer à son aromatique.

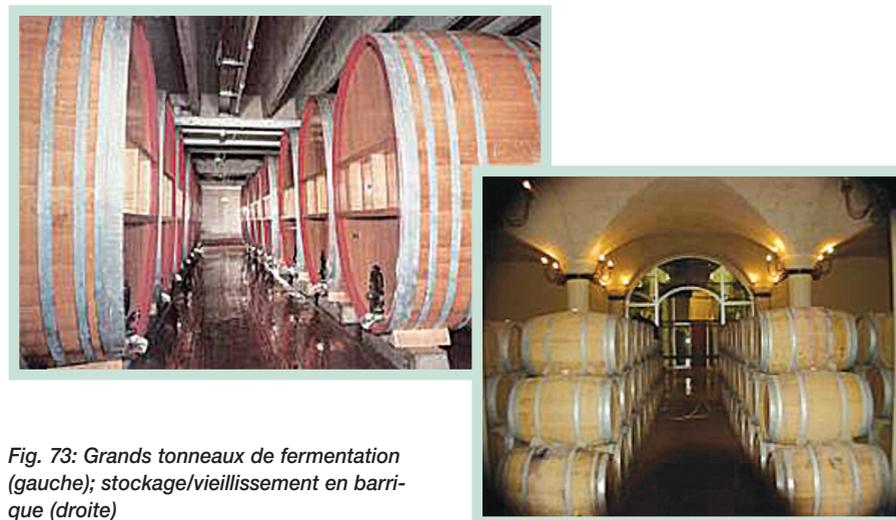


Fig. 73: Grands tonneaux de fermentation (gauche); stockage/vieillessement en barrique (droite)



Fig. 74: Méthode traditionnelle pour surveiller l'emplissage des tonneaux.

Fig. 75: Méthode traditionnelle de conservation: flambement de bandes de soufre

Options pratiques			Documents correspondants
<b>Aucune</b>	<b>Bois alternatifs</b>	<b>Tonneaux</b>	
<p>Sans emploi de bois afin de préserver la fraîcheur et le fruité du vin.</p> <p>Emploi de tannins pour être sûr de renforcer la structure (si nécessaire).</p> <p>Garder le vin dans des contenants en inox</p> <p>Contrôler périodiquement la formation de composants sulfuriques.</p>	<p>Emploi sur le vin pendant quelques semaines de: copeaux de bois, cubes ou douves.</p> <p>Tests préliminaires sont à conseiller afin de stimuler les effets à l'avance.</p> <p>Apport de bois alternatifs en dosage voulu; dégustation périodiques pour surveiller la libération des composants du bois.</p> <p>Retirer le bois du vin par soutirage et filtration dès que l'effet recherché est atteint.</p>	<p>Le vin est gardé dans des contenants en bois de taille diverse pendant 3 à 18 mois.</p> <p>Remplir les tonneaux de vin et les garder en cave à température et humidité de l'air adéquates.</p> <p>Remplissage périodique. Monitoring régulier de l'acidité volatile, la tonalité des couleurs, des contaminants microbiens et du profil sensoriel. Soutirer et aérer si des défauts sulfuriques se forment.</p> <p>Retirer le vin des contenants dès que l'effet recherché est atteint.</p>	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: SO <sub>2</sub> Utile: tannins	Nécessaire: copeaux de bois, cubes ou douves Utile: SO <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun Utile: SO <sub>2</sub>	<b>Fiches techniques :</b> #: SO <sub>2</sub> #: P-metabisulphite #: wood chips
<b>Commentaires additionnels:</b> Il n'est pas conseillé d'employer des copeaux de bois trop petits ou de la poudre de bois afin d'éviter les notes boisées excessives.			

## 2.2.7. Clarification et stabilisation

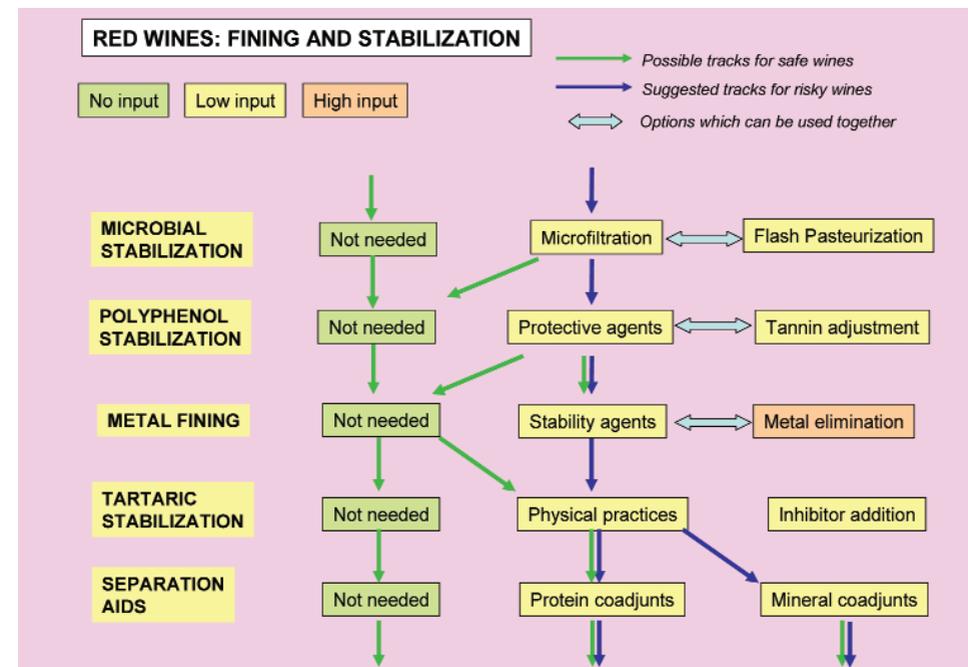


Fig. 76: Vins rouges – options de clarification et de stabilisation

### Principes généraux

La dernière chance de traiter le vin de façon à assurer un niveau classique de commercialisation (stabilité et limpidité) est lors de la fin du stockage, juste avant l'embouteillage. Plus la gestion des phases antérieures aura été stricte et précise, moins les traitements en fin du processus seront nécessaires même si un affinage peut être utile.

L'oenologie conventionnelle a développé différentes méthodes pour obtenir la stabilité et rendre plus aisé le travail du vigneron. La vinification biologique peut choisir dans cette palette les méthodes les mieux adaptées aux principes de la production biologique.

### 2.2.7.1. Stabilisation microbienne

#### Principes

Au cours du stockage ou du vieillissement de micro-organismes indésirables (communément les bactéries lactiques acides ou les *brettanomyces*) peuvent se développer dans les vins rouges.

*Brettanomyces* est une levure qui se développe si le pH est haut, s'il y a eu peu de SO<sub>2</sub> mais de

l'oxygène disponible; c'est un contaminant typique des tonneaux de bois. Il produit des phénols éthyliques et des faux goûts animaliers ou chimiques.

Les bactéries lactiques acides, surtout *Pediococcus* et *Lactobacillus* ssp., peuvent se multiplier dans le vin après la fermentation malolactique en vivant des rares nutriments encore disponibles. Ils peuvent produire des métabolites et produire des faux goûts « animaux » (souris, viande, cuir, etc.).

Il n'est pas inhabituel, que les bactéries acides et les levures oxydatives se multiplient dans les vins de garde à faible teneurs en SO<sub>2</sub> contenant de l'oxygène. On pare à ces problèmes par un contrôle des températures, une bonne gestion de l'oxygène et un suivi analytique fréquent des vins.

Si'il y a eu une contamination microbienne inattendue, il est conseillé d'éliminer rapidement les micro-organismes par des traitements physiques ou l'apport d'agents de conservation et d'éviter l'emploi des contenants contaminés.

Options pratiques		
<b>Pas de besoin</b> <i>Les populations de micro-organismes contaminants sont au-dessous du seuil critique.</i>	<b>Microfiltration</b> <i>Une filtration à fine porosité est utilisée afin de réduire les populations de contaminants. La microfiltration tangentielle est l'option préférable.</i>  Le vin est filtré à une porosité plus petite 0,5 µm	<b>Flash Pasteurisation</b> <i>Chauffer le vin à haute température pour une très courte durée tue la plupart des microorganismes tout en influençant que minimalement le caractère sensoriel du vin.</i>  Chauffer le vin à 75 °C pour 10-20 secondes
<b>Inputs</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun

### 2.2.7.2. Stabilisation of Phenols

#### Principes

Les polyphénols ont été extraits durant la macération et adoucis et stabilisés durant le vieillissement. Un réglage affiné du vin peut être nécessaire vers la fin du processus afin d'atteindre le meilleur résultat. Il existe à cette étape deux moyens pour résoudre des problèmes de stabilité de phénols: éliminer les plus instables ou apporter des agents de conservation empêchant ou ralentissant les réactions oxydatives. Pour éliminer sélectivement une part des phénols, on utilise les mêmes additifs que pour traiter le jus: caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales, ichtyo-colle, etc.

Les tannins oenologiques – de différentes origines et extraits par différentes méthodes – fonctionnent comme des agents de conservation: ce sont des antioxydants qui produisent des radicaux libres sur eux-mêmes avant de réagir avec les phénols du vin.

Des préparations de levures semblent augmenter la teneur des vins en polysaccharides avec des effets positifs sur le goût et la stabilité.

Finalement, des polysaccharides tels que la gomme arabique peuvent prévenir la précipitation de colloïdes dans le vin.

Options de vinification			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>Le vin est estimé posséder une stabilité phénolique suffisante. Le goût est équilibré.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b> <b>Agents protecteurs</b>  <i>Apport de dérivés de levures pour leurs propriétés antioxydatives. La gomme arabique prévient la précipitation de colloïdes. Emploi de tannins oenologiques de différentes origines pour affiner la structure et le goût ainsi que pour éliminer les faux goûts sulfureux et améliorer la protection antioxydative.</i>  Préparer les produits selon les indications de livreurs ■ Apporter au vin	<b>Oenologie Beaucoup d'intrants</b> <b>Ajustement des tannins</b>  <i>Réduction ou élimination de tannins instables ou astringents: apport d'additifs absorbant les phénols.</i>  Préparer un ou une combinaison des additifs suivants: caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales, colle de poissons etc. ■ Apporter au vin	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: tannins et/ou écorces de levures, gomme arabique	Nécessaire: caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales, isinglass etc.	<b>Fiches techniques</b> #: casein #: ov-albumin #: gelatine #: plant proteins #: isinglass #: arabic gum #: tannins #: yeast hulls

### 2.2.7.3. Stabilisation tartrique

#### Principes

Beaucoup de vins ont une teneur en bitartrates au-dessus du point de saturation et sont alors sujets à la précipitation tartrique, s'ils sont stockés à basse température.

Sur les vins rouges cette précipitation peut former un dépôt épais au fond des bouteilles qui n'est en général pas apprécié des consommateurs.

Néanmoins quelques producteurs décident de ne pas stabiliser leur vin contre la précipitation tartrique mais plutôt d'éduquer leurs clients.

Si l'on veut réaliser un vin stable, deux méthodes sont possibles: éliminer certains ions (tartrate et potassium) du vin, ce qui nivellera les concentrations au-dessous du seuil de saturation ou l'addition de substances empêchant la formation et la croissance des cristaux tartriques. La réfrigération du vin est la pratique la plus répandue; elle se passe d'additifs mais est gourmande en énergie. L'électrodialyse élimine une part des ions excessifs et est probablement la méthode la plus écologique bien que l'équipement soit cher.

L'acide métatartrique, la gomme arabique ou – autorisés depuis peu – les mannoprotéines peuvent empêcher la formation et la croissance de cristaux. Ils sont une alternative aux traitements physiques des vins à faible instabilité et courte durée de garde.

Options œnologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>La formation de cristaux dans la bouteille est acceptée. Pas de traitement de stabilisation.</i> <i>Stabilisation naturelle par contact sur lies et mannoprotéines de levures</i>  Surveiller la stabilité tartrique ■ Evaluer la réaction des consommateurs et procéder à un «enseignement»	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Traitements physiques</b>  <i>Les ions excessifs sont éliminés du vin.</i>  Surveiller la stabilité du vin ■ Appliquer la technologie la plus adéquat pour votre cave. (refrigération, électrodialyse)	<b>Oenologie Beaucoup d'intrants</b>  <b>Addition d'inhibiteurs</b>  <i>Stabilisation par additifs empêchant la cristallisation.</i>  Surveiller la stabilité du vin ■ Apporter l'additif approprié (acide métatartrique, gomme arabique, mannoprotéines)	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun	Nécessaire: acide métatartrique, gomme arabique, mannoprotéines	<b>Fiches techniques:</b> #: Metatartric acid #: Arabic gum #: mannoproteins

## 2.2.7.4. Auxiliaires de précipitation

### Principes

Les turbidités résiduelles formées durant les traitements antérieurs doivent être éliminées du vin par un soutirage simple ou des méthodes physiques. Pour accélérer cette étape et pour assurer la limpidité finale du vin, on peut utiliser quelques additifs. Parmi les additifs qui conviennent pour une meilleure séparation des solides du vin il y a: la bentonite, le gel de silice, le kaolin d'origine minérale. Ils sont moins utilisés sur les vins rouges que sur les blancs; leur but principal est d'accélérer la précipitation et d'obtenir des lies plus compactes. La bentonite doit être employée avec précaution puisqu'elle peut éliminer la couleur rouge. Caséine, ovalbumine, blanc d'oeufs, gélatine, protéines végétales et ichtyocolle sont les additifs principaux utilisés pour la clarification de vins rouges. Cette étape coïncide souvent avec la stabilisation des phénols.

Options œnologiques			Documents correspondants
<b>Oenologie "sans intrants"</b>  <i>La viscosité et la limpidité du vin sont satisfaisantes.</i>	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Additifs d'origine naturelle</b>  <i>Apport d'additifs pour créer de plus grands solides.</i>  Préparer le produit selon les indications du fournisseur ■ Apporter au vin et homogénéiser la masse.	<b>Oenologie Peu d'intrants</b>  <b>Additifs d'origine minérale</b>  <i>Apport d'additifs pour créer de plus grands solides.</i>  Préparer le produit selon les indications du fournisseur ■ Apporter au vin et homogénéiser la masse.	
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: tannins, caséine, ovalbumine, gélatine, protéines végétales et colle de poisson, enzymes pectolytiques, bêta-glucanase	Nécessaire: bentonite, gel de silice, kaolin d'origine minérale	<b>Fiches techniques:</b> #: Bentonit #: kaolin #: tannins #: casein #: ov-albumin #: gelatin #: isinglass #: plant protein #: silica gel #: pectolytic enzymes #: beta-glucanase
<b>Commentaires additionnels:</b> La durée de contact et la séquence des traitements peuvent être importantes. La caséine, la caséinate de potassium, le blanc d'oeufs et l'ov-albumine doivent être déclarés sur l'étiquette comme composant allergénique.			

## 2.2.8. Filtration et mise en bouteilles

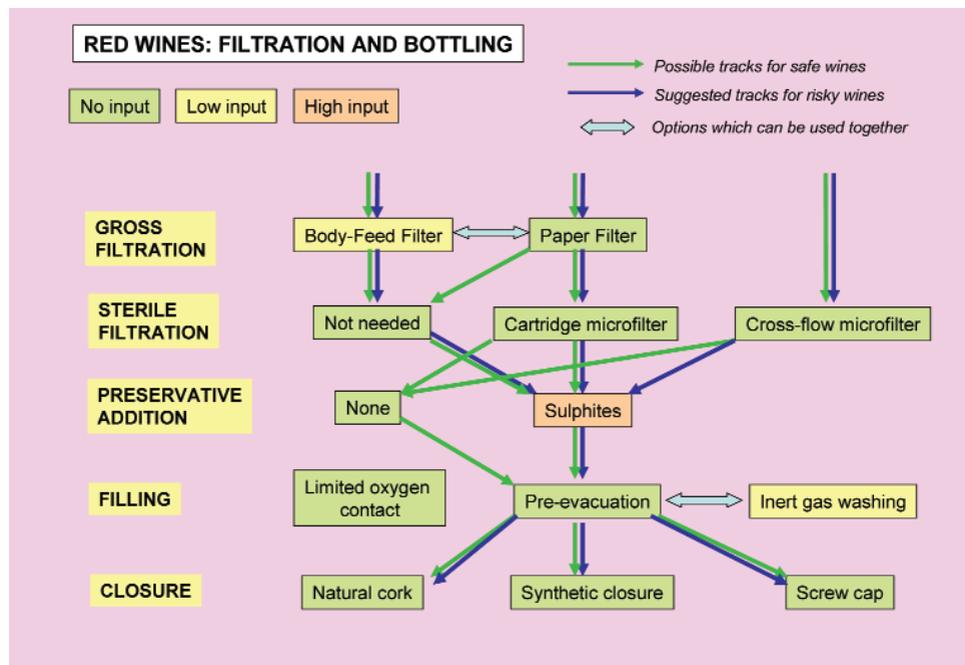


Fig. 77: Vins rouges – options de filtration et mise en bouteilles.

### Principes généraux

En vinification rouge, on ne filtre pas toujours. Les vins longuement vieillis en tonneau ou en cuve ont d'habitude – une fois mis en bouteille – moins de problèmes de stabilité ou de troubles. De plus une intrusion d'oxygène dans la bouteille est un problème négligeable pour les vins rouges.

Durant cette dernière étape, il faut surtout prendre garde à la contamination microbienne. Cela peut être un problème même plusieurs mois après l'embouteillage et peut parfois survenir par hasard sur seulement quelques bouteilles d'un même lot. Le développement de levures et bactéries en bouteille – un risque sur les vins ne contenant que peu d'agents conservateurs, spécialement les vins doux – peut poser un problème de commercialisation.

En vinification biologique, le produit final est en comparaison aux vins conventionnels moins protégé par des additifs. Il est donc conseillé d'aussi contrôler minutieusement cette dernière étape afin d'assurer au vin une durée de garde adéquate à sa distribution et son profil de consommation.

## 2.2.8.1. Filtration grossière

### Principes

Les filtrations stériles et brillantes nécessitent un nettoyage préalable du vin afin d'accroître la capacité de filtration du système. Pour ceci, l'on emploie souvent une filtration body-feed. Le revêtement est composé de matériaux de porosités et de caractéristiques variables. Ils consistent souvent en un mélange de perlite et de fibres de cellulose ou de coton. La filtration sur papier est aussi très répandue. Aucun de ces matériaux de filtration ne transfère au vin de substances quelconques. Ils ne posent ainsi pas de problème quant aux aspects de sécurité alimentaire. Mais ils produisent beaucoup de déchets pouvant avoir un impact environnemental s'ils ne sont pas compostés.

Options pratiques / types de filtres pour vin		
<p><b>Filtre à alluvionnage</b></p> <p><i>Le vin est passé au travers d'un revêtement de perlite et de cellulose qui retient les solides.</i></p> <p>Choisir l'auxiliaire de filtration à porosité adéquate.</p> <p>■</p> <p>Filtrer le vin en contrôlant le contact à l'oxygène.</p>	<p><b>Filtre en papier</b></p> <p><i>Le vin est passé au travers d'une feuille de cellulose qui retient les solides.</i></p> <p>Choisir l'auxiliaire de filtration à porosité adéquate.</p> <p>■</p> <p>Filtrer le vin en contrôlant le contact à l'oxygène.</p>	
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: perlite, cellulose	Nécessaire: plaques papiers	

## 2.2.8.2. Filtration stérile

### Principes

Les vins ne contenant que peu d'agents conservateurs, spécialement les vins doux, doivent être embouteillés sans contamination microbienne significative. Même de petites quantités de contaminants peuvent croître en bouteille durant le stockage, souvent sous des conditions incontrôlées, et ainsi développer des troubles ou des faux goûts que les consommateurs n'accepteront pas.

C'est une croyance très répandue qu'une filtration trop sévère – comme pour les filtrations stériles ou les filtrations brillantes – peuvent éliminer des composants intéressants tels que les macromolécules contribuant à la structure et au corps du vin. Cependant quelques résultats scientifiques mettent en doute cette croyance.

Les vins biologiques sont peut-être consommés par un segment de consommateurs moins sensible aux troubles présents dans le vin. Néanmoins, les faux goûts doivent en tout cas être évités.

Les vins biologiques arrivent à la mise en bouteille dans un état plus fragile que les vins conventionnels. Pour cela il faut considérer sérieusement la mise en bouteille stérile aussi bien pour les vins rouges doux que pour les rouges secs.

Options pratiques / types de filtres pour vin		
<p><b>Sans besoin</b></p> <p><i>Les présences microbiennes et la vivacité sont jugées acceptables.</i></p>	<p><b>Filtre cartouche</b></p> <p><i>Le vin est passé par une cartouche contenant une membrane à porosité fine.</i></p> <p>Evaluer la filtrabilité du vin avant de procéder.</p> <p>■</p> <p>Contrôler la stérilité du vin après la filtration</p>	<p><b>Filtre tangentiel</b></p> <p><i>Le vin est pressé par une membrane tubulaire poreuse.</i></p> <p>Une filtration grossière préalable peut être évitée.</p> <p>■</p> <p>Contrôler la stérilité du vin après la filtration</p>
<b>Intrants</b>		
Nécessaire: aucun	Nécessaire: aucun (cartouches)	Nécessaire: aucun (membranes)

L'emploi de cartouches avec membranes de différente porosité a été la pratique la plus populaire durant de longues années et est toujours très répandue dans les petites caves. Récemment, la filtration tangentielle s'est largement répandue grâce à ses avantages, soit de pouvoir se passer d'une filtration grossière préliminaire, une meilleure capacité de filtration et l'absence de déchets. Le plus grand désavantage de cette technique est le prix d'acquisition de l'équipement.



Fig. 78: Filtration stérile: filtre à membrane

### 2.2.8.3. Addition d'agents conservateurs

#### Principes

Il peut s'avérer nécessaire d'apporter encore des sulfites ou de l'acide ascorbique si le niveau résiduel d'agents protecteurs dans le vin est trop bas ou si la technologie choisie ne garantit pas une protection antioxydative suffisante durant la mise en bouteilles.

Sur les vins rouges, le danger principal durant l'embouteillage est la contamination avec des Brettanomyces et/ou des bactéries lactiques qui peuvent former des faux goûts et/ou du CO<sub>2</sub> durant la garde. Le SO<sub>2</sub> peut empêcher la croissance de ces micro-organismes et aussi éviter l'oxydation du vin en garde. Beaucoup de vins rouges ont des pH élevés qui réduisent l'efficacité du SO<sub>2</sub>. Il faut alors pratiquer une stratégie préventive.

De même, le choix des bouchons et la stabilité microbienne des vins doivent être pris en considération au cours de cette étape. Pour les vins rouges de longue garde, les bouchons de liège restent de loin le choix le plus populaire. Pour les vins rouges jeunes, l'emploi de bouchons synthétiques s'est largement répandu depuis ces dernières années. Les fermetures à vis sont rarement utilisées pour les vins rouges: elles ont des ratios de transfert d'oxygène très bas et le manque d'oxygène est considéré comme 'une des causes de formation de faux goûts sulfuriques durant la garde en bouteille.

Options œnologiques		Documents correspondants	
<p><b>Oenologie "sans intrants"</b></p> <p><i>Les raisins sains sont protégés de l'oxydation et de la contamination microbienne.</i></p> <p><i>Impossible sur des vins contenant des microorganismes défavorables.</i></p>		<p><b>Oenologie Beaucoup d'intrants</b></p> <p><b>Sulfites</b></p> <p><i>Eviter l'oxygénation des arômes et des phénols ; réduire le développement de bactéries et de levures.</i></p> <p><i>Dosages de 10-50 ppm, dépendant des conditions de mise en bouteille, la durée de garde espérée et de la fermeture choisie.</i></p> <p>De préférence apporter sur la ligne pendant les transferts</p>	<p>Note technique: Oxygène et vin</p> <p>Note technique : Contamination microbienne</p> <p>Gestion du SO<sub>2</sub></p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: Aucun		<p>Nécessaire: P-métabisulfite, SO<sub>2</sub> gazeux</p> <p><b>Fiches techniques</b> #: SO<sub>2</sub> #: P-méta-bisulfite</p>	

## 2.2.8.4. La mise en bouteilles

### Principes

Le vin peut être partiellement ou totalement saturé d'oxygène après un processus de mise en bouteille peu soigné. L'oxygène présent dans l'air du cou de la bouteille peut suffire à totalement consommer le  $\text{SO}_2$  contenu dans le vin, spécialement lorsqu'on utilise des fermetures à vis. Les robinets des lignes de mise en bouteille sont la plus commune des sources de contamination microbienne, vu les difficultés rencontrées à les nettoyer. Dans le contexte de la production de vin biologique la mise en bouteille doit être effectuée avec du matériel en bon état et une machinerie moderne. Les prescriptions d'hygiène et d'emploi de détergents doivent être suivies méticuleusement.

Pour éviter la solubilisation d'oxygène dans le vin durant cette étape, différents équipements proposent des options intéressantes. Par exemple vider l'air des bouteilles en les remplissant de gaz inertes ou des systèmes aspirant l'air des bouteilles et/ou le goulot des bouteilles en y créant un vacuum partiel avant la fermeture ou une combinaison des deux principes.

Options pratiques			Documents correspondants
<b>Contact oxygène limité</b>  <i>L'exposition du vin à l'air est évitée durant les transferts du vin. Contrôle de la durée de remplissage et de la température afin de minimiser la solubilisation d'oxygène</i>	<b>Pré-évacuation</b>  <i>L'air contenu dans les bouteilles est aspiré avant le remplissage. L'air du goulot est aspiré avant la fermeture de la bouteille.</i>  Suivre les indications fournies par les producteurs de l'équipement. ■  Respecter strictement les programmes de maintenance de l'équipement	<b>Rinçage aux gaz inertes</b>  <i>La bouteille vide est remplie de gaz inerte afin d'en évacuer l'air avant le remplissage. L'air du goulot est remplacé par du gaz inerte avant la fermeture de la bouteille.</i>  Suivre les indications fournies par les producteurs de l'équipement. ■  Respecter strictement les programmes de maintenance de l'équipement	Note technique: Oxygène et vin
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun	Nécessaire: $\text{N}_2$ , $\text{CO}_2$	Nécessaire: $\text{N}_2$ , $\text{CO}_2$	<b>Fiches techniques :</b> #: $\text{CO}_2$ #: $\text{N}_2$



Fig. 78: Machine de mise en bouteille pour un très petite cave (cave familiale).

## 2.2.8.5. Fermetures

### Principes

Bien que le bouchon de liège ait été la seule option pendant des siècles, d'autres possibilités ont récemment été largement utilisées et acceptées par les consommateurs. Différents facteurs influencent la décision des producteurs pour l'une ou l'autre fermeture: les coûts, l'acceptation par les consommateurs, l'image du vin, la durée de la garde, la tradition et les réglementations d'appellation. Le critère décisif le plus important étant probablement l'OTR (ratio de transfert d'oxygène) qui mesure la perméabilité d'une fermeture et en conséquence le temps pour qu'un vin montre des aspects d'oxydation.

Les bouchons synthétiques sont des polymères plastiques et peuvent fortement ressembler au bouchon naturel. Les bouchons synthétiques montrent en général des valeurs OTR très intéressantes. Suivant les polymères et les systèmes de production utilisés, ils peuvent être très perméables à l'oxygène tout en ayant un OTR très bas.

Les bouchons de liège concassé ou pulvérisé sont semblables. Le liège naturel montre une meilleure valeur d'OTR et en moyenne, peut être plus imperméable que les bouchons synthétiques.

Les bouchons à vis ont connu un nouvel essor après avoir servi pendant des décennies pour des produits disposant d'une très courte période de garde (shelf-life). De nouveaux matériaux et équipement de mise en bouteille ont permis leur utilisation pour les vins de haute gamme. Selon quelques experts, les fermetures à vis à gaine conductrice ont un OTR proche de zéro. Ils sont si imperméables à l'oxygène que le vin peut prendre des aspects de réduction au fil du temps.

Il est donc clair que le choix des fermetures doit être cohérent avec le reste des décisions prises au cours du processus de production d'un vin biologique. Si l'on a choisi une stratégie de protection maximale contre l'oxygène tout en réduisant les teneurs en sulfites, la fermeture doit garantir un degré de perméabilité compatible avec la durée de garde commerciale requise.

Options pratiques			Documents correspondants
<p><b>Bouchon en liège naturel</b></p> <p><i>Le liège naturel est choisi pour des raisons techniques, économiques et commerciales.</i></p> <p>Contrôler le fonctionnement de la machine de bouchage.</p> <p>Attendre quelques inconsistances entre les bouteilles au fil du temps.</p>	<p><b>Bouchon synthétique</b></p> <p><i>La fermeture synthétique peut être moins coûteuse que les bouchons de liège et offrir des performances acceptables pour les vins jeunes.</i></p> <p>Adapter la machine de bouchage à la fermeture choisie.</p> <p>Pré-évacuation nécessaire pour certains types</p> <p>Attendre quelques inconsistances entre les bouteilles au fil du temps.</p>	<p><b>Fermeture à vis Bouchon de verre</b></p> <p><i>Certains bouchons à vis assurent une imperméabilité à l'oxygène presque parfaite. Préoccupation économique dans certains pays.</i></p> <p>Besoin de machine de bouchage et de bouteilles spéciales.</p> <p>Le goulot est beaucoup plus grand qu'avec d'autres fermetures.</p> <p>Des procédés spécifiques sont à respecter.</p>	<p>Conseil pratique: vinification réductive</p> <p>Note technique: Oxydation du moût et du vin</p>
<b>Intrants</b>			
Nécessaire: aucun Utile: N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun Utile: N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	Nécessaire: aucun Utile: N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	<b>Fiches techniques:</b> #: CO <sub>2</sub> #: N <sub>2</sub>

#### References:

Adams, D. O. and Liyanage, C (1993) Glutathione increases in grape berries at the onset of ripening. *Am. J. Enol. Vitic.*, 44, 333-338

Asvany, A. Les technologies de vinification permettant de diminuer les doses de SO<sub>2</sub>. *Bull. O.I.V.* 652-653:621-623 (1985).

Bauer, F. F. and Pretorius, I. S. (2000) Yeast stress response and fermentation efficiency: How to survive the making of wine – a review. *South African Journal of Enology and Viticulture.*, Volume 21, Special Issue, 27-51

Beach, F. W., and S. Thomas. Action antimicrobienne de l'anhydride sulfuré. *Bull. O.I.V.* 652-653:564-581 (1985).

Berger J-L, Cottureau P – Ultrafiltration et microfiltration tangentielle – Cross flow ultra and microfiltration – *Revue des oenologues* n° 57S, 1990

Bidan, P., and Y. Collon. Métabolisme du Soufre chez la levure. *Bull. O.I.V.* 652-653:544-563 (1985).

Bisson, L. F. (1991) Influence of nitrogen on yeast and fermentation of grapes. *Proceedings, International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine*, Seattle, 78-89

Bisson, L. F. (1999) Stuck and Sluggish Fermentations. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 50, No. 1, 107-119

Bortolin, M. Valutazione del consumo di ossigeno di vini diversi aggiunti di acido ascorbico e metabisolfito di potassio. Tesi di Diploma, Università di Padova (1995).

Caboulet D – La maîtrise du sulfitage des moûts et des vins – Master of sulfiting musts and wines – *Collection des Cahiers itinéraires d'ITV France* – n°3, mai 2002

Celotti E., Battistutta F., Vuerich A., Maifreni M., Zironi R. Evaluation of the oenological suitability of some strain of *Saccharomyces cerevisiae* for Sauvignon blanc. *Food Technol. Biotechnol.*, 1998, 36, 55-62.

Celotti, E., R. Ferrarini, F. Battistutta, and R. Zironi. Application de la technique de flottation - hyperoxygénation à la clarification du moût de Muscat de Canelli: incidence sur le profil aromatique des moûts et de vins. In: *Comptes Rendus du Symposium International Connaissance Aromatique des Cépages et Qualité du Vin*. 9 - 10 Febbraio. (Eds.), pp 220-229. Montpellier (F) (1993).

Charrier F, Cottureau P, Protection des vendanges blanches contre l'oxydation par emploi de l'acide ascorbique : Résultats expérimentaux - Protection against oxidation on white wine harvest by using of ascorbic acid: Experimental results – *Revue Française d'oenologie*, n° 201 juillet/août 2003

Cheyrier, V., G. Masson, J. Rigaud, and M. Moutounet. Estimation of must oxidation during pressing in Champagne. *Am. J. Enol. Vitic.* 44:393-399 (1993).

Celotti, E., R. Ferrarini, F. Battistutta, and R. Zironi. Application de la technique de flottation - hyperoxygénation à la clarification du moût de Muscat de Canelli: incidence sur le profil aromatique des moûts et de vins. In: *Comptes Rendus du Symposium International Connaissance Aromatique des Cépages et Qualité du Vin*. 9 - 10 Febbraio. (Eds.), pp 220-229. Montpellier (F) (1993).

Charrier F, Cottureau P, Protection des vendanges blanches contre l'oxydation par emploi de l'acide ascorbique: Résultats expérimentaux - Protection against oxidation on white wine harvest by using of ascorbic acid : Experimental results – *Revue Française d'oenologie*, n° 201 juillet/août 2003

Cheyrier, V., G. Masson, J. Rigaud, and M. Moutounet. Estimation of must oxidation during pressing in Champagne. *Am. J. Enol. Vitic.* 44:393-399 (1993).

Cheyrier, V., Souquet, J. M, and Moutounet, M. (1989): Glutathione content and glutathione to hydroxycinnamic acid ratio in vitis vinifera grapes and musts. *Am. J. Enol. Vitic.* 40: 320-324

Comuzzo, P. L'anidride solforosa in enologia. *Alternative al suo impiego nella tecnologia dei vini bianchi*. *Bioagricultura* 82:41-44 (2003).

Comuzzo, P., and L. Tat. *Alternative all'anidride solforosa in enologia - Parte I - Tecnologia dei vini bianchi*. *Industrie delle Bevande* 187:450-456 (2003).

Comuzzo, P., and L. Tat. *Alternative all'anidride solforosa in enologia - Parte II - Tecnologia dei vini rossi*. *Industrie delle Bevande* 187:457-462, 466 (2003).

Cottureau P – Les pratiques oenologiques intégrées – *Integrated Oenological practices - Revue Française d'oenologie*, n° 206 mai/juin 2004

Di Primio, G. Consumi di ossigeno e cinetico di ossidazione in mosti di uve bianche: prove di laboratorio ed esperienze di cantina. Tesi di Laurea, Università di Udine (1997).

Ditrich, H.H.; Grossmann, M. (2005) *Mikrobiologie des Weines- Handbuch der Getränketechnologie* Ulmer Verlag Stuttgart

Eschenbruch, R. (1974) Sulphite and sulfide formation during wine-making – a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 25, 157-161

Elskens, M. T., Jaspers, C. J. et al. (1991) Glutathione as an endogenous sulphur source in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *J.Gen.Microbiol.* 137, 637-644

Glowacz, E.; Grimm, C.; Bös, R.; Walz, S.; Rauhut, D.; Löhnertz, O.; Babuchowski, A.; Grossmann, M. (1999 a) Commercial wine yeasts and their requirements of amino acids during fermentation of different grape musts. *Tagungsband Oenologie 99, 6e Symposium International d'Oenologie, Bordeaux/Frankreich*, 10-12.06.1999, 231-234

Grossmann, M.; Hagemann, O.; Sponholz, W.-R.; Rauhut, D.; Glowacz, E.; Löhnertz, O. (2000) Diversity in nutritional demands of commercial sparkling wine yeasts to ensure accuracy of second fermentation. *Les entretiens scientifiques Lallemand*. 2-4, Mai 2000, 21-26

Fischer, U. (2003) *Grundsätzliche und aktuelle Tipps –SO2 im Jahrgang 2003* das deutsche Weinmagazin 20/ pg 31- 35

Henick-Kling, T.; Edinger, W. D. and Larsson-Kovach, I.-M. (1996) Survey of available nitrogen for yeast growth in New York grape musts. *Vitic. Enol. Sci.* 51 (3), 169-174

Henschke, P. A. and Jiranek, V. (1993) Yeasts: metabolism of nitrogen compounds. *Fleet, G. H., Hrsg. Wine microbiology and biotechnology*. (Harward Academic Publishers: Switzerland), 77-164

Herrmann, J.V.; Schindler, E.; Maier, Ch.; Geßner, M.; Miltenberger, R. (2008) Entwicklung von Mikroorganismen bei der Spontangärung – Untersuchungen zum Einfluss von SO2 und Ascorbinsäure. *Das deutsche Weinmagazin* 13/ pg 18 -25

Hernandez, M. R. Les technologies de vinification permettant de diminuer les doses de SO2. *Bull. O.I.V.* 652-653:617-620 (1985).

Izawa, S., Inoue, Y. et al. (1995) Oxidative stress response in yeast; effect of glutathione on adaptation to hydrogen peroxide stress in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEBS Letters* 368, 73-76

Jacob, I.; Hamatschek, J.; Scholten, G. (1996) *Der Wein – Handbuch der Getränketechnologie* Ulmer Verlag Stuttgart

Lafon-Lafourcade, S. Role des microorganismes dans la formation de substances combinant le SO2. *Bull. O.I.V.* 652-653:590-604 (1985)

Löhnertz, O., B. Prior, et al. (1998) Influence of N-supply and Soil Management on the Nitrogen Composition of Grapes. *Proceedings of the XXV International Horticultural Congress (Part 2). Mineral Nutrition and Grape / Wine Quality, Mineral Management to Optimize Fruit Quality . Acta Horticulturae* 512, Brussels, August 1998.: 55-64

Leitao, M. C., A. P. Marques, and M. V. San Romao. A survey of biogenic amines in commercial Portuguese wines. *Food Control* 16:199-204 (2005).

Löhnertz, O.; Bastian, H.; Stecher, H.; Schubert, S.; Rauhut, D. (2001) Impact of N- and S-fertilization of grape vines on the concentration of the antioxidant Glutathione in leaves and berries. *XXVI World Wine and Vine Congress (OIV)*, Adelaide-Australien, 11. - 17. October 2001, *Proceedings*, 21-27

Meistermann, E. Hyperoxygénation des moûts - essai réalisés en Alsace. *R. F. OE.* 117:23-29 (1990).

Muller - Spath, H. Neueste Erkenntnisse über den Sauerstoffeinfluss bei der Weinbereitung - aus der Sicht der Praxis. *Weinwirtschaft* 113:144-157 (1977).

Cheyrier, V., Souquet, J. M, and Moutounet, M. (1989): Glutathione content and glutathione to hydroxycinnamic acid ratio in vitis vinifera grapes and musts. *Am. J. Enol. Vitic.* 40: 320-324

Comuzzo, P. L'anidride solforosa in enologia. *Alternative al suo impiego nella tecnologia dei vini bianchi*. *Bioagricultura* 82:41-44 (2003).

Comuzzo, P., and L. Tat. *Alternative all'anidride solforosa in enologia - Parte I - Tecnologia dei vini bianchi*. *Industrie delle Bevande* 187:450-456 (2003).

Comuzzo, P., and L. Tat. *Alternative all'anidride solforosa in enologia - Parte II - Tecnologia dei vini rossi*. *Industrie delle Bevande* 187:457-462, 466 (2003).

Cottreau P – Les pratiques œnologiques intégrées – Integrated oenological practices - Revue Française d'œnologie, n° 206 mai/juin 2004

Di Primio, G. Consumi di ossigeno e cinetiche di ossidazione in mosti di uve bianche: prove di laboratorio ed esperienze di cantina. Tesi di Laurea, Università di Udine (1997).

Dittrich, H.H.; Grossmann, M. (2005) Mikrobiologie des Weines- Handbuch der Getränke-technologie Ulmer Verlag Stuttgart

Eschenbruch, R. (1974) Sulphite and sulfide formation during wine-making – a review. American Journal of Enology and Viticulture, 25, 157-161

Elskens, M. T., Jaspers, C. J. et al. (1991) Glutathione as an endogenous sulphur source in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. J.Gen.Microbiol. 137, 637-644

Głowacz, E.; Grimm, C.; Bös, R.; Walz, S.; Rauhut, D.; Löhnertz, O.; Babuchowski, A.; Grossmann, M. (1999 a) Commercial wine yeasts and their requirements of amino acids during fermentation of different grape musts. Tagungsband Oenologie 99, 6e Symposium International d'Oenologie, Bordeaux/Frankreich, 10-12.06.1999, 231-234

Grossmann, M.; Hagemann, O.; Sponholz, W.-R.; Rauhut, D.; Glowacz, E.; Löhnertz, O. (2000) Diversity in nutritional demands of commercial sparkling wine yeasts to ensure accuracy of second fermentation. Les entretiens scientifiques Lallemand. 2-4, Mai 2000, 21-26

Fischer, U. (2003) Grundsätzliche und aktuelle Tipps –SO<sub>2</sub> im Jahrgang 2003 das deutsche Weinmagazin 20/ pg 31- 35

Henick-Kling, T.; Edinger, W. D. and Larsson-Kovach, I.-M. (1996) Survey of available nitrogen for yeast growth in New York grape musts. Vitic. Enol. Sci. 51 (3), 169-174

Henschke, P. A. and Jiranek, V. (1993) Yeasts: metabolism of nitrogen compounds. Fleet, G. H., Hrsg. Wine microbiology and biotechnology. (Harwood Academic Publishers: Switzerland), 77-164

Herrmann, J.V.; Schindler, E.; Maier, Ch.; Geßner, M.; Miltenberger, R. (2008) Entwicklung von Mikroorganismen bei der Spontangärung – Untersuchungen zum Einfluss von SO<sub>2</sub> und Ascorbinsäure. Das deutsche Weinmagazin 13/ pg 18 -25

Hernandez, M. R. Les technologies de vinification permettant de diminuer les doses de SO<sub>2</sub>. Bull. O.I.V. 652-653:617-620 (1985).

Izawa, S., Inoue, Y. et al. (1995) Oxidative stress response in yeast; effect of glutathione on adaption to hydrogen peroxide stress in *Saccharomyces cerevisiae*. FEBS Letters 368, 73-76

Jacob, I.; Hamatschek, J.; Scholten, G. (1996) Der Wein – Handbuch der Getränke-technologie Ulmer Verlag Stuttgart

Lafon-Lafourcade, S. Role des microorganismes dans la formation de substances combinant le SO<sub>2</sub>. Bull. O.I.V. 652-653:590-604 (1985)Löhnertz, O., B. Prior, et al. (1998) Influence of N-supply and Soil Management on the Nitrogen Composition of Grapes. Proceedings of the XXV International Horticultural Congress (Part 2). Mineral Nutrition and Grape / Wine Quality, Mineral Management to Optimize Fruit Quality . Acta Horticulturae 512, Brussels, August 1998.: 55-64

Leitao, M. C., A. P. Marques, and M. V. San Romao. A survey of biogenic amines in commercial Portuguese wines. Food Control 16:199-204 (2005).

Löhnertz, O.; Bastian, H.; Stecher, H.; Schubert, S.; Rauhut, D. (2001) Impact of N- and S-fertilization of grape vines on the concentration of the antioxidant Glutathione in leaves and berries. XXVI World Wine and Vine Congress (OIV), Adelaide-Australien, 11. - 17. October 2001, Proceedings, 21-27

Meistermann, E. Hyperoxygenation des mouts - essai réalisés en Alsace. R. F. OE. 117:23-29 (1990).

Müller - Spath, H. Neueste Erkenntnisse über den Sauerstoffeinfluss bei der Weinbereitung - aus der Sicht der Praxis. Weinwirtschaft 113:144-157 (1977).

Nicolini, G., R. Larcher, and D. Bertoldi. Free amines in grape juices of *Vitis vinifera* L. wine varieties. Journal of Commodity Science 42:67-77 (2003).

Ospital, M., J.-M. Cazabail, A.-M. Betbeder, C. Tricard, E. Creppy, and B. Medina. L'ochratoxine A dans les vins. Revue Francaise d'Oenologie 169:16-18 (1998).

Ottender, H., and P. Majerus. Occurrence of ochratoxine A in wines: influence of the type of wine and its geographical origin. Food Additives and Contaminants 17:793-798 (2000).

Peterlunger E., Celotti E., Da Dalt G., Stefanelli S., Gollino G., Zironi R. Effect of training system on Pinot noir grape and wine composition. Am. J. Enol. Vitic., 2002, 53, 1, 14-18.

Pripis-Nicolau, L., de Revel, G., Bertrand, A. and Lonvaud-Funel, A. 2004. Methionine catabolism and production of volatile sulphur compounds by *Oenococcus oeni*. Journal of Applied Microbiology 2004, 96, 1176-1184

Rapp, A. and Versini, G. (1996) Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wines. Vitic. Enol. Sci. 51 (3), 193-203

Rauhut, D. (2003) Impact of volatile sulphur compounds on wine quality. In: Sulphur Transport and Assimilation in Plants. Edited by Davidian, J.-C., Grill, D., De Kok, L. J., Stulen, I., Hawkesford, M. J., Schnug, E. and Rennenberg, H., Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, 121-131

Rauhut, D., Gawron-Scibek, M. Beisert, B., Kondzior, M., Schwarz, R., Kürbel, H., Krieger, S. (2004b) Impact of S-containing amino acids and glutathione on growth of *Oenococcus oeni* and malolactic fermentation. Proceedings XVLES ENTRETIENS SCIENTIFIQUES LALLEMAND, 4-5 May 2004, Porto, 33-38

Rauhut, D. and Kürbel, H. (1996) Identification of wine aroma defects caused by sulphur-containing metabolites of yeasts. In: Oenologie 95, 5e Symposium International d'Oenologie (Proceedings), Bordeaux-Lac, 15 to 17 June 1995, Coordonnateur Lonvaud-Funel, A., Technique & Documentation: Londres, Paris, New York, 515-519

Rauhut, D.; Kürbel, H.; Schneider, K.; Grossmann, M. (2000 b) Influence of nitrogen supply in the grape must on the fermentation capacity and the quality of wine. Proceedings of the XXV International horticultural congress (2-7 Aug '98), Part 2, Acta Horticulturae 512, March 2000; 93-100

Rauhut, D.; Riegelhofer, M.; Ottes, G.; Weisbrod, A.; Hagemann, O.; Glowacz, E.; Löhnertz, O.; Grossmann, M. (2000 e). Investigation of nutrient supply and vitality of yeasts leading to quality improvement of wines and sparkling wines. XXVème Congrès Mondial de la Vigne et du Vin, Paris 19-23 Juni 2000, Section II, Oenologie, 101-106

Rauhut, D., Kürbel, H. and Großmann, M. (1995) Influences of yeast strain and assimilable nitrogen on the formation of undesirable volatile sulphur compounds during fermentation. Proceedings of the SASEV International Congress 8.- 10. Nov. 1995, Cape Town, South Africa, 9-12

Rauhut, D.; Kürbel, H.; Ellwanger, S.; Löhnertz, O.; Großmann, M. (1999 b) Influence of yeast strain, assimilable nitrogen, fermentation temperature and sulphur residues on the occurrence of volatile sulphur compounds during and after fermentation. Tagungsband Oenologie 99, 6e Symposium International d'Oenologie, Bordeaux/Frankreich, 10-12.06.99, 305-308

Rauhut, D., Shefford, P. G., Röll, C., Kürbel, H., Löhnertz, O. (2003a) Effect of diverse oenological methods to avoid occurrence of atypical aging and related off-flavours in wine. 7th International Symposium of Oenology, Coordinateurs: Lonvaud-Funel, A., de Revel, G., Darriet, P., Editions Tec & Doc 11, rue Lavoisier, Londres, Paris, New York, ISBN 2-7430-0649-8, 376-379

Ribéreau-Gayon, P.; Dubourdien, D.; Donécke, B. (2000) Handbook of Enology Vol. 1 – The Microbiology of wine and vinifications. John Wiley & Sons Ltd, England

Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2006) Handbook of Enology, Volume 2, John Wiley and Sons Ltd, England

Romano, P. and Suzzi, G. (1993) Sulphur dioxide and wine micro-organisms. In: Wine microbiology and biotechnology, edited by Graham H. Fleet, Harwood Academic Publishers GmbH, Chur Switzerland, 373-393

Russeau, J., and L. Blateyron. Ochratoxine A dans les vins: pas de solution curative sur vin, priorité à la maîtrise sanitaire au vignoble. Revue des Oenologues 104:14-16 (2002).

Sablayrolles, J. M. (1996) Sluggish and stuck fermentations. Effectiveness of Ammonium-Nitrogen and oxygen additions. Vitic. Enol. Sci. 51 (3), 147-151

Salmon, J. M. (1996) Sluggish and stuck fermentations: Some actual trends on their physiological basis. Vitic. Enol. Sci. 51 (3), 137-140

Schopfer, J. F. Development of SO<sub>2</sub> during alcoholic fermentation and the technical possibilities of reducing the SO<sub>2</sub> content of wine. Bull. O.I.V. 542-543:313-326 (1976), Schopfer, J.-F., and J. Aeryn. Le rôle de l'anhydride sulfurique en vinification. Bull. O.I.V. 652-653:514-542 (1985).

Schmitt, A.; Köhler, H.; Miltenberger, R.; Curschmann, K. (1986) Versuche zum reduzierten Einsatz bzw. zum Verzicht von SO<sub>2</sub> bei der Weinbereitung (Teil 1 & 2) Der Deutsche Weinbau 31/32 pg 1504-1506; 1534-1538

Steidl R. (2004) Schönung und Stabilisierung – Winzerpraxis Ulmer Verlag Stuttgart

Suzzi, G. and Romano, P. (1982) Induced changes by SO<sub>2</sub> on the population of *Saccharomyces* as agents of the natural fermentation of musts. Vini d'Italia, 24, 138-145

Suzzi, G. and Romano, P. (1982) Induced changes by SO<sub>2</sub> on the population of *Saccharomyces* as agents of the natural fermentation of musts. Vini d'Italia, 24, 138-145

Suzzi, G., Romano, P. and Zamponelli, C. (1985) *Saccharomyces* strain selection in minimising SO<sub>2</sub> requirement during vinification. American Journal of Enology and Viticulture, 36, 199-202

Tat L., Battistutta F., Comuzzo P., Zironi R. Rôle des différents copeaux de bois de chène dans la libération de composés non volatils en solution modérée. Bull. O.I.V., 2004, 877-878, 276-299.

Tominaga, T., Murat, M.-L. and Dubourdieu, D. (1998 a) Development of a method for analysing the volatile thiols involved in the characteristic aroma of wines made from *Vitis vinifera* L. Cv. Sauvignon blanc. J. agric. Food Chem., 46, 1044-1048

Trioli, G. (1996) Effect of Fermaid addition to white grape juice on the behavior of several commercial yeast strains. Vitic. Enol. Sci. 51 (3), 204-209

Troost, G. (1980) Technologie des Weines – Handbuch der Getränke-technologie, Ulmer Verlag Stuttgart

Usseglio-Tomasset, L. (1985) Les technologies de vinification permettant de diminuer les doses de SO<sub>2</sub>. Bull. O.I.V. 652-653:606-616

Vaimakis, V. and Roussis, I. G. (1996). Must oxygenation together with glutathione addition in the oxidation of white wine. Food Chemistry 57 (3), 419-421

Valouyko, G. G., N. M. Palvenko, and S. T. Ogorodnik. Les technologies de vinification permettant de diminuer les doses de SO<sub>2</sub>. Bull. O.I.V. 652-653:637-644 (1985).

Viana Marquez Gomez, J., and M. F. Da Silva Babo. Les technologies de vinification permettant de diminuer les doses de SO<sub>2</sub>. Bull. O.I.V. 652-653:624-636 (1985).

Wucherpfennig, K. (1978) Wie gefährlich ist die schwefelige Säure für den Organismus? Dt. Weinbaujahrbuch pg 211- 227

Wucherpfennig, K. (1984) Die schwefelige Säure im Wein – Önologische und toxikologische Aspekte. Eine Studie im Auftrag der Kommission der Europäischen Gemeinschaft

Würdig, G. Levures produisant du SO<sub>2</sub>. Bull. O.I.V. 652-653:582-589 (1985).

Zimmerli, B., and R. Dick. Ochratoxin A in table wine and grape-juice: occurrence and risk assessment. Food Additives and Contaminants 13:655-668 (1996).

Zironi, R., P. Comuzzo, and F. Battistutta. La vinificazione delle uve ottenute da viticoltura biologica. Pytomagazine 7:133-137 (2004).

Zironi R., Celotti E., Battistutta F. Research for a marker of the hyper-oxygenation treatment of musts for the production of white wines. Am. J. Enol. Vitic., 1997, 48, 150-156.

Zürrn, F. (1976) Einfluss von kelertechnischen Maßnahmen auf den Schwefelbedarf der Weine Die Wein-Wissenschaft, 31/ pg 145-159

## ■ 3. NOTES TECHNIQUES

### 3.1. Standards hygiéniques (Cottureau, P.)

#### Notions générales d'hygiène

Pour offrir au consommateur un aliment sain et de bonne conservation, un certain nombre de règles d'hygiène doivent être observées, qui conditionneront les opérations de nettoyage/désinfection qui pourront être effectuées:

- partir d'une matière première de bonne qualité: les traitements à appliquer sur la matière première elle-même vont beaucoup dépendre de l'aliment considéré;
- nettoyer et désinfecter le matériel et/ou les surfaces:
  - pour les surfaces alimentaires qui seront ou pourront être en contact avec les denrées, les méthodes de nettoyage/désinfection répondent à des critères précis,
  - pour les surfaces non alimentaires (sols, murs, plafonds...), elles doivent être maintenues propres en permanence pour éviter des contaminations croisées entre des zones mal entretenues et les surfaces alimentaires, voire les denrées elles-mêmes
- assurer une bonne hygiène de l'atmosphère: le traitement de l'atmosphère de la cave est devenu pour beaucoup d'industries le complément indispensable des mesures classiques d'hygiène appliquées au niveau des surfaces. En effet, les micro-organismes sont véhiculés par les poussières de l'air ambiant et risquent de se déposer sur les surfaces alimentaires après leur nettoyage et désinfection;
- ne pas négliger l'hygiène du personnel;
- respecter les normes des opérations de transformation et de conservation des aliments,

L'hygiène est donc un ensemble de mesures et de comportements présents à chaque instant. L'hygiène sera facilitée d'autant si on travaille dans des locaux bien conçus, avec un matériel et un process adaptés, un personnel formé et informé.

#### L'hygiène en oenologie

L'hygiène en oenologie n'a pas la même application que dans les industries agro-alimentaires où un niveau d'hygiène insuffisant ou une hygiène mal appliquée peuvent entraîner des TIAC (Toxi-infections alimentaires collectives).

Le vin, du fait de sa composition (pH bas et teneur en éthanol élevée) est un milieu hostile à beaucoup de germes pathogènes. Toutefois, le manque d'hygiène en oenologie peut entraîner **l'altération du produit** (développement microbien) ou encore **une mauvaise évolution organoleptique**. Ces problèmes sont principalement dus aux levures (oxydatives et quelques fermentaires), aux moisissures, aux bactéries acétiques et aux bactéries lactiques.

En oenologie, avoir le souci de l'hygiène est une démarche liée:

- **à la réglementation existante:**
  - respect de la Directive Européenne n°93-43 CEE du Conseil du 14/06/1993 (appelée Directive hygiène).
  - respect des normes analytiques du vin. Celles-ci peuvent être émises par l'Office

International de la Vigne et du Vin (O.I.V.), sous forme de recommandations, avant qu'elles ne soient définitivement adoptées par la Commission Européenne (CEE).

- respect de la directive « Machines » 98/37/CEE, qui concerne les exigences en termes d'hygiène pour les machines agro-alimentaires;
- respect de l'environnement;
- respect des règles sur les eaux destinées à la consommation humaine;
- respect du code du travail relatif à la sécurité du personnel lors de la préparation et de l'utilisation de produits chimiques.

- **à la qualité du produit:**

- limiter les contaminations chimiques (métaux lourds, pesticides,...).
- limiter l'oxydation du moût;
- favoriser les micro-organismes utiles au cours des fermentations;
- contribuer à atteindre et maintenir des faibles populations microbiennes au cours de la stabilisation et de l'embouteillage;
- éviter ou limiter les traitements thermiques et les apports de stabilisants chimiques.

- **aux engagements commerciaux:**

- élimination des souillures, liée à l'esthétisme (notamment dans le cadre de la vente en direct);
- respect de normes, ou plus spécifiquement de demandes explicites liées à des contrats commerciaux.

#### Application de l'hygiène en cave

L'application de l'hygiène requise en oenologie est fonction de l'activité fluctuante de la cave ou du chai au cours de l'année (pic d'activités au moment des vendanges), de la diversité des produits rencontrés (vins rouges, vins blancs, effervescents, vins stabilisés ou non, vins filtrés ou non,...), des matériaux (bois, inox, béton,...).

Pour la filière vins comme pour toutes les industries agro-alimentaires, un plan d'hygiène doit être élaboré afin de planifier au mieux les opérations de nettoyage/désinfection, en termes de procédures, fréquence et contrôle. Cependant, en oenologie il est envisageable et même raisonnable de définir des niveaux d'hygiène (tableau n°1), sachant que l'hygiène en oenologie est d'autant plus stricte que le vin est proche de la mise en bouteille.

Niveau d'hygiène	Pourquoi?	Comment?	Où?
Minimum	Éliminer les grosses souillures: terre, feuille, marc	Prélavage	Sols Matériels de récolte
Élémentaire	Éliminer les souillures	Prélavage Nettoyage (avec brosse ou détergent) Rinçage	Fouloirs Pressoirs Locaux de vinification et de stockage en vrac
Poussé	Éliminer les souillures et appauvrir le milieu afin de limiter la croissance des micro-organismes	Prélavage Nettoyage Rinçage Désinfection Rinçage	Têtes de récolte des machines à vendanger Surfaces en contact avec le moût et le vin Tuyaux, pompes, vannes
Très poussé	Abaisser la population de germes en dessous d'un seuil prédéterminé	Prélavage Nettoyage Rinçage Désinfection Rinçage Contrôle	Surface en contact avec les moûts dans le cas d'un ensemencement spécifique Chaîne de mise en bouteilles

**Tableau n°1 : Niveaux d'hygiène en oenologie**

Source: Guide pratique de l'hygiène en oenologie – ITV, 1985

Il est ainsi possible d'adapter son plan d'hygiène en fonction des stades critiques de la vinification.

Les moyens mis à la disposition de la filière oenologique sont des moyens chimiques, physiques et/ou mécaniques.

**Les moyens chimiques** sont les produits de nettoyage/désinfection homologués, permettant le détartrage et le dé-rougissement des matériaux en contact avec le moût ou le vin.

**Les moyens physiques** sont la chaleur, plus particulièrement la vapeur (sous forme de chaleur humide, de vapeur ou d'eau chaude), mais également des procédés tels que les micro-ondes, les ultraviolets, ...

**Les moyens mécaniques** sont principalement des moyens renforçant l'action et/ou facilitant l'application des produits de nettoyage/désinfection (brosses, canon à mousse, raclettes, balles en mousse pour les circuits fermés, ...).

Parmi les moyens mécaniques, l'eau grâce à une application haute pression, permet également d'assurer un prélavage poussé et un rinçage efficace.

L'hygiène consiste à éliminer les souillures. Pour cela, les phases de nettoyage et de désinfection sont indispensables et complémentaires:

- le nettoyage va permettre d'éliminer les souillures visibles ou microscopiques adhérant à une surface, pour la rendre propre,
- la désinfection a pour but de réduire de façon importante mais momentanée la popula-

tion de micro-organismes nuisibles à la qualité. Les souillures pouvant protéger les micro-organismes, la désinfection doit toujours être précédée d'un nettoyage.

Quel que soit le type de souillure, la nature et l'état de surface du matériel, toute procédure d'hygiène est constituée des étapes suivantes: le prélavage, le nettoyage, le rinçage, la désinfection et enfin, le rinçage final.

Les étapes diffèrent quelque peu selon que l'on utilise deux agents (un agent nettoyant puis un agent désinfectant) ou un seul agent mixte (nettoyant et désinfectant).

Le choix du détergent ou désinfectant prend en compte la nature des souillures, des propriétés des surfaces à nettoyer (supports) en particulier la stabilité chimique, mécanique et thermique du matériau, mais également des risques de corrosion.

Autre paramètre souvent négligé, la qualité de l'eau, en particulier sa dureté, est très importante. La composition de l'eau peut être très variable d'une région à une autre.

### Hygiène et Environnement

Le respect de l'environnement est aujourd'hui une priorité. Les abus et catastrophes passés ont permis de mesurer l'importance des pollutions liées à l'activité industrielle ou agricole, et de mettre en oeuvre tous les moyens pour les minimiser et les contrôler.

Pour le secteur vinicole, les opérations de nettoyage indispensables au maintien de l'hygiène des chais et du matériel, peuvent être à l'origine des rejets organiques et chimiques. Avant de penser à traiter ces rejets, il est important d'essayer de réduire à la source la charge polluante et de diminuer le volume des rejets sans pour autant porter préjudice à l'hygiène, qui doit rester la préoccupation prioritaire de l'élaborateur.

Nettoyer avec des rejets moins importants et moins polluants est un impératif qui peut être atteint en prenant en compte à la fois l'organisation du travail, le choix du matériel et produits de nettoyage, ainsi que la conception des chais.

L'exemple le plus pertinent est la gestion de l'eau. La formation et la sensibilisation du personnel, associées éventuellement à des relevés réguliers de compteurs d'eau, est un préalable indispensable à toute politique de gestion de l'eau. Parallèlement, l'installation de dispositifs d'arrêt automatiques permet de réduire les pertes d'eau.

Ainsi, selon le type de nettoyage à réaliser, il est possible d'obtenir un résultat équivalent en utilisant moins d'eau et souvent en rejetant moins de pollution. Au niveau des produits de nettoyage, le nettoyage en place (NEP) et le recyclage, déjà opérationnels pour des solutions de soude de détartrage, devraient se développer à court terme surtout pour les structures de production importantes.

Le dispositif de canon à mousse, en augmentant le temps de contact, notamment dans le cas des zones verticales, contribue à améliorer les performances des dispositifs de nettoyage.

De même, la généralisation des circuits d'eau chaude va dans le sens d'une optimisation des nettoyages avec moins d'eau.

Les opérations liées à l'hygiène représentent une part prépondérante de la pollution issue des caves. La prise en compte de plus en plus importante de l'environnement dans le domaine législatif et dans l'image du produit, justifie le développement de technologies de nettoyage moins polluantes, moins consommatrices d'eau ou offrant des possibilités de recyclage. Cet impératif doit également être pris en compte dans la formation et dans les orientations de la recherche de la filière vinicole.

Réalisé à partir de: *Hygiène en oenologie – Nettoyage – Désinfection – HACCP* Ouvrage Collectif d'ITV France coordonné par Fabien Leroy – 2004 – Edition DUNOD

### 3.2 Contrôle des températures (Werner, M.; Rauhut, D.)

#### Effet de la température sur les moûts et les vins

##### Comment le contrôle des températures peut-il aider à éviter les additifs?

Le contrôle des températures durant le processus de vinification est important pour la qualité finale du vin. Même s'il ne peut pas remplacer toutes ses fonctions, il peut partiellement suppléer l'effet du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).

La température influence l'activité des enzymes présents à différents moments de la production de vin. Il y a déjà des enzymes sur le raisin et elles peuvent altérer les arômes par **oxydation** et influencer la **dégradation de la vendange foulée** durant la macération. Elles sont aussi responsables des **processus métaboliques des micro-organismes** tels que les bactéries, les levures et les champignons. Les espèces les plus importantes concernées en vinification sont: les bactéries acétiques, les bactéries lactiques, les levures et le champignon *Botrytis cinerea*. Leur activité est toujours influencée par la température. De là, le vigneron a la possibilité de contrôler ces facteurs en contrôlant les températures. Une augmentation de la température accélère les processus enzymatiques. Dans les systèmes biologiques, il n'y pas d'activité au-dessous de 0°C. Au-dessus, les réactions démarrent lentement et atteignent un maximum à environ 37°C. Les températures encore plus élevées changent la structure enzymatique et conduisent à une diminution et finalement à l'arrêt de l'activité enzymatique. Pour cela, chaque processus enzymatique a son propre optimum et le vigneron peut choisir entre ralentir et accélérer l'activité de certains micro-organismes en contrôlant la température.

#### La vendange

A la vendange et au broyage des raisins, les températures devraient être aussi basses que possible afin de minimiser l'activité des champignons (p. ex. *Botrytis cinerea*, *Trichothecium roseum*), des bactéries (p. ex. *Gluconobacter*, *Acetobacter*) et des levures indésirables (p. ex. des souches autres que *Saccharomyces*) pouvant se trouver sur les raisins. Dès que les raisins sont blessés, des sucres sont disponibles pour le métabolisme des micro-organismes. C'est pour cela que l'apport de dioxyde de soufre a l'effet d'inhiber leur activité et celles des enzymes. Le contrôle des températures est un instrument adéquat pour maîtriser ces réactions. La température devrait être basse durant toute la durée de la vendange: récolte des raisins, transport, broyage et macération (si appliquée). Ce n'est qu'en évitant la multiplication des champignons, bactéries et levures indésirables sur le raisin que l'on peut éviter la formation d'acides volatiles, de toxines et/ou d'éthanol à ce stade précoce de la production de vin. Les grappes broyées exposées au soleil et à de hautes températures perdent toujours en qualité. Si les raisins sont blessés ou infectés par des champignons, les levures indigènes présentes peuvent former de l'éthanol. Ensuite celui-ci peut être transformé en acide acétique par des bactéries acétiques. Comme une variété de micro-organismes n'est jamais seule, la gestion des raisins broyés influence toujours beaucoup de facteurs différents. Ribéreau-Gayon et al (2006) recommandent de récolter les raisins à des températures au-dessous de 20 °C. De plus, ils stipulent que les raisins récoltés doivent être aussi intacts que possible durant le transport. Ceci ne réduit pas seulement la croissance de micro-organismes mais aussi l'oxydation des moûts et la macération des rafles.

#### Traitement du moût

Si l'on suit un traitement du moût réductif il faut éviter les processus d'oxygénation induits par des

enzymes. Certaines enzymes (peroxydase, oxydase polyphénolique) sont capables de transférer l'oxygène aérien à certains composants du vin, ce qui provoque un amoindrissement de l'expression aromatique et des brunissements du moût. De faibles dosages de dioxyde de soufre et de basses températures peuvent inhiber cette activité. En général le moût blanc est très sensible à l'oxygénation puisque les arômes des moûts et vins blancs sont plus fragiles que ceux des moûts ou vins rouges.

Pour la clarification, la sédimentation statique est une pratique commune. Les éléments solide en suspension dans les moûts sont souvent associés à des effets négatifs sur la qualité du vin; il est donc recommandé de clarifier le moût pour atteindre un bas niveau de troubles, soit environ 200 NTU (Ribéreau-Gayon et al, 2006 ). De nouveau, les températures basses (< 20 °C) favorisent la sédimentation des solides. L'élimination des sédiments peut aussi réduire le nombre d'enzymes oxydatives (activité de l'oxydase). Cette réduction peut être atteinte en soutirant le sédiment ou par un traitement thermique. La chaleur dénature les enzymes et permet de réduire les dosages de dioxyde de soufre durant cette étape de vinification (Troost, 1988).

#### Température de fermentation

Comme l'activité des micro-organismes dépend toujours de la température du milieu, l'activité fermentative des levures *Saccharomyces cerevisiae* est influencée par la température du moût. Du point de vu du métabolisme, des températures entre 20-25 °C sont très favorables au déroulement de la fermentation alcoolique. Mais à ces températures, on risque une trop forte activité fermentative et la perte de composants aromatiques. La fermentation alcoolique devrait donc en général être réalisée à des températures entre 15-18°C afin d'accomplir une fermentation totale et sûre. Si les fermentations sont refroidies à 10°C ou plus bas, il faut employer des souches de levures sélectionnées pouvant réaliser la fermentation alcoolique à ces températures. Les fermentations spontanées avec des levures indigènes prennent d'habitude plus de temps, spécialement à basse température. Ces dernières inhibent la croissance de levures indigènes retardant ainsi le départ de la fermentation.

#### Stabilisation

Même si la consommation d'énergie est plutôt élevée, la stabilisation au froid est un moyen de stabiliser le vin. Le refroidissement du vin à des températures proches du point de congélation génère deux principaux types de précipitation. Premièrement la précipitation de cristaux tartriques. Deuxièmement la précipitation des substances colloïdales telles que substances colorantes et les protéines instables. Ce traitement effectif prévient une précipitation ultérieure en bouteille à condition que le vin embouteillé ne soit pas refroidi à une température plus basse que celle du traitement. L'activité microbienne n'est pas réduite par une stabilisation froide. Les micro-organismes doivent être éliminés par filtration stérile. Des stabilisations additionnelles sont atteintes par une dose adéquate de dioxyde de soufre avant la mise en bouteille ce qui préviendra les pertes d'arômes ou les changements de couleur durant le vieillissement en bouteille. De basses températures permanentes ralentiront le processus de vieillissement durant la garde.

#### Références:

Troost, G. (1988): Technologie des Weines (Handbuch der Lebensmitteltechnologie), 6 Auflage, Ulmer Verlag Stuttgart, p. 318  
Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., Lonvaud, A. (2006): Handbook of Enology Volume 1, John Wiley and Sons, England, p. 407-408

### 3.3 Gestion du SO<sub>2</sub> (Zironi, R.; Comuzzo, P.; Tat, L.; Scobioala, S.)

#### Importance de l'emploi de dioxyde de soufre sur les moûts et les vins

De nos jours les sulfites sont considérés comme des additifs essentiels à différents stades de la production de vin en raison de leurs effets antimicrobiens, antioxydants et antioxydasiques.

Sur les moûts et les vins, le dioxyde de soufre inhibe la croissance de bactéries et de levures sauvages alors que les levures sélectionnées (*Saccharomyces* spp.) possèdent une certaine tolérance contre cet additif. Ceci est très important du point de vue technique puisque cela influence la prédominance dans le milieu en fermentation des souches sélectionnées pour leur résistance au SO<sub>2</sub>. En sus de leur activité de sélectionner les micro-organismes fermentatifs, les sulfites ont d'autres effets microbiologiques. Les bactéries sont très sensibles au dioxyde de soufre; pour cela le sulfitage est un bon moyen pour empêcher la fermentation malolactique (si elle n'est pas désirée) ainsi que pour réduire le risque de pollution microbiennes (p. ex. le développement de bactéries acétiques ou des fermentation lactiques incontrôlées).

Sur les moûts l'action antioxydative du SO<sub>2</sub> consiste principalement au blocage des oxydations enzymatiques. L'apport de sulfites stoppe la consommation d'oxygène dans le moût en freinant les enzymes catalysant l'oxydation de composants phénoliques (oxydases polyphénoliques). L'une de ces enzymes, la tyrosinase, normalement présente sur le raisin, est totalement inactivée par des apports de SO<sub>2</sub> relativement bas (approx. 50 mg/l), alors qu'une autre enzyme, la laccase, produite par *Botrytis cinerea* et dérivée de raisins pourris, est moins sensible au dioxyde de soufre. Les risques de brunissement et d'oxydation sont donc plus élevés sur des moûts composés de raisins botrytisés.

Un autre avantage lié au sulfitage durant les stades précoces du processus de vinification est leur capacité d'améliorer l'extraction d'anthocyanes et de phénols durant la macération de raisins rouges. Le dioxyde de soufre peut dénaturer certaines protéines localisées sur les membranes des cellules pelliculaires du raisin en causant des micro-coulées et améliorant l'extraction de colorants. De plus, le dioxyde de soufre peut fixer des anthocyanes améliorant ainsi leur solubilité et leur extractibilité, spécialement dans un milieu alcoolique et aqueux. Le problème de cette interaction est la légère perte de couleur. Le moût résultant de l'interaction du SO<sub>2</sub> et des colorants (anthocyanes) est incolore.

Si l'effet antioxydatif du SO<sub>2</sub> touche surtout le moût et l'inhibition des enzymes, son emploi sur le vin fini est dû à sa capacité de réagir directement avec l'oxygène en présence de catalyseurs métalliques (p. ex. fer ou cuivre). Ce genre de réaction minimise la disponibilité d'oxygène dans le milieu et sa capacité de réaction avec d'autres substances telles que les polyphénols. Le dioxyde de soufre est donc particulièrement important pour la conservation du vin.

#### Les formes de dioxyde de soufre dans les moûts et les vins

Dans les moûts et les vins, le dioxyde de soufre est en équilibre entre différentes formes, soit le SO<sub>2</sub> total, libre et moléculaire.

Différents composants (sucres, carbones) moléculaires fixent le SO<sub>2</sub>. L'acétaldéhyde (MeCHO) est le plus réactif. Le résultat de son interaction avec les ions bisulfites est stable et sa formation réduit les propriétés antimicrobiennes et antioxydatives de l'additif. La part de SO<sub>2</sub> fixée par l'acétaldéhyde et d'autres composants représente la part combinée de l'additif lui-même.

L'équilibre du dioxyde de soufre dans les moûts et vins est représenté dans la figure 79.

The following Figure 79, describes explain the equilibrium of sulphur dioxide in musts and wines.

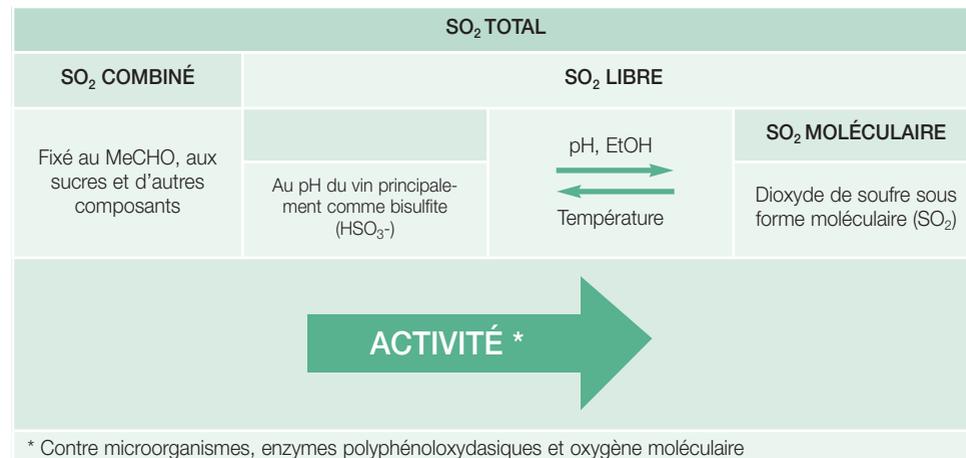


Fig. 79: Schéma de l'équilibre du dioxyde de soufre dans les vins

Au pH du vin, le dioxyde de soufre libre est principalement présent en tant qu'ion bisulfite (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>); bien que cette forme possède une bonne activité contre les microorganismes et l'oxydation, la forme la plus active est la moléculaire (SO<sub>2</sub>).

Le pourcentage de dioxyde de soufre libre en forme moléculaire dépend du pH: il est d'autant plus élevé que le pH est bas. Le degré alcoolique aussi influence l'équilibre entre les ions bisulfites le SO<sub>2</sub> moléculaire: la fraction moléculaire augmente avec la concentration alcoolique et la température.

L'acétaldéhyde est le fixateur de SO<sub>2</sub> le plus important dans les moûts et les vins. Plusieurs souches de levure peuvent produire du MeCHO en réaction à la présence de hauts taux de sulfites dans leur milieu de croissance; cela veut dire que l'addition de SO<sub>2</sub> en grande quantité peut causer une augmentation de la production d'acétaldéhyde par les levures et, en conséquence, une plus petite relation entre les SO<sub>2</sub> libres et totaux en fin de fermentation alcoolique<sup>8</sup>.

C'est pourquoi les vignerons tendent à limiter l'emploi de sulfites avant la fermentation alcoolique: réduire la production d'acétaldéhyde améliore la relation entre les SO<sub>2</sub> libres et totaux et permet plus de liberté d'apport d'additifs ultérieurs.

#### La toxicité des sulfites

Malgré les réactions essentielles décrites ci-dessus, le dioxyde de soufre est réputé comme substance toxique et allergène (LD<sub>50</sub>: 0,7-2,5 mg/kg poids du corps, suivant l'espèce animale; consommation journalière maximale 0,7 mg/kg poids du corps<sup>9</sup>), et peut pour cela avoir un impact important sur les aspects de santé humaine que perçoit le consommateur.

Les sulfites doivent être déclarés sur l'étiquette si leur teneur globale dans le vin dépasse les 10 mg/l (Rég. CE 1991/2004). Ceci représente un problème sérieux pour les vignerons (en parlant de l'opportunité de réduire les taux de SO<sub>2</sub>) et est une problématique importante pour le « secteur biologi-

<sup>8</sup> Increase of sulphur dioxide in combined form; for example, 100 mg/L of total SO<sub>2</sub> added before alcoholic fermentation can become, at the end of sugar depletion, 60-70 mg/L, with less than 10 mg/L in the free form.

<sup>9</sup> Ribéreau-Gayon et al., 1998. Traité d'Œnologie. Microbiologie du vin, Vinifications. Vol. I. Dunod, Paris.

que ». Même les producteurs conventionnels s'orientent vers une réduction du SO<sub>2</sub> dans leurs produits et peut-être que les consommateurs attendent des taux plus bas dans les vins biologiques. De plus, certaines questions quant à l'emploi de sulfites en oenologie ne sont toujours pas clarifiées. Par exemple: «de combien peut-on réduire les taux de SO<sub>2</sub> sans risquer une dégradation du goût et de la qualité ou sans augmenter la contamination microbienne ou l'oxydation durant la vinification ou durant la garde en fûts ou en bouteilles? »

### 3.4 Pratiques oenologique importantes pour réduire les taux de dioxyde de soufre (Zironi, R.; Comuzzo, P.; Tat, L.; Scobioala, S.)

#### Introduction

De nos jours différentes pratiques alternatives peuvent être utilisées pour réduire l'emploi de sulfites durant la vinification, mais leur élimination totale ne paraît à ce jour toujours pas possible.

Il est possible de réduire les dosages de sulfites pour le processus global de la vinification mais il n'existe pas de techniques permettant de les réduire ou remplacer à chaque étape du processus de transformation.

Sur les pages suivantes seront présentées quelques pratiques alternatives au SO<sub>2</sub> (additifs et auxiliaires technologiques).

#### Gestion correcte de l'inoculation de levures sélectionnées

Réaliser la fermentation alcoolique sans ajouts de sulfites veut dire que l'inoculation de levures sélectionnées a lieu sur un milieu hautement contaminé par des micro-organismes sauvages. Sous ces conditions, les levures sauvages et les bactéries lactiques risquent de consommer l'azote assimilable (YAN) qui est la base alimentaire fondamentale des levures *Saccharomyces*. Cette consommation a lieu sur le jus durant les premières heures après le pressurage et mène presque inéluctablement à une fermentation ralentie.

Afin d'éviter cette situation – sans employer de SO<sub>2</sub> avant la fermentation – une inoculation précoce d'un pied de cuve se recommande fortement. Cette pratique permet la prédominance des *Saccharomyces* durant la fermentation puisque la phase d'adaptation des levures sélectionnées est raccourcie. La préparation du levain doit se faire en stricte concordance avec les instructions du fournisseur:

1. réhydratation de la poudre de levure active dans de l'eau chaude (35-40 °C) pendant 10-15 minutes
2. apport éventuel de nutriments durant la réhydratation (p. ex. écorces de levures et thiamine qui sont d'importants facteurs de croissance pour les levures)
3. apport de petites portions de jus et brassage afin de faciliter l'acclimatation des levures et la formation d'acides gras et de stérols (facteurs essentiels au métabolisme des levures)
4. apport du pied de cuve au reste du moût

Si la fermentation est gérée sans apport de SO<sub>2</sub>, le contrôle du YAN est aussi recommandé. En général les moûts de raisins biologiques ne sont pas riches en YAN et doivent donc être enrichis en nutriments, si possible avant l'inoculation de levures.

Ces actions (inoculation précoce de levures sélectionnées et contrôle des niveaux de YAN) réduisent les risques que la fermentation se ralentisse ou même se bloque ; elles permettent aussi la transformation totale des sucres même sans apport de sulfites.

Notons cependant qu'un apport modéré de SO<sub>2</sub> avant la fermentation peut réduire la production d'acétaldéhyde, ainsi réduire l'assimilation de l'additif et améliorer son activité potentielle au cours des étapes ultérieures du processus de vinification.

#### La co-inoculation de levures et de bactéries lactiques

Cette pratique récemment développée permet une gestion effective et simultanée des fermentations alcoolique et lactique. Elle est décrite en détail dans le chapitre des résultats scientifiques.

#### Le lysozyme

Le dioxyde de soufre influence le métabolisme bactérien et représente donc un des instruments principaux pour la prévention des infections microbiennes et de là pour le contrôle de la fermentation malolactique.

De ce point de vue, suivant différentes études, le lysozyme est une alternative adéquate aux sulfites (500 mg/L de cette protéine dérivée d'oeufs ont le même effet sur les bactéries lactiques<sup>10</sup> que 40 mg/L de SO<sub>2</sub>; Gerbaux et al., 1997<sup>11</sup>).

Contrairement aux sulfites, cet agent de conservation est particulièrement actif à de hauts pH et peut contribuer au contrôle de situations propices au développement microbien.

L'emploi du lysozyme doit être évalué soigneusement car sa nature protéique peut interagir avec des composants phénoliques et causer ainsi une perte de couleur sur les vins rouges. Il peut également causer une instabilité protéique sur les vins blancs.

Le lysozyme est extrait d'oeufs (de poule) est peut donc être allergène. Le risque lié à son emploi en vinification est dû à la persistance fluctuante de son activité après son application. D'après Bartowsky et al.<sup>12</sup> (2004) 75-80% de l'activité initiale sont encore détectables après six mois sur des vins blancs (Riesling) alors que sur vin rouge aucune activité résiduelle n'a été détectée après deux jours.

#### Hyper-oxygénation et techniques d'hyper-réduction

Les techniques d'hyper-oxygénation et d'hyper-réduction peuvent aussi être utilisées pour la réduction des doses de SO<sub>2</sub> sur moûts. La première consiste en un apport massif d'oxygène ou d'air ayant pour but d'oxyder totalement toutes les substances instables indésirables. La deuxième consiste en l'addition d'acide ascorbique et d'autres antioxydants afin de protéger le moût de réactions oxydatives.

Les deux techniques sont décrites en détail dans le chapitre des conseils pratiques ainsi que dans les résultats scientifiques.

#### Conservation sous gaz inertes

La réaction directe entre les sulfites et l'oxygène moléculaire est lente et demande des catalyses tels que le fer ou le cuivre. Sur le moût ces réactions n'ont guère d'importance à cause des catalyses

<sup>10</sup> Le lysozyme n'est pas actif contre les bactéries acétiques ou les levures, seulement contre les bactéries lactiques.

<sup>11</sup> Gerbaux et al., 1997. Use of lysozyme to inhibit malolactic fermentation and to stabilize wine after malolactic fermentation. Am. J. Enol. Vitic., 48: 49-54.

<sup>12</sup> Bartowsky et al., 2004. The chemical and sensorial effects of lysozyme addition to red and white wines over six months cellar storage. Australian Journal of Grape and Wine Research, 10: 143-150.

plus rapides induites par les oxydases polyphénoliques ; sur le vin cependant, malgré leur lenteur relative, elles peuvent compromettre la qualité durant le vieillissement et la garde.

Il est donc extrêmement important de garder pleins les contenants (inox et bois) durant le stockage du vin afin de minimiser les teneurs en oxygène atmosphérique dans le haut des contenants. L'emploi de gaz inertes tels que l'argon ou l'azote peut aider à gérer le niveau du vin à l'intérieur de cuves en inox. Ces gaz (en opposition à d'autres tels que le CO<sub>2</sub>) ne solubilisent que très peu dans le vin et sont capables de réduire significativement la concentration d'oxygène sur le haut des cuves, minimisant ainsi le risque d'oxygénation.

### 3.5 Nutriments des levures et leur différentes fonctions (Werner, M.; Rauhut, D.)

Une bonne activité levurienne est essentielle pour une fermentation alcoolique complète. Les conditions biologiques optimales pour les levures sont la présence d'oxygène, une quantité équilibrée de nutriments et une température adéquate. A part le glucose et le fructose qui ne sont pas des facteurs limitatifs dans les moûts, les levures ont besoin de sources d'azote aisément métabolisable (ammonium, acides aminées), de facteurs de croissance (vitamines), de micro-nutriments (minéraux) et de facteurs de « survie » (acides gras à longues chaînes carbonées, stérols). La composition nutritionnelle du jus de raisin peut varier beaucoup d'année en année, selon la fertilité du sol et les conditions climatiques. Si la concentration naturelle est déséquilibrée, le vigneron peut apporter certains nutriments de façon à optimiser l'alimentation des levures et éviter les fermentations lentes et la formation de faux goûts indésirables durant la fermentation.

#### Ammonium

L'apport de sels d'ammonium est la source d'azote la plus aisément assimilable par les levures fermentatives. Ils devraient être apportés sous forme de phosphate d'ammonium d'hydrogène au lieu de sulfate d'ammonium afin de limiter la concentration en sulfates dans le moût. La disponibilité en azote, est essentielle pour la formation de nouvelles cellules, la production d'enzymes et aussi pour la production de protéines membranaires localisées dans les membranes cellulaires et responsables du transport des sucres et des acides aminés. L'apport doit donc être fait durant la première moitié de la fermentation, en effet les ions ammonium doivent être disponibles durant la phase de multiplication et le début de la fermentation, car ensuite les apports ultérieurs ne peuvent pas être assimilés par les levures en raison du niveau d'alcool produit. Des taux excessifs d'ammonium peuvent provoquer des problèmes d'assimilation des acides aminés; raison pour laquelle le dosage doit être défini en accord avec la carence en azote assimilable

#### Thiamine

L'apport de la vitamine thiamine est recommandé pour les moûts ayant subi un traitement calorifique ou qui proviennent de raisin botrytisés destinés à la production de vins spéciaux. Ces facteurs réduisent significativement la concentration naturelle de cette vitamine. La thiamine joue un rôle important spécialement sur les besoins en dioxyde de soufre dans le vin final. Elle réagit en co-enzyme de la décarboxylase pyruvate et participe ainsi à la dégradation de composés carbonyles (qui se fixent au SO<sub>2</sub>) durant les dernières phases de la transformation des sucres. De plus elle joue un rôle généralement positif durant des fermentations à conditions difficiles. L'apport devrait se faire soit sous forme d'hydro-chloride de thiamine ou en combinaison avec des sels d'ammonium.

#### Ecorce de levures

Une autre manière d'aider les levures au démarrage et durant la fermentation est l'apport l'écorces de levures. Ce sont des composants levuriens naturels obtenus par destruction des cellules de levures et extraction des parties solubles. Le résultat est une solution de parois cellulaires levuriennes qui n'est pas un nutriment en soi mais qui participe, par d'autres aspects, au développement des levures. Les parois cellulaires sont une importante source de stérols, ceux-ci ne sont pas utilisés en tant que source d'énergie mais incorporés aux nouvelles parois cellulaires des levures se multipliant. Une solide paroi cellulaire est importante lorsque les niveaux d'éthanol montent dans le moût car la levure elle-même ne produit du stérol que si elle dispose d'assez d'oxygène, ce qui n'est pas le cas en conditions de fermentation anaérobies. De surcroît, l'apport d'écorces de levures peut permettre d'absorber des substances toxiques pour les levures, par exemple générées au vignoble ou produites par des micro-organismes. Les écorces de levures contribuent donc largement à l'optimisation de la fermentation alcoolique mais ne sont pas un substitut total pour l'azote. Elles ne fournissent pas aux levures d'ammonium pur.

#### Les levures inactives

Les levures inactives sont des cellules non-viables obtenues à partir de levures naturelles leur composition en nutriments est comparable à celle des levures actives sèches. Les levures inactives représentent une source naturelle complexe de différents nutriments tels que des oligo-éléments disponibles sous une forme aisément assimilable par les levures actives. Les levures inactives ne peuvent pas être utilisées comme source majeure d'azote car elles ne contiennent pas d'ammonium pur au contraire des sels d'ammonium (à moins que le produit commercial ne soit un mélange). Chaque produit peut avoir des effets légèrement différents sur la fermentation en fonction du traitement thermique subi par les cellules levuriennes, de la perforation de parois cellulaires et de la libération d'éléments nutritifs solubles de l'intérieur cellulaire. Certains produits sont vendus comme possédant des effets additionnels ou secondaires en tant qu'agents antioxydatifs ou de clarification. Ces produits ont en commun le fait qu'ils soient source de nutriments utiles tels que les acides aminés, les oligo-éléments et les vitamines.

Références:

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Doneche, B. (2006) Handbook of Enology, Volume 1, John Wiley and Sons, England, p. 85-91

### 3.6. Oxygène et vin (Zironi, R.; Comuzzo, P.; Tat, L.; Scobioala, S.)

#### Principes généraux

L'oxygène représente environ 20% de l'air que nous respirons: il est présent partout. Le vigneron doit donc être conscient de son rôle important sur l'application de différentes technologies. La gestion de l'oxygène en oenologie est sujette à différentes théories de vinification. Certains producteurs sont convaincus que l'oxygène est un « ennemi » du vin (oxydation, brunissement), alors que d'autres considèrent qu'une oxygénation limitée et contrôlée est essentielle au bon développement du vin. Ces avis opposés définissent deux stratégies différentes de la gestion des interactions de l'oxygène avec le vin. D'un côté la protection totale du vin de tout contact avec l'air (p. ex. techniques hyper-réductives) ou au contraire l'oxygénation contrôlée du vin (p. ex. micro- ou macro-oxygénation). Les deux approches sont de nos jours utilisées en vinification avec différentes implications technologiques et différents impacts sur les produits obtenus.

## Effets de la solubilisation d'oxygène dans le vin

L'oxygène peut jouer un double rôle dans le vin, influençant le caractère du vin parfois positivement, parfois négativement. L'équilibre entre ces influences dépend du taux de la concentration d'oxygène solubilisé et des caractéristiques du vin lui-même (p. ex. les rouges sont moins sensibles à l'oxydation que les blancs).

En particulier, les effets de l'oxygène peuvent être liés aux aspects suivants:

### 1. Modification des composants phénoliques

- brunissement et modification des couleurs du moût et du vin en conséquence de l'oxydation des polyphénols;
- effets positifs durant l'évolution et le vieillissement (p. ex. réduction de l'astringence, la stabilisation de la fraction phénolique).

### 2. Modification de la fraction aromatique

- évolution des arômes du vin et formation de composants liés au vieillissement;
- diminution des notes variétales et développement de notes typiquement oxydatives.

### 3. Effets sur la multiplication et la croissance des micro-organismes

## L'équilibre entre ces effets positifs et négatifs de l'oxygène dépend de différents facteurs:

### • La variété

Certaines variétés (p. ex. Sauvignon blanc, tous les muscats) sont très sensibles au contact de l'air. La résistance d'un substrat à l'air est liée à sa composition: des teneurs élevées d'antioxydants naturels dans le jus (polyphénols, glutathion, acide ascorbique) peuvent améliorer cette résistance, en réduisant la sensibilité à l'O<sub>2</sub>.

### • La température

Cette variable influence la dissolution et l'activité de l'O<sub>2</sub> dans les moûts et les vins. Entre 20-25 °C le maximum d'oxygène dissolvable est environ 6-7 mg/l (« saturation ») mais ce niveau peut augmenter à des températures plus basses (env. 10 mg/l à 5 °C). Au contraire, la relation des réactions oxydatives augmente à températures plus élevées. Par exemple l'oxydation des composants de couleurs du vin rouge tels que les anthocyanes se produit plus rapidement à 30 °C qu'à 20.

### • Etape de la vinification

Les taux d'oxydation détectable sont en général plus importants sur les moûts que sur les vins puisque les oxydations sur les moûts sont des catalyses enzymatiques d'oxydases polyphénoliques (PPO). Ces enzymes sont dérivés du raisin (tyrosinase) ou des pourritures (laccase de *Botrytis cinerea*) et peuvent accroître dramatiquement les réactions oxydatives. Particulièrement la laccase peut endommager le moût. C'est pourquoi la vinification de raisins atteints de botrytis est souvent problématique du point de vue de la gestion de l'oxygène et il faut apporter de plus importantes quantités de sulfites.

### • Durée de l'exposition à l'air

Après sa solubilisation, l'oxygène est rapidement consommé et les effets de son emploi dépendent de la composition du vin. L'absorption d'oxygène induit certaines réactions. Si le contact à l'air est de durée limitée l'influence de l'oxygénation sera limitée aussi; mais si la solubilisation est prolongée on observera une séquence continue de solubilisation dont l'effet final dépendra de la capacité du

moût et du vin à résister à l'oxydation. Si les teneurs en agents antioxydatifs sont peu importantes, le vin ne sera pas en mesure de résister aux effets de la consommation d'oxygène.

## L'équilibre redox des vins et des composants antioxydatifs

Beaucoup de composants des moûts et vins coexistent dans des mélanges sous formes oxydées et réduites que l'on appelle « paires redox ». La réduction d'un composant entraîne toujours l'oxydation d'un autre. En termes chimiques, ces réactions d'oxydation-réduction (redox) continuent jusqu'à ce qu'un point d'équilibre soit atteint et qu'aucun des composants oxydés ou réduits ne domine.

Dans les réactions liées à la vinification, cet équilibre reflète deux groupes de composants: les agents oxydatifs et les agents réducteurs. L'agent oxydatif le plus important est l'oxygène. D'autres substances peuvent en multiplier l'effet en agissant elles-mêmes en puissants oxydants. Par exemple les métaux comme le fer et le cuivre naturellement présents dans le vin agissent comme de puissants catalyseurs. Ils peuvent multiplier l'action de l'oxygène et les taux de réactions oxydatives. De plus, l'oxydation de composés phénoliques produit des radicaux libres et des peroxydes (p. ex. peroxyde d'hydrogène – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) qui peuvent eux-mêmes agir en agents oxydatifs.

Les plus importants agents réducteurs du vin sont le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), l'acide ascorbique, les composants phénoliques et le glutathion.

L'acide ascorbique (AA), mieux connue sous le nom de vitamine C, est présente dans certains fruits en quantités variables. Ce composant joue un rôle important pour limiter le brunissement enzymatique des moûts mais pendant son action sur les vins il peut réagir avec l'oxygène et générer du peroxyde d'hydrogène. L'AA est d'habitude employée en combinaison avec le SO<sub>2</sub> afin d'éliminer l'eau oxygénée: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et réduire ainsi le risque de « dommages oxydatifs ».

Le glutathion (GSH) est un tripeptide (composé d'acide glutamique, de glycine et de cystéine) naturellement présent dans beaucoup de plantes et micro-organismes. Il est actif contre les radicaux libres et autres composants oxygène-réactifs. Le glutathion peut notablement réduire l'oxydation des moûts en réagissant avec des produits de transformation enzymatique (PPO) de l'acide caftarique, l'une des substances les plus oxydables du jus de raisin. Le résultat de cette réaction se nomme acide 2-S-glutathionyl-trans-caffeoyltartaric, aussi connu comme « Grape Reaction Product » (GRP). Sous conditions normales, c'est à dire avec des raisins sains, ce composant est stable lors d'oxydations successives, le glutathion est ainsi capable de stopper la chaîne d'oxydation qui peut causer une oxydation et un brunissement du moût.

Cependant, le problème persiste dans les moûts de raisins infectés par le botrytis, car le GRP peut être un substrat pour la laccase; pour cela les vinifications de raisins botrytisés ont toujours plus de problèmes de brunissement.

Il est bien connu que les polyphénols et les tannins sont des antioxydants puissants. Ces composants sont parmi les plus oxygène-réactifs dans les moûts et les vins. Leur oxydation provoque un brunissement et une perte de couleur ainsi que la formation de polymères et ensuite leur précipitation.

## Réactions de l'oxygène dans les moûts

Les réactions oxydatives des moûts sont principalement liées à des activités enzymatiques (PPO) sur les acides phénoliques (p. ex. l'acide caftarique).

Sur les raisins sains, la tyrosinase (du raisin lui-même) est la principale enzyme liée aux réactions de brunissement. L'activité de cette macromolécule est sa prompte réduction dans le jus parce qu'elle est très sensible au SO<sub>2</sub> et peut aisément être éliminée par des agents clarificateurs comme la

bentonite. Au contraire, la laccase de *Botrytis cinerea* n'est que peu touchée par les traitements à la bentonite ou aux sulfites, ce qui est un problème majeur pour les vignerons.

La forte réactivité des moûts à l'oxydation peut être utilisée pour sa stabilisation. Le concept d'hyper-oxygénation est basé sur la saturation du jus d'O<sub>2</sub> de manière à en éliminer toutes les substances oxydables par polymérisation et précipitation par simple soutirage.

### Réactions de l'oxygène dans les vins

En opposition à la réaction dans les moûts, l'oxydation des vins est principalement liée à des réactions chimiques non enzymatiques.

Il est important de rappeler que l'O<sub>2</sub> n'est pas toujours négatif pour l'évolution du vin. Pasteur lui-même a observé durant ses études qu'une aération correcte est importante pour le déroulement de la fermentation alcoolique.

Un apport d'oxygène bien géré peut conférer des avantages aux vins, spécialement aux rouges:

- évolution et stabilisation des couleurs grâce à la réaction entre anthocyanines et les tanins.
- réduction de l'astringence durant l'évolution du vin.
- meilleur déroulement des fermentations alcooliques en produisant des nutriments essentiels pour les levures.

Ces avantages, particulièrement les deux premiers points, sont connus depuis l'aube de l'élaboration du vin et employés par les techniques de vieillissement en bois (solubilisation d'O<sub>2</sub> limitée et contrôlée au travers du bois) et de nos jours par les techniques modernes de micro-oxygénation. Il est tout aussi bien connu, que le flux minimal d'O<sub>2</sub> par les fermetures est bénéfique au bon développement du vin aussi bien qu'à sa garde.

Comme pour les moûts, c'est la réaction de composants phénoliques avec l'O<sub>2</sub> qui provoque un brunissement et une perte de couleur par précipitation des colorants.

Ces réactions oxydatives peuvent aussi former différents composants volatiles qui sont parfois à l'origine de changements aromatiques. L'acétaldéhyde (MeCHO) est la principale de ces substances volatiles participant à la consommation d'oxygène. Elle n'est pas générée par les métabolismes microbiens mais par l'oxydation de l'éthanol qui a été catalysé par des métaux (fer et cuivre).

Durant le vieillissement en bois ou la micro-oxygénation, c'est l'acétaldéhyde qui participe à certaines réactions liés à la couleur et la stabilisation phénolique. Si la solubilisation de SO<sub>2</sub> est concentrée ou prolongée, des teneurs plus élevées en MeCHO sont formées; celles-ci peuvent ensuite induire la formation d'autres composants aromatiques (les acétyles) qui sont responsables des notes sensorielles typiques pour les vins oxydés.

#### Note importante

Lorsque l'on discute les effets de l'aération sur les composants aromatiques, il faut retenir que durant les premières étapes de la vinification, les composants volatiles sont relativement bien protégés contre l'O<sub>2</sub> comme ils sont présents sous forme de « précurseurs ». Les terpènes par exemple – une famille de composants importants caractérisant l'arôme des raisins de Muscat, mais pratiquement présents dans tous les fruits – se trouvent dans les moûts en tant que glycosides fixés aux sucres. Sous cette forme les molécules sont

moins sensibles à l'oxydation que sous la forme libre.

La pratique de l'hyper-oxygénation, basée sur un apport concentré d'O<sub>2</sub> juste après l'extraction du jus, influencera défavorablement la composition aromatique du vin final car l'arôme est protégé dans la forme combinée de ces précurseurs.

Dû au fractionnement des glycosides durant la vinification et la libération consécutive de composants volatiles sous forme libre, les effets de l'O<sub>2</sub> sur les fractions aromatiques du vin influenceront négativement le caractère variétal du produit. En fait, les arômes sous forme libre seront plus sensibles aux oxydations.

Ceci est particulièrement vrai pour certains composant produits par des cépages possédant une aromatique spécifique, comme le Sauvignon blanc ou les Muscats. La typicité aromatique du Sauvignon blanc est liée à la présence de certains composants soufrés qui sont très sensibles à l'air. Dans le moût, ces molécules sont protégées en tant que précurseurs (fixés à l'acide aminée cystéine) mais dans le vin, la forme libre est très sensible à l'O<sub>2</sub>.

### Effets de l'oxygène sur la croissance des levures

Il est généralement admis que dans les moûts, les levures sont capables de respirer les sucres sous conditions aérobies alors qu'elles réalisent la fermentation alcoolique en anaérobie.

En fait, la capacité des levures à utiliser le glucose par respiration est dépendante du contenu du moût en sucres. Si la concentration de sucre est supérieure à 9 g/l, *Saccharomyces cerevisiae*, le principal micro-organisme participant à la fermentation alcoolique, est incapable de compléter la transformation des sucres en aérobiose. Cela veut dire que sous conditions normales (taux de sucre à env. 180-220 g/l), les levures peuvent seulement stimuler la fermentation alcoolique. Ce phénomène est connu comme «effet de Crabtree».

Il est clair que l'aération du moût après l'inoculation de levures sélectionnées (ou l'oxygénation du pied de cuve avant l'addition) est bénéfique pour le déroulement du processus de fermentation. Ces bénéfices ne sont pas liés aux plus grandes populations de levures obtenues par le processus de respiration<sup>13</sup>, mais plutôt au fait que l'oxygénation elle-même favorise la production de nutriments de levures essentiels à leur croissance tels que certains acides gras et stérols. Pareillement un apport prudent d'air (p. ex. par pompage) au milieu de la fermentation est aussi utile pour obtenir un déroulement des étapes finales du processus de fermentation.

#### Note importante

Autant que pour les levures, l'oxygène peut influencer le métabolisme d'autres micro-organismes. Par exemple les bactéries lactiques responsable de l'oxydation des sucres sous conditions aérobies. En conditions extrêmes, le glucose est totalement oxydé par ces microorganismes pour former de l'eau et du dioxyde de carbone.

L'éthanol aussi est un substrat potentiel pour ces bactéries. Il est transformé en acide acétique et ensuite en acétate éthylique, composants responsables pour l'augmentation

<sup>13</sup> La consommation des sucres par respiration produit plus d'énergie que le processus de fermentation. La respiration est donc favorisée afin d'obtenir une rapide multiplication des populations de levures durant la production industrielle de levures sélectionnées.

d'acidité volatile et la formation d'odeurs typiques se rencontrant dans les vins touchés de sénescence.

La réduction d'oxygène durant la garde des vins est donc essentielle à la prévention d'oxydation chimiques et microbiennes. Pour cela, les producteurs devraient veiller à remplir totalement les contenants en évitant une exposition prolongée du vin à l'oxygène présent dans la partie supérieure des cuves (p. ex. laisser les cuves vides après le soutirage). L'emploi de gaz inertes tels que l'azote ou le dioxyde de carbone et le contrôle et la réintroduction de SO<sub>2</sub> peuvent être des stratégies utiles à la protection des vins durant les transferts et le stockage.

### 3.7. La contamination microbiologique (Trioli, G.)

La contamination ou détérioration microbienne se produit avec le développement de microorganismes dont le métabolisme peut influencer négativement la qualité du vin.

Le jus de raisin, riche en sucres et nutriments, est un bon substrat pour la croissance de beaucoup d'espèces de micro-organismes, y inclus les levures, les bactéries et les pourritures. Après la fermentation alcoolique l'éthanol réduit le potentiel de développement de beaucoup de micro-organismes, mais certaines levures et bactéries peuvent encore être actives sur le vin final.

#### Les agents détériorant

Le pH bas du jus et du vin prévient le développement de pathogènes humains qui donc ne sont pas sujets à préoccupation dans l'industrie du vin. Cependant, beaucoup de micro-organismes peuvent négativement influencer la qualité du vin en produisant des substances indésirables résultant de la dégradation de notes favorables.

#### Les levures oxydatives

Ce groupe inclus les levures des genres *Hansaenula*, *Hanseniaspora*, *Pichia*, *Candida*. Ces levures ont un métabolisme oxydatif prédominant mais certaines espèces peuvent survivre à des taux d'alcool élevés. Elles peuvent métaboliser des sucres et des acides organiques en présence d'oxygène. Les produits secondaires indésirables résultant de leur activité sont l'acide acétique, l'acétate éthylique et l'acétaldéhyde et beaucoup d'autres substances dont la formation en grand nombre peut induire des faux goûts dans le vin. Les levures oxydatives se trouvent sur les raisins, dans les moûts et le vin.

#### Les levures apiculées

Le nom de ces levures se réfère à la forme de citron qu'a *Kloeckera apiculata*. Cette levure est dominante dans le jus de raisin avant le démarrage de la fermentation alcoolique et peut croître rapidement à basse température. Comparée à *Saccharomyces cerevisiae* (l'agent principal de la fermentation du vin), *Kloeckera* produit des taux plus élevés d'acidité volatile et d'acétate éthylique. Son métabolisme produit aussi d'autres composants dont l'importance sur la qualité du vin n'est pas démontrée. La plupart des vignerons évitent sa formation tandis que d'autres en favorisent une présence limitée afin de conférer quelque complexité au vin. Dans une fermentation spontanée typique, *Kloeckera* est dominante au tout début du processus mais est ensuite submergée par *Saccharomyces* dès que le degré alcoolique atteint 4-5%. On suppose que les levures *Kloeckera* sont la cause principale de l'appauvrissement des moûts en azote, vitamines et autres micro-nutriments.

#### Les levures fermentatives

Cette famille bien connue comme *Saccharomyces* ssp., est essentielle. Les différentes espèces de ce genre sont les plus résistantes à la combinaison alcool + acidité, typique du vin et ce sont ces levures qui mènent la fermentation alcoolique jusqu'à la transformation totale des sucres. Elles sont en général bienvenues, mais les producteurs doivent tenir compte de l'existence d'une très grande variabilité entre les souches. Certaines peuvent produire des quantités excessives d'acide acétique, de composants sulfuriques, de SO<sub>2</sub>, d'urée et de substances volatiles qui peuvent influencer négativement la qualité du vin. Certaines souches sauvages de *Saccharomyces cerevisiae* doi-

<sup>13</sup> La consommation des sucres par respiration produit plus d'énergie que le processus de fermentation. La respiration est donc favorisée afin d'obtenir une rapide multiplication des populations de levures durant la production industrielle de levures sélectionnées.

ivent être considérées comme des micro-organismes défavorables. Les fermentations spontanées sont typiquement effectuées par environ une douzaine de souches. Souvent, les souches dominantes en début de fermentation ne sont pas celles qui achèvent la transformation des sucres. Dans la même cave peuvent se trouver des souches de levures différentes d'année en année. Cette incertitude est la raison pour laquelle beaucoup de vigneronns remettent en cause les fermentations spontanées en vinification.

### Les bactéries acétiques

*Gluconobacter* et *Acetobacter* sont les principaux genres de cette famille possédant une importance oenologique. *Gluconobacter*, qui est principalement présente sur les raisins endommagés, dégrade les sucres en acide acétique et d'autres composants mais ne résiste que peu à l'alcool. *Acetobacter* utilise l'éthanol comme substrat et le métabolise en acide acétique. Les deux bactéries ont besoin d'oxygène pour leur activité.

### Les bactéries lactiques

Ce groupe comprend les bactéries malolactiques telles qu'*Oenococcus oeni* aussi bien que d'autres micro-organismes appartenant aux genres *Lactobacillus*, *Pediococcus* et autres. Beaucoup de bactéries lactiques du vin sont hétéro-fermentatives et leur développement dans les moûts et vins doit être empêché puisqu'il peut produire des quantités excessives d'acidité volatile. Il y a eu une recherche intensive sur la présence de bactéries lactiques dans les jus de raisins endommagés. Sans contrôle ces bactéries peuvent se multiplier rapidement et consommer les sucres en produisant de grandes quantités d'acides lactiques et acétiques en produits secondaires. Durant la fermentation alcoolique, les populations de bactéries lactiques sont d'habitude réduites en faveur de *Saccharomyces*. Cependant, vers la fin de la fermentation, la population se développe et initie la fermentation malolactique (l'agent principal à pH bas étant *Oenococcus oeni*, auparavant appelé *Leuconostoc oenos*). Cette seconde fermentation est normalement désirée sur vins rouges mais souvent pas sur les blancs pour lesquels il faut maintenir l'acidité et la fraîcheur. Beaucoup d'espèces de *Lactobacillus* et *Pediococcus* peuvent se multiplier dans le vin et ces bactéries sont souvent responsables de la dégradation des malates à des pH élevés. De plus, elles peuvent aussi être actives après la fermentation malolactique sur les vins secs car il suffit de quelques centaines de mg/l de sucres pour encourager le développement d'une population significative. Ce développement tardif est définitivement une réaction négative car elle produit des odeurs déplaisantes.

### Brettanomyces

*Dekkera/Brettanomyces* est une levure que l'on rencontre dans les jus et les vins. Certaines souches produisent – même à faible population – des phénols éthyliques dont l'odeur évoque le fumier ou la sueur de cheval. La présence de *Brettanomyces* en cave peut provoquer un important dommage économique. Les levures peuvent contaminer les tonneaux de bois aussi bien que les cuves en béton. L'infestation demande un nettoyage méticuleux ou même un remplacement des contenants touchés. *Brettanomyces* peut aussi se développer en bouteille, conférant au vin des défauts majeurs à la consommation. La présence de cette levure n'est pas aisément détectable, une prévention méticuleuse est le meilleur moyen d'éviter la contamination. Des pH bas et de faibles teneurs en SO<sub>2</sub> sont les raisons principales de développement de *Brettanomyces* dans le vin.

### Les conditions de développement

L'écologie de ces micro-organismes dépend de divers facteurs importants tels que la durée, la température, le pH et l'oxygène.

#### Durée

Les micro-organismes ont besoin de temps pour croître et se multiplier. La durée d'une génération peut, suivant l'organisme, les conditions du milieu et la disponibilité de nutriments, varier de quelques dizaines de minutes à plusieurs semaines. Sous conditions optimales, par exemple sur jus de raisin et à températures estivales, les levures et bactéries peuvent doubler en nombre toutes les 1-2 heures; une seule cellule de levure peut produire une population de plusieurs milliers en l'espace d'une seule journée. Les phases les plus critiques en vinifications doivent donc être accélérées autant que possible (p. ex. transport et entrepôt des raisins, clarification du jus, intérim entre fermentations alcoolique et malolactique, etc.).

#### Température

Chaque micro-organisme possède une marge de fluctuation thermique optimale à son activité. *Saccharomyces cerevisiae* n'est pas ou peu active au-dessous des 10-12 °C et atteint sa multiplication optimale autour de 35 °C. La présence d'alcool réduit cet optimum à 26-28 °C. *Kloeckera* par contre est plus active que *Saccharomyces* à des températures entre 4-10 °C, températures usuelles de la sédimentation du jus durant la macération à froid. Les bactéries lactiques requièrent des températures de 16-18 °C pour croître et se multiplier à vitesse significative. Les bactéries acétiques supportent des températures élevées même en présence d'alcool. Refroidir coûte beaucoup d'énergie mais est une stratégie efficace pour freiner la croissance des micro-organismes nuisibles aussi bien sur les jus que sur les vins. Néanmoins, de basses températures ne font que ralentir l'activité microbienne mais ne l'empêchent, ni n'élimine les micro-organismes du système. Une hausse de température réenclenchera le processus de contamination.

#### Oxygène

L'oxygène est essentiel au développement de certains micro-organismes nuisibles. Les bactéries acétiques, les levures oxydatives ont besoin de beaucoup d'oxygène. Certaines bactéries lactiques et les *Brettanomyces* savent tirer avantage, même de faibles quantités d'oxygène. *Saccharomyces* n'a pas besoin d'oxygène pour se développer et fermenter même si elle profite de sa présence vers le milieu de la fermentation. Empêcher les contacts avec l'air, en minimisant, par exemple, les espaces vides dans les cuves et en protégeant aux gaz inertes, est une stratégie efficace pour éviter la multiplication de micro-organismes nuisibles.

#### pH

L'acidité est un des facteurs principaux influençant les bactéries lactiques. Seule *Oenococcus oeni* peut avoir une activité à des pH aussi bas que 2,9; la plupart ne peuvent croître qu'au dessus de 3,2. Toutes accélèrent leur activité avec l'augmentation du pH. A des pH autour de 4,0 certaines bactéries lactiques se multiplient assez vite pour submerger les levures. Parmi ces dernières, seules les *Brettanomyces* sont sensibles au pH et les vins peu acides sont plus facilement contaminés que ceux à pH bas. *Saccharomyces cerevisiae*, *Kloeckera* et les bactéries acétiques sont presque également actives sur toute la gamme de pH des vins.

## Les inhibiteurs

Les réglementations du vin permettent l'usage d'un certain nombre de substances qui peuvent inhiber la croissance et la multiplication des micro-organismes nuisibles.

### SO<sub>2</sub>

Très efficace, peu coûteux et avec un large spectre d'application – voilà ce qui fait des sulfites, la substance antimicrobienne de loin la plus utilisée en vinification. Le dioxyde de soufre est actif contre les bactéries et les levures. L'une des raisons principales expliquant sa préférence en vinification est que parmi tous les micro-organismes vivant dans le moût et le vin, *Saccharomyces cerevisiae*, nécessaire à la fermentation alcoolique, y est la moins sensible. L'efficacité du SO<sub>2</sub> lorsque qu'il est apporté au vin dépend de la présence d'agents fixateurs et du pH du vin. Les pyruvates, acétaldéhydes, 2-chétoglutarates et autres composants carboniques – principalement produits par les levures durant la fermentation – sont capables de combiner les sulfites en une forme que supportent la plupart des micro-organismes. Seules les bactéries sont touchées par le dioxyde de soufre. Dans le SO<sub>2</sub> libre, c'est la fraction moléculaire (SO<sub>2</sub>-) qui est active contre tous les micro-organismes nuisibles et son importance dépend du pH: Le même taux de SO<sub>2</sub> libre est dix fois plus actif à un pH de 3 qu'à un pH de 4.

### Lysozyme

Le lysozyme, extrait du blanc d'oeuf, est un agent conservateur capable de briser les parois cellulaires des bactéries et de provoquer leur mort. Largement utilisé dans la transformation des produits laitiers, il a récemment été autorisé en vinification. S'il n'agit pas sur les levures et les bactéries acétiques, il est très efficace sur *Lactobacillus*, *Pediococcus* et *Oenococcus*. Son efficacité est optimale lorsque ces organismes sont en phase de croissance. Pour cela il est préférable de l'employer comme enzyme préventive.

### Le sorbate de potassium

Il est actif exclusivement contre les levures. S'il est présent durant le développement bactérien, il peut être métabolisé en composés responsables de fortes odeurs de géranium. Pour cela son emploi est limité à la mise en bouteille après la filtration. Son emploi **ne semble pas acceptable en vinification biologique**.

### Le dicarbonate de diméthyle (DCDM)

Substance récemment admise en UE pour les vins doux à l'embouteillage. C'est une alternative au sorbate de potassium, qui lui n'est actif que contre les levures. Dû à sa faible solubilisation, le DCDM est injecté par une installation spécifique sur la chaîne d'embouteillage. Le DCDM agit comme stérilisant immédiat sur les levures et, après quelques heures, se décompose en méthanol et dioxyde de carbone. **Cette substance n'est pas acceptée en vinification biologique.**

## 4. CONSEILS PRATIQUES

### 4.1. Vinification réductive (Trioli, G.)

« La vinification réductive » décrit une stratégie de vinification évitant, à chaque étape, les contacts avec l'oxygène, de la vendange à la mise en bouteille. C'était la méthode de vinification traditionnelle de tous les vins blancs en Allemagne qui a été perfectionnée en Australie et en Nouvelle Zélande sur des cépages comme le Sauvignon blanc puis ensuite appliquée sur les cépages aromatiques dans le monde entier.

Le but de la vinification réductive est de préserver les arômes des raisins et leurs précurseurs (dont la majorité s'oxyde aisément) et de permettre la production de vins intensément fruités et de haute typicité variétale.

Les vins élaborés avec cette technologie sont beaucoup plus sensibles à l'oxydation que ceux produits par des vinifications traditionnelles et la stratégie de protection doit être strictement suivie jusqu'à la fin du processus. Tous les composants originaux sensibles à l'oxygène sont gardés en solution dans le vin et tout contact d'air accidentel peut provoquer une réaction en chaîne provoquant une soudaine et importante oxydation du produit.

Une stricte protection contre l'oxygène peut significativement réduire les besoins en SO<sub>2</sub> et en ce sens, les techniques et concepts de vinification réductive sont très utiles en vinification biologique. Cependant, il faut rappeler que l'application des processus réductifs avec peu ou pas de SO<sub>2</sub> – bien que possible même dans les petites caves – doit être considéré comme un processus à haut risque qui ne doit être considéré que si le vigneron contrôle méticuleusement chaque étape.

Afin de limiter les besoins d'additifs antioxydants; les producteurs utilisent habituellement des techniques pour isoler leurs produits de l'oxygène durant les phases critiques du processus de vinification.

#### Principes fondamentaux

- L'acide ascorbique (vitamine C) dans les moûts et les vins doit toujours être couplée à une quantité adéquate de SO<sub>2</sub> ou d'autres antioxydants capables de bloquer ses produits oxydatifs (peroxyde d'hydrogène et autres).
- L'on suppose parfois faussement qu'un espace ou un liquide saturé de CO<sub>2</sub> est à l'abri des intrusions d'O<sub>2</sub>. En fait, chaque gaz est indépendant et l'O<sub>2</sub> peut librement pénétrer un système saturé d'un autre gaz. La protection par gaz inertes (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> ou argon) contre l'oxygène est due au fait que l'apport de gaz inertes crée un flux à la surface du liquide vers l'extérieur qui élue l'air environnant et l'oxygène présent. S'il n'y a pas de transfert de gaz, la diffusion de chaque gaz se fait en relation proportionnelle au gradient de concentration entre les gaz.
- La neige carbonique (CO<sub>2</sub> solide) possède à pression atmosphérique une température de -78 °C et peut passer rapidement de la phase solide à la phase gazeuse. En gros, 6 kg de glace carbonique réduisent de 10 °C la température de 100 kg de raisin. C'est une approximation étant donné que l'on doit considérer la variabilité des conditions d'emploi et en particulier du matériel des contenants et leur degré d'isolation thermique.

Table 5: Pratiques de vinification – pas à pas – comment les réaliser

Etape	Opération	Notes
<b>Récolte</b>	Lors de vendange mécanique ou de baies partiellement détachées, emploi de neige carbonique pour rafraîchir les raisins et créer un flux de CO <sub>2</sub> .	<i>Ecoulement de CO<sub>2</sub> pour éliminer l'oxygène aérien des jus. La baisse des températures ralentit les réactions enzymatiques et le développement de contaminants microbiens.</i>
<b>Transport et stockage des grappes</b>	Si le raisin doit être transporté ou stocké plus longuement, il peut s'avérer nécessaire d'apporter plus de neige carbonique.	
<b>Transformation du raisin</b>	Rincer l'air des contenants de réception, des tuyauteries et des presses en se servant de glace ou de neige carbonique avant de commencer la transformation du raisin.	<i>Une fois le raisin encavé, le CO<sub>2</sub> produit par les fermentations dans d'autres cuves est une source de CO<sub>2</sub> aisée et peu coûteuse. Le CO<sub>2</sub> peut être transféré par des tuyauteries normales (sans effet de refroidissement).</i>
<b>Pressurage du raisin (vins blancs)</b>	Éviter l'intrusion d'oxygène dans le système entre les phases de pressurage. Créer un flux de CO <sub>2</sub> au-dessus du récepteur de jus sous la presse.	<i>Quelques presses récentes ont un système « pulmonaire » permettant au long de plusieurs cycles de pressurage un recyclage économique de gaz inertes.</i>
<b>Transferts des moûts</b>	Remplir les tuyauteries et le fond des contenants de CO <sub>2</sub> avant de débiter le transfert. Remplir les cuves par la valve du fond.	<i>Durant cette étape, l'addition de SO<sub>2</sub> et d'autres antioxydants sur la ligne est la plus efficace. Contrôler les fermetures des pompes avant l'emploi pour éviter des intrusions nuisibles d'air par effet Venturi.</i>
<b>Clarification des jus (vins blancs)</b>	S'assurer que les parties supérieures des cuves soient bien remplies de gaz inertes. A retenir: Les températures basses favorisent la solubilisation d'oxygène dans le jus.	
<b>Fermentation</b>	Aucune intervention nécessaire, dès que la fermentation est lancée. Le CO <sub>2</sub> produit par les levures (et bactéries) fermentatives expulse l'oxygène hors du système. Comme les levures consomment rapidement l'oxygène solubilisé pour former une tolérance contre l'éthanol, une aération est bénéfique lorsque environ 1/3 des sucres est transformé.	<i>S'assurer que la fermentation démarre aussi promptement que possible. L'emploi de levains (pieds de cuve) est fortement recommandé. Si désirée, favoriser la fermentation malolactique immédiatement avant ou même déjà pendant la fermentation alcoolique (co-inoculation)</i>
<b>Transferts des vins</b>	Appliquer méticuleusement les mêmes règles que pour le moût à chaque transfert ou soutirage du vin.	
<b>Stockage des vins</b>	Garder totalement remplis les cuves de stockage et protéger soigneusement le haut des cuves par gaz inertes.	<i>Si adéquat au style de vin désiré, garder le vin sur les lies de levures afin de profiter de leur capacité de consommer l'oxygène.</i>
<b>Filtration</b>	Si l'on filtre aux feuilles de papier ou à la terre diatomée, séparer la première filtration comme elle a été élue de l'air des pores des filtres. En cas de système à membranes, d'abord rincer l'équipement au gaz inerte.	<i>A cette étape, l'addition de SO<sub>2</sub> et d'autres antioxydants est efficace. Contrôler les fermetures des pompes avant l'emploi pour éviter des intrusions nuisibles d'air par effet Venturi.</i>
<b>Mise en bouteille</b>	Rincer soigneusement aux gaz inertes tout l'équipement, les tuyauteries et les bouteilles vides.	
<b>Fermeture</b>	Il faut utiliser des fermetures à faible ratio de transfert d'oxygène (OTR). Soigneusement rincer l'air des goulots.	<i>Les fermetures à vis à couche d'étain et certains types de fermetures synthétiques ont un OTR très bas. Le liège naturel peut aussi être presque imperméable à l'oxygène mais il faut tenir compte des facteurs d'inconsistance.</i>

## 4.2. Ensemencement de levures avec activation (Trioli, G.)

L'étape d'activation est une méthode simple et peu coûteuse pour assurer la dominance des levures sélectionnées employées et un déroulement correct de la fermentation alcoolique.

Le principe est de créer à l'avance un pied de cuve (ou levain) avec une charge de levures sèches et de l'utiliser pour ensemencher le lot principal du moût.

La vitesse de fermentation élevée des levures dès le début joue un rôle protecteur contre la contamination microbienne et l'oxydation qui permet un usage très limité ou même l'abandon de dioxyde de soufre.

Table 6: Ensemencement de levures avec activation

Etape	Opération	Exemple pour 20 hl	Commentaires
<b>Etape 1</b>	Deux jours avant la récolte principale, récolter et transformer environ 5-10% de la récolte totale, suivant le nombre de contenants disponibles.	Préparer 1-2 hl de moût dans un contenant avec un volume > 3hl.	En certains cas, il peut être plus simple pour l'activation d'utiliser un échantillon ne provenant pas du même vignoble mais qui peut être utilisé en mélange.
<b>Etape 2</b>	Une fois que l'échantillon est prêt à l'ensemencement, réhydrater les levures sélectionnées, comme indiqué par le fournisseur.	Réhydrater 500 g de levures sèches actives dans 5 litres d'eau (40-42 °C) pour 30 minutes maximum.	Il est important que la température de l'eau et la durée de réhydratation soient correctes afin de garantir une bonne viabilité des levures.
<b>Etape 3</b>	Inoculer les levures réhydratées et homogénéiser l'échantillon de moût.	Apporter la suspension de levures au moût en les brassant.	L'échantillon de moût a été ensemencé de 250-500 g/hl (25 g/hl calculé sur le volume final de moût), équivalents à 50-100 millions de cellules/ml.
<b>Etape 4</b>	La fermentation démarre après quelques heures. Suivi des températures et de la formation de mousse.	Refroidir si la température dépasse les 30 °C (en plongeant des contenants remplis de glace ou en utilisant de la glace carbonique).	Les levures commencent à fermenter et se multiplient. En deux jours, leur nombre croît d'au moins 10 fois.
<b>Etape 5</b>	Deux jours plus tard, préparer le à la fermentation moût de la récolte principale.	Analyse de l'azote assimilable; si besoin, apporter du phosphate d'ammonium ou de la thiamine.	La dissolution d'oxygène dans le moût frais aide les levures – si cela est compatible avec la stratégie de vinification choisie.
<b>Etape 6</b>	Comparer les températures de la récolte principale et du pied de cuve ; si l'amplitude est > 10 °C, ajuster la température du pied de cuve.	Apporter 1-2 hl du moût frais au pied de cuve et attendre 1-2 heures avant d'apporter le reste.	Le choc thermique peut nuire aux levures.
<b>Etape 7</b>	Inoculer le lot principal avec le pied de cuve.	Apporter les 2 hl de pied de cuve aux 20 hl du lot principal et homogénéiser la masse.	Le moût frais reçoit une population de levure de 50-100 millions de cellules/ml.

Note: Suivant l'équipement, il peut être plus aisé d'utiliser le même contenant pour le pied de cuve que pour la fermentation du lot principal. En ce cas, le moût frais est apporté après deux jours directement au pied de cuve actif.

## Avantages

- Le jus est ensemencé de 10 fois plus de levures sélectionnées que par la même quantité de levures sèches (p. ex. 25 g/hl).
- La dominance des levures sélectionnées est garantie. La population importante de levures fermentant activement triomphe facilement des contaminants potentiels.
- Tous les nutriments du moût (vitamines, micro-éléments, ammonium, acides aminées, stéroïdes, acides gras non saturés, etc.) sont totalement consommés par les levures sélectionnées.
- L'oxygène et les nutriments solubilisés dans le moût frais sont rendus disponibles aux levures à leur meilleur moment de consommation (phase de prolifération avancée).

### 4.3. Hyper-oxygénation (Zironi, R.; Comuzzo, P.; Tat, L.; Scobioala, S.)

L'hyper-oxygénation est basée sur l'apport d'oxygène au moût en quantités saturantes (cf. aussi les résultats expérimentaux) afin d'oxyder et précipiter totalement les composants phénoliques instables et leur élimination consécutive par soutirage.

Si l'apport d'O<sub>2</sub> se fait à un moment précoce (p. ex. juste après le pressurage), les effets du traitement sur la typicité variétale sont réduits à un minimum (cf. résultats expérimentaux).

Le tableau 8 présente un résumé des opérations principales et des points critiques requis pour l'application de l'hyper-oxygénation.

Un détecteur d'oxygène peut être utile pour le suivi du déroulement de l'hyper-oxygénation. Lorsque l'O<sub>2</sub> n'est plus consommé mais commence à s'accumuler dans le moût (fig. 80), le traitement d'hyper-oxygénation peut être stoppé. En alternative on peut se référer au changement de couleur (brunissement) comme indicateur adéquat du stade de déroulement.

#### Note importante

Les producteurs doivent prendre en considération que les différents cépages réagissent différemment à l'oxygène et pour cela nécessitent différentes durées d'oxygénation. La richesse en composants phénoliques peut être un bon indicateur pour la durée d'apport d'oxygène.

Dans la figure 80, le moût de Pinot gris montre une forte consommation d'O<sub>2</sub> lors des 40 premières minutes du traitement (consommation totale de l'oxygène apporté – pas d'accumulation); ensuite, le niveau d'O<sub>2</sub> solubilisé augmente et le traitement est stoppé après env. une heure, lorsque le point de saturation est atteint.

Le moût de Sauvignon blanc est plus sensible à l'oxydation (moins de composants phénoliques) puisque le niveau d'O<sub>2</sub> commence à augmenter dès le début du processus et en conséquence, la durée du traitement sera moins longue.

Tableau 8: Opérations pratiques durant l'hyper-oxygénation du moût.

Etape de vinification		Traitement			Risque
1.	Moût de la presse (sans apport de SO <sub>2</sub> )	Apport d'O <sub>2</sub>	Air ou oxygène d'un cylindre	Emploi d'un diffuseur à micropores pour distribuer le gaz uniformément dans la cuve.	Aucun
			Pompage	Laisser perler dans la cuve l'air produit par une pompe.	
		La température ne devrait pas être trop basse (15-20 °C) afin de ne pas trop réduire la vitesse de l'oxydation.			
		Continuer l'apport d'O <sub>2</sub> pour 1-2 heures jusqu'à ce que le moût brunisse.			
2.	Moût hyper-oxygéné	Soutirer aussitôt que possible pour éliminer les phénols polymérisés. Eventuellement employer des enzymes pectolytiques pour accélérer le processus.			Développement de levures sauvages
3.	Moût soutiré	Inoculer aussitôt que possible de levures sélectionnées. L'emploi d'une part de moût non sédimenté (moût de presse) peut être utile pour la préparation précoce d'un pied de cuve.			Développement de levures sauvages et consommation de l'azote assimilable.
4.	Fermentation alcoolique	Apport d'azote assimilable par les levures (YAN) pendant la préparation et l'apport du pied de cuve. Eventuellement une petite quantité de phosphate d'ammonium peut être apportée juste après l'adjonction du pied de cuve.			Manques de YAN et lente fermentation alcoolique

## ■ RÉSULTATS DES RECHERCHES DU PROJET ORWINE (WP 3)

### 5.1. Co-inoculation de levures et de bactéries lactiques (Zironi, R.; Comuzzo, P.; Tat, L.; Scobioala, S.)

#### Principes généraux

Le rôle fondamental que jouent les micro-organismes sélectionnés sur le déroulement des fermentations alcoolique et malolactique est bien connu.

La co-inoculation de levures et de bactéries lactiques est une technique récente visant à optimiser la gestion de la fermentation malolactique (FML) en minimisant les risques liés à l'incomplète transformation de l'acide malique ainsi qu'à la production de composants toxiques tels que les amines biogènes ou carbamate d'éthyle.

Cette pratique consiste à favoriser le développement simultané de levures et de bactéries lactiques (BML) dans les moûts en y apportant un pied de cuve de bactéries lactiques, juste quelques heures après l'inoculation de levures sélectionnées (p. ex. 12 heures après).

#### La co-inoculation et la réduction des dosages de SO<sub>2</sub>

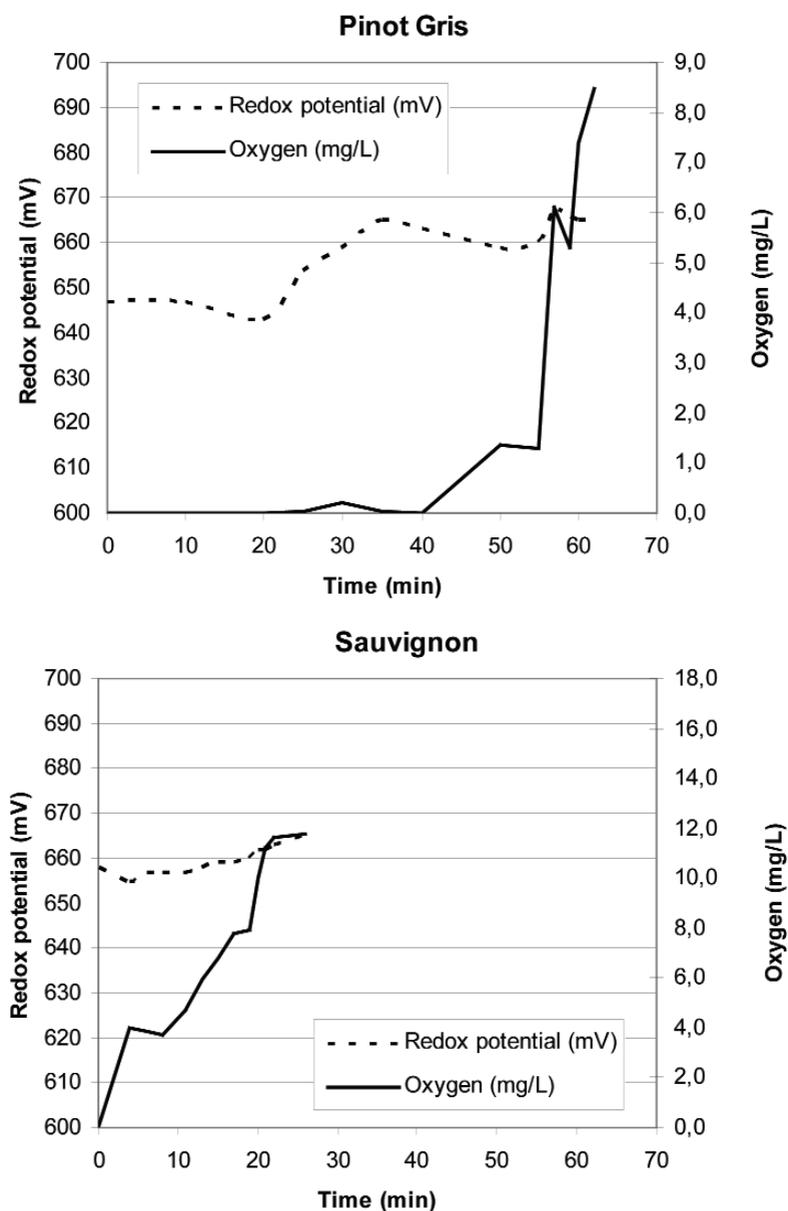
##### Principes

D'après Masqué et al.<sup>14</sup>, la co-inoculation n'est pas seulement utile pour réduire le risque d'une FML incomplète ou pour éviter les altérations microbiennes (amines biogènes ou composants toxiques) mais aussi – dû à la réaction plus rapide de la FML – à pouvoir laisser le vin plus longtemps sans protection de SO<sub>2</sub>. La co-inoculation peut donc être considérée comme une technique utile pour optimiser la gestion de l'emploi du SO<sub>2</sub> en vinification.

Cette observation a aussi été confirmée par les résultats obtenus durant les essais menés durant les deux premières années du projet ORWINE.

##### Description des essais

Lors des différents essais la technique de co-inoculation a été comparée à l'emploi habituel de bactéries lactiques, c'est-à-dire un apport tardif en fin de fermentation alcoolique. L'emploi de sulfites a été évité lors des essais de co-inoculation.



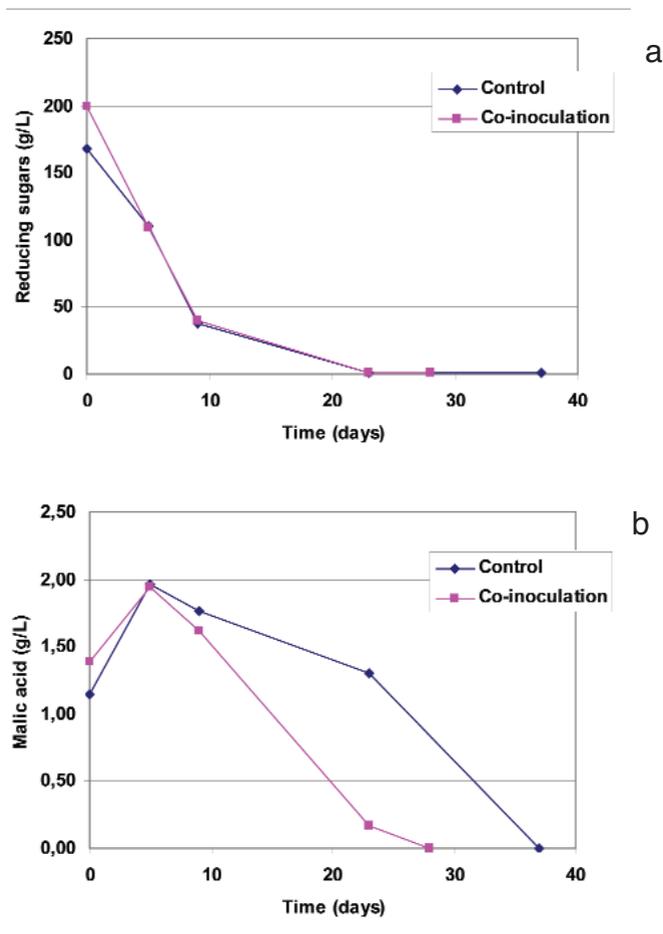
Pinot gris: index des phénols totaux (DO 280 nm): 12,2  
 Sauvignon blanc: index des phénols totaux (DO 280 nm): 5,6

Fig. 80: Exemples de déroulement du traitement d'hyper-oxygénation relevé par un détecteur d'oxygène (mesure aussi le potentiel redox)

<sup>14</sup> Masqué et al., 2008. Co-inoculation of yeasts and lactic bacteria for the organoleptic improvement of wines and for the reduction of biogenic amine production during the malolactic fermentation. Rivista Italiana di Viticoltura ed Enologia (www.infowine.com)

## Résultats principaux

Les résultats ont confirmé, que la co-inoculation n'affecte pas le déroulement de la fermentation alcoolique (Fig. 81a) mais qu'elle peut contribuer à réduire la durée de la FML: la totale consommation des acides maliques s'est faite plus rapidement dans les échantillons co-inoculés que dans les vins de contrôle. L'acide malique était presque totalement consommé en fin de fermentation alcoolique (Fig. 81b).



Contrôle: inoculation classique de BML, durant les phases ultimes de la fermentation alcoolique (12ème jour).  
Co-inoculation: inoculation de BML 12 heures après l'apport de levures sélectionnées (2ème jour)

Fig. 81: Effets de la co-inoculation sur le déroulement de la fermentation alcoolique (a) et malolactique (b) sur des vins de Merlot (vendange 2007).

En 2007, la composition chimique finale des vins était très semblable avec de très basses teneurs en acidité volatile (0.21 g/l) et d'acétaldéhyde (4-5 mg/l).

En 2006 les échantillons co-inoculés présentaient des taux d'acidité volatile significativement plus bas (Tableau 9). De plus, la co-inoculation a fait preuve de sa capacité à contrôler la formation d'amines biogènes même sans emploi de SO<sub>2</sub> avant la fermentation alcoolique (tableau 10).

Tableau 9: Paramètres analytiques de vins de Merlot des essais sur la vendange 2006 (degré alcoolique: 12,00 % v/v)

MERLOT	acidité volatile (g/L)	acide malique (g/L)	acide lactique (g/L)	SO <sub>2</sub> libre (mg/L)	SO <sub>2</sub> total (mg/L)	Acétaldéhyde (mg/L)
Inoculation classique Avec SO <sub>2</sub> *	0,51	0,08	1,60	3	14	2
Co-inoculation Sans SO <sub>2</sub>	0,31	0,06	2,04	n.d.	1	n.d.

N.d. = non détectable \* 30 mg/L avant fermentation alcoolique

Tableau 10: Amines biogènes dans les vins d'essais sur Merlot à différents moments de la vinification (vendange 2006)

MERLOT	Histamine (mg/L)	Tyramine (mg/L)	Putrescine (mg/L)
Inoculation classique Avec SO <sub>2</sub> *	n.d. <sup>a</sup> - tr. <sup>b</sup>	0,2 <sup>a</sup> - 0,8 <sup>b</sup>	1,4 <sup>a</sup> - 1,9 <sup>b</sup>
Co-inoculation Sans SO <sub>2</sub>	n.d. <sup>a</sup> - tr. <sup>b</sup>	0,2 <sup>a</sup> - 0,8 <sup>b</sup>	1,2 <sup>a</sup> - 2,8 <sup>b</sup>
Inoculation classique Sans SO <sub>2</sub>	n.d. <sup>a</sup> - tr. <sup>b</sup>	0,2 <sup>a</sup> - 1,3 <sup>b</sup>	1,4 <sup>a</sup> - 5,2 <sup>b</sup>

\*a fin de fermentation alcoolique (Octobre 2006); b élevage sur lies (Janvier 2007)  
n.d. = non détectable; tr. = traces; \* 30 mg/L avant fermentation alcoolique

Du point de vue sensoriel, la co-inoculation comparée à l'apport de SO<sub>2</sub> avant la fermentation alcoolique donne des vins moins beurrés, moins végétaux et contenant moins de notes d'acide volatil. L'analyse des composants aromatiques des vins obtenus par co-inoculation souligne une plus haute teneur en esters volatiles (liés aux sensations fruitées et florales).

## Conclusions

La réduction des dosages de dioxyde de soufre dans les étapes précoces de la vinification est certainement une pratique adéquate pour les producteurs biologiques aussi bien que conventionnels. Sa mise en pratique dépend de la gestion particulièrement soignée de ces fermentations. Pour les vins rouges, quelques pratiques simples comme la co-inoculation de levures et de bactéries lactiques peuvent être un instrument utile pour gérer la FML même en utilisant des dosages de SO<sub>2</sub> plus faibles.

## 5.2. Hyper-oxygénation (Zironi, R.; Comuzzo, P.; Tat, L.; Scobioala, S.)

### Principes généraux

Le concept d'hyper-oxygénation a été introduit par Müller-Späth en 1977<sup>15</sup>; il se base sur le traitement du moût avec un excès d'oxygène visant à éliminer complètement du moût toute substance oxydable. Les produits de l'oxydation de ces composants (en particulier les substances phénoliques) sont complètement éliminés par un simple soutirage à la fin du traitement d'hyper-oxygénation. L'oxygène peut être apporté sous forme d'O<sub>2</sub> gazeux ou d'air d'un cylindre (à l'aide d'un diffuseur à micropores) ou simplement par pompage.

Si le traitement se fait dans une phase précoce de la vinification (p. ex. juste après le pressurage), il est possible d'obtenir une stabilisation chimique du moût grâce à l'élimination des substances phénoliques instables (p. ex. les acides hydroxy-cinnamyltartriques) sans endommager les composants volatiles qui sont en ce moment encore protégés par leur forme de « précurseurs ». Dans le jus frais juste après le pressurage, les composants aromatiques sont principalement présents en tant que glycosides fixés à des sucres tels que le glucose. Sous cette forme, certaines substances sensibles à l'oxygénation telles que les terpènes conférant les arômes muscatés, sont relativement stables et peu affectées par l'injection excessive d'oxygène.

### L'hyper-oxygénation et la diminution des dosages de SO<sub>2</sub>

#### Principes

L'apport d'O<sub>2</sub> élimine par oxydation et polymérisation la fraction de phénols instables influençant négativement la typicité aromatique variétale. Les sulfites doivent être évités si l'on applique l'hyper-oxygénation, vu leur activité antioxydative. L'hyper-oxygénation peut donc jouer un rôle dans la diminution des dosages de SO<sub>2</sub> car elle demande l'élimination totale des sulfites avant la fermentation alcoolique. De là le grand intérêt de cette pratique en vinification biologique.

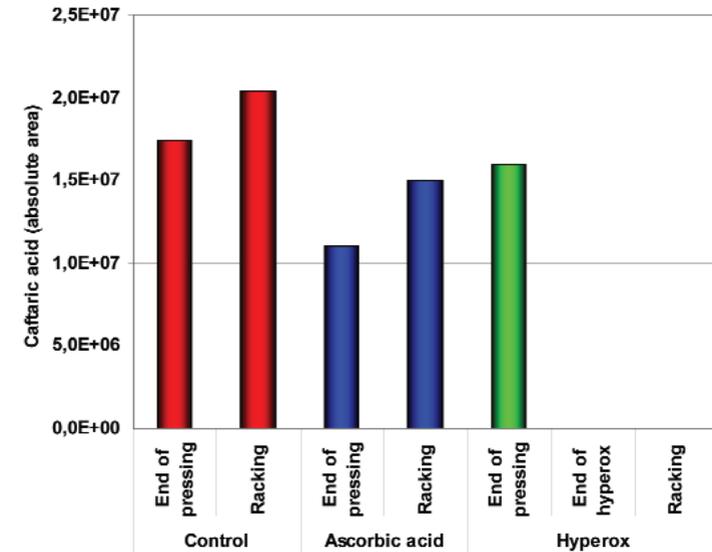
#### Description des essais

L'hyper-oxygénation des moûts a été appliquée durant trois ans au sein des recherches au sein du projet ORWINE.

D'abord, les essais comparaient l'emploi traditionnel de SO<sub>2</sub> pendant l'éraflage et le broyage (p. ex. 30 mg/l) et sa totale substitution par l'hyper-oxygénation. Les résultats ont montré que l'hyper-oxygénation réussit à bien stabiliser les moûts et les vins en baissant les taux de substances phénoliques oxydables (Fig. 83).

<sup>15</sup> H. Müller-Späth, 1977. Neueste Erkenntnisse über den Sauerstoffeinfluss bei der Weinbereitung – aus der Sicht der Praxis. Weinwirtschaft, 113: 144-157.

### Pinot Gris



Contrôle: vinification conventionnelle (30 mg/L de SO<sub>2</sub> apporté durant le broyage-éraflage); Acide ascorbique: remplacer le SO<sub>2</sub> avec un mélange d'acide ascorbique (50 mg/L) et de tannins de raisins (50 mg/L); Hyperox: remplacer le SO<sub>2</sub> par hyper-oxygénation

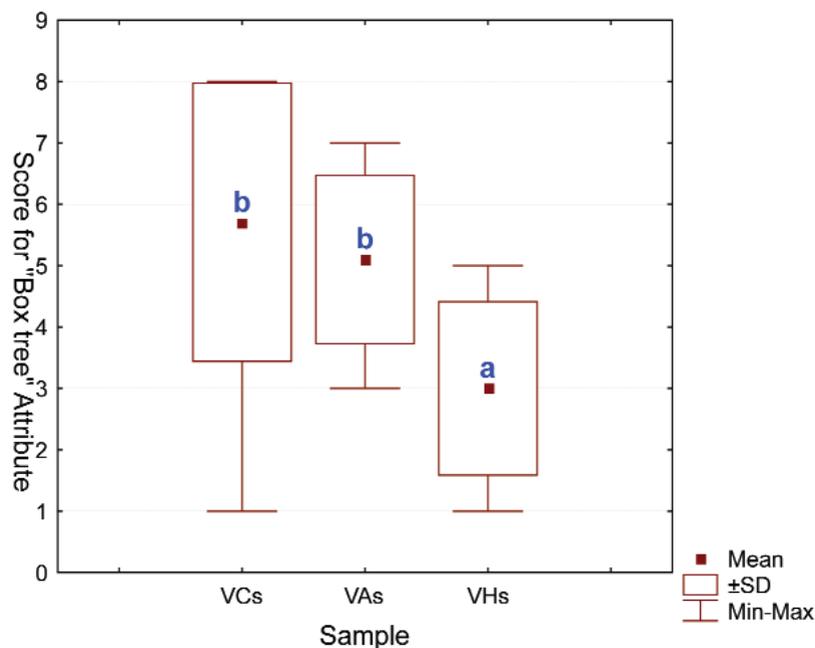
**Fig. 83: Taux d'acide caftarique<sup>16</sup> détectés lors de différentes étapes pré-fermentatives. Comparaison de trois essais (vendange 2006).**

Néanmoins, cette technique peut parfois être problématique pour transformer certains cépages dont les arômes sont très sensibles à l'oxydation (p. ex. le Sauvignon blanc). Pour ces vins, une perte significative de quelques notes variétales (p. ex. les attributs « buis ») a été mise en évidence durant l'évaluation sensorielle (Fig. 84).

En quelques cas, l'hyper-oxygénation a provoqué un ralentissement de la fermentation alcoolique et en conséquence une légère augmentation de l'acidité volatile. Ce fait était dû à une trop longue attente entre l'hyper-oxygénation et le soutirage suivant normalement le traitement. Lorsque cette période était trop longue, les populations de levures sauvages se développent rapidement, ce qui menait inéluctablement à une consommation rapide de l'azote assimilable – presque 80% de la teneur initiale en moût (tab. 11).

Cela veut dire que si les levures sélectionnées sont apportées après le soutirage, elles ne trouveront que très peu d'azote assimilable et pour cela, le déroulement de la fermentation alcoolique sera plus aisément sujet à un ralentissement ou à un blocage.

<sup>16</sup> L'acide caftarique est l'un des phénols en moût les plus oxydables; c'est le substrat le plus important pour les oxydations enzymatiques (oxydases polyphénoliques) et donc participe aux réactions de brunissement des vins blancs. L'acide caftarique disparaît après l'hyper-oxygénation.



VCs: vinification conventionnelle (30 mg/L de SO<sub>2</sub> apporté durant le broyage-éraflage); VAs: remplacer le SO<sub>2</sub> avec un mélange d'acide ascorbique (50 mg/L) et de tannins de raisins (50 mg/L); VHs: remplacer le SO<sub>2</sub> par hyper-oxygénation

**Figure 84: Résultats d'un test sensoriel sur trois vinifications différentes de Sauvignon blanc. Analyse post-ANOVA, 2-way: échantillon et panéliste. Les lettres différentes indiquent si les différences entre échantillons sont significatives ( $p < 0,05$ ).**

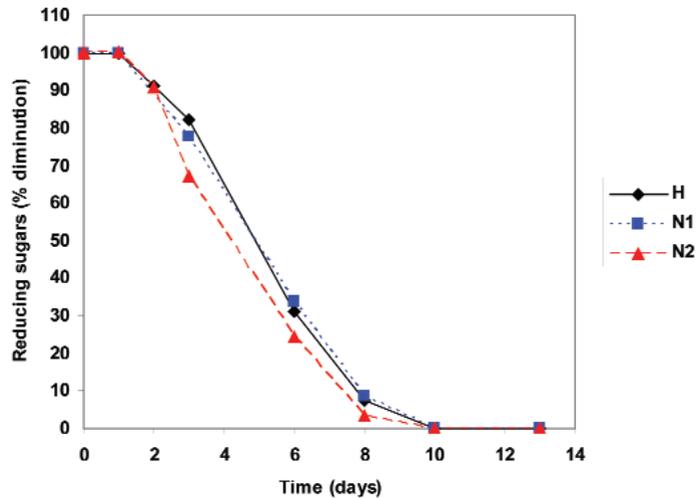
Pour éviter ces problèmes, la préparation d'un pied de cuve actif (levain de levures sélectionnées) est nécessaire. Ce processus doit être effectué aussitôt que possible même si l'on doit utiliser un moût non sédimenté provenant directement de la presse au lieu du moût soutiré comme pratiqué habituellement. Ces précautions, combinées à un apport d'azote, particulièrement des sels d'ammonium (phosphate d'ammonium), lors de l'addition du pied de cuve se sont avérées efficaces pour accélérer la fermentation et pour éviter son blocage (Fig. 85). Finalement, pour réduire la durée entre l'hyper-oxygénation et le soutirage, un traitement aux enzymes pectolytiques est aussi recommandé.

## Conclusions

L'hyper-oxygénation du moût peut servir à éviter l'emploi de SO<sub>2</sub> durant les étapes pré-fermentatives. Néanmoins son emploi sur des cépages dont la typicité aromatique est particulièrement sensible à l'oxydation (p. ex. le Sauvignon blanc) doit être considéré soigneusement. Son emploi requiert des précautions particulières: apport et gestion des levures sélectionnées (p. ex. l'alimentation et l'acclimatation des levures) et clarification du moût rapide après l'hyper-oxygénation. Ces précautions sont importantes pour limiter le développement de levures non Saccharomyces avant l'apport de levures sélectionnées et pour éviter les blocages de fermentation.

**Tableau 11: Développement des population de Saccharomyces et non Saccharomyces et des acides aminés libres dans un moût hyper-oxygéné avant l'inoculation de levures sélectionnées.**

Echantillon	Date	Free amino acids (mg/L)	Saccharomyces (CFU/mL)	Non Saccharomyces (CFU/mL)
Must	03-set	94	1,3 x 10 <sup>6</sup>	3,7 x 10 <sup>5</sup>
After Hyperox	03-set	87	1,1 x 10 <sup>6</sup>	3,6 x 10 <sup>5</sup>
After Racking	04-set	21	< 10	1,0 x 10 <sup>6</sup>
After SYI	04-set	20	3,0 x 10 <sup>5</sup>	1,9 x 10 <sup>6</sup>



H: écorces de levures (400 mg/L) et thiamine (0,6 mg/L) durant la réhydratation<sup>17</sup>  
 N1: écorces de levures et thiamine durant la réhydratation (1/2) et après l'inoculation du PdC (1/2); DAP (300 mg/L) au milieu de la fermentation alcoolique (6<sup>ème</sup> jour)<sup>18</sup>  
 N1: écorces de levures et thiamine durant la réhydratation (1/2) et après l'inoculation du PdC (1/2); DAP après l'inoculation du PdC (1/2) et au milieu de la fermentation alcoolique (1/2 - 6<sup>ème</sup> jour)<sup>19</sup>

Figure 85: Déroulement de la fermentation alcoolique sur des moûts hyper-oxygénés se différenciant quant à l'alimentation en azote et à la préparation du pied de cuve. Aucun problème de fermentation sur la vendange 2008 mais l'essai N<sub>2</sub> montre une vitesse de fermentation légèrement plus rapide.

<sup>17</sup> Écorces de levures (400 mg/L) et thiamine (0,6 mg/L) durant préparation du PdC  
<sup>18</sup> Écorces de levures (400 mg/L) et thiamine (0,6 mg/L): la moitié durant préparation du PdC et l'autre moitié lors de l'addition du PdC au lot entier  
<sup>19</sup> Écorces de levures (400 mg/L) et thiamine (0,6 mg/L): la moitié durant préparation du PdC et l'autre moitié lors de l'addition du PdC au lot entier

### 5.3. Additifs alternatifs au SO<sub>2</sub> (Zironi, R.; Comuzzo, P.; Tat, L.; Scobioala, S.)

#### Principes généraux

Le gain de savoir ayant caractérisé les sciences œnologiques durant les dernières décades a montré qu'il existe différents additifs, auxiliaires et pratiques pouvant remplacer quelques unes des fonctions fondamentales des sulfites.

En considérant les alternatives au dioxyde de soufre, il faut souligner qu'il n'existe à ce jour pas de possibilité de se passer totalement de SO<sub>2</sub> sans risquer de compromettre la qualité du vin. Néanmoins, la réduction des doses de SO<sub>2</sub> par quelques additifs ou moyens techniques est réalisable et le concept de réduction des sulfites devient de plus en plus important non seulement en vinification biologique mais aussi en production conventionnelle.

#### L'acide ascorbique et la réduction de dioxyde de soufre

##### Principes

L'acide ascorbique (vitamine C) (AA) est l'une des plus importantes alternatives au SO<sub>2</sub>. D'après Rigaud et al.<sup>20</sup> il réduit les risques d'oxydation enzymatique des moûts (préservation de l'acide tartarique) et – en tant qu'agent antioxydatif – de purger l'oxygène et les molécules oxygène-réactives (p. ex. certains radicaux libres) même dans le vin et finalement de limiter l'oxydation des composants phénoliques (Fig. 86).

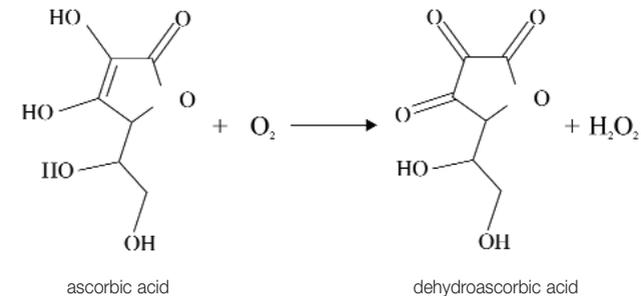


Fig. 86: Oxydation de l'acide ascorbique en acide déhydro-ascorbique

Vu sous cet angle, l'acide ascorbique agit plus rapidement que le dioxyde de soufre, il est donc plus utile contre les problèmes résultant d'une sévère oxygénation (p. ex. durant le soutirage ou la mise en bouteilles). Pour cela on l'utilise souvent sur les vins juste avant la mise en bouteille. Cependant, malgré cette meilleure réactivité, son action est moins durable que celle du SO<sub>2</sub>; ainsi on emploie souvent ces deux additifs en combinaison.

Une autre raison importante pour combiner le SO<sub>2</sub> et l'AA est montrée dans la figure 86: l'oxydation de l'acide ascorbique produit du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) qui lui-même est un puissant oxydant; les sulfites sont capables de purger le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> soutenant ainsi les propriétés antioxydatives du mélange.

<sup>20</sup> Rigaud et al., 1990. Mécanismes d'oxydation des polyphénols dans les moûts blancs. R.F.?, 124: 27-31.

Cette dernière considération est un concept important. Si un vigneron décide de remplacer le SO<sub>2</sub> par de l'AA, il lui faut trouver une alternative adéquate pour remplacer les fonctions purgatoires du SO<sub>2</sub>.

### Description des essais

L'approche d'ORWINE a consisté en l'emploi de tannins de raisins comme « purgatifs alternatifs ». Il est bien connu, que les tannins sont capables de limiter l'activité des radicaux libres (tels que la superoxyde ou l'hydroperoxyde)<sup>21</sup> et peuvent donc être utilisés en combinaison avec l'AA pour remplacer l'emploi de sulfites durant le broyage (vinification de vins blancs).

Les résultats obtenus sur la vendange 2006 ont montré qu'un mélange d'acide ascorbique et de tannins de raisins a été capable de réduire l'oxydation des composants phénoliques au même titre que le SO<sub>2</sub> (fig. 83). Cette technique hyper-réductive a donc fait preuve de sa capacité à stabiliser le moût sur la base d'un principe qui est opposé à celui de l'hyper-oxygénation: le moût se protège soi-même des oxydations (tab. 12).

De plus, l'hyper-réduction a aussi été capable de préserver la typicité aromatique variétale de cépages tels que le Sauvignon blanc (fig. 84). L'évaluation sensorielle de ces vins n'a pas révélé de différences significatives de cette typicité aromatique entre les vins traités au SO<sub>2</sub> et ceux traités d'un mélange d'AA + tannins.

Un des problèmes de l'hyper-réduction est la plus haute sensibilité des vins finaux à l'oxydation durant le stockage. Le test POM, un indice lié à la sensibilité du vin à l'oxydation, était plus haut dans les vins façonnés avec AA + tannins que dans ceux obtenus par hyper-oxygénation ou ceux obtenus en apportant du SO<sub>2</sub> au broyage.

**Tableau 12: Résumé des caractéristiques principales liées à la pratique d'alternatives à l'emploi de dioxyde de soufre.**

	HYPER-OXYGENATION	HYPER-REDUCTION
<b>Principe de base</b>	Oxydation totale des substances instables	Protection totale des substances oxydables
<b>Traitement spécifique</b>	Addition massive d'oxygène sur le moût après pressurage	Addition d'acide ascorbique + tannins sur le moût durant le broyage
<b>Relation avec les sulfites</b>	Pas d'alternative au SO <sub>2</sub> :	Pas d'alternative au SO <sub>2</sub> :
<b>Effets sur les composants phénoliques sensibles au O<sub>2</sub></b>	Élimination par oxydation et précipitation	Préservation
<b>Effets sur les composants volatiles sensibles au O<sub>2</sub></b>	Perte partielle	Préservation
<b>Effets sur la stabilité des vins finaux</b>	Plus haute résistance à l'oxydation en comparaison aux vins gagnés par apport de SO <sub>2</sub> avant la fermentation alcoolique	Plus basse résistance à l'oxydation en comparaison aux vins gagnés par apport de SO <sub>2</sub> avant la fermentation alcoolique.
<b>Effets sur le caractère sensoriel des vins</b>	Pour certains cépages, perte partielle des notes variétales typiques	Préservation des notes variétales typiques

Pour cela, l'emploi de techniques hyper-réductives demande un soin particulier de la gestion de toutes les opérations pouvant affecter l'intrusion d'oxygène dans le vin (p. ex. soutirage, mise en bouteille, filtration, transferts, etc.). Des précautions supplémentaires, telles que la saturation des tuyauteries, cuves et connexions de gaz inertes (CO<sub>2</sub>, azote, etc.) peuvent s'avérer utiles pour minimiser les réactions de ces produits sensibles à l'oxygène et pour éviter toute oxydation ultérieure afin de ne pas devoir recourir à des doses massives de SO<sub>2</sub>.

Finalement il faut mentionner qu'il est possible de mettre en question l'emploi de tannins de raisins comme purgatifs alternatifs aux sulfites dû au fait qu'ils peuvent influencer négativement le caractère sensoriel du vin en lui conférant des notes boisées. Cependant, les évaluations sensorielles des essais d'ORWINE n'ont – pour les quantités utilisées – montré aucune influence des tannins apportés.

### Conclusions

L'emploi d'acide ascorbique en alternative au dioxyde de soufre requiert l'emploi de purgatifs de radicaux libres alternatifs. L'utilisation d'un mélange d'acide ascorbique et de tannins de raisins a donné de bons résultats sur les moûts blancs, en préservant les composants phénoliques sensibles à l'oxydation et les typicités aromatiques de cépages dont les arômes sont sensibles à l'oxydation.

L'utilisation de techniques d'hyper-réduction demande des soins particuliers pour éviter une intrusion massive d'oxygène au vin final qui devient, pour ses plus hautes teneurs en composants phénoliques, plus sensible à l'oxygénation.

<sup>21</sup> Vivas, 1997. Composition et propriétés des préparations commerciales de tannins à usage œnologique. R.F.?, 84: 15-21.

Tableau 13: Paramètres analytiques de quelques vins expérimentaux de la vendange 2006; 2 cépages, 3 essais de vinification

PINOT GRIS (VIN FINAL- JANVIER 07)						
Echantillon	Date	DO 420	DO 320	DO 280	POM Test <sup>22</sup>	Catéchines (mg/L)
VC	23-gen	0,1273	7,2	8,7	3	20
VA	23-gen	0,1545	7,1	8,4	20	14
VH	23-gen	0,1314	5,8	7,2	0	8

SAUVIGNON BLANC (VIN FINAL- JANVIER 07)						
Echantillon	Date	DO 420	DO 320	DO 280	POM Test <sup>9</sup>	Catéchines (mg/L)
VC	23-gen	0,0951	5,3	8,9	36	15
VA	23-gen	0,1078	6,4	10,4	52	13
VH	23-gen	0,1204	5,2	7,9	0	9

VC: vinification conventionnelle; VA: emploi d'AA + tannins de raisins; VH: hyper-oxygénation

#### 5.4. Production naturelle de sulfites (SO<sub>2</sub>) par les levures durant la fermentation alcoolique (Werner, M.; Rauhut, D.)

Durant la fermentation alcoolique, les levures produisent du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) naturel en tant que métabolite intermédiaire sur la voie de réduction des sulfites (Romano et Suzzi (1993), Ribéreau-Gayon et al. (2006)). Les souches de levures peuvent être classées en faibles productrices de SO<sub>2</sub>, p. ex. *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* et en fortes productrices de SO<sub>2</sub>, p. ex. *Saccharomyces bayanus* Sacardo. Certaines souches de levures peuvent produire jusqu'à 300 mg/l de sulfites durant la fermentation. Dott et Trüper (1976) ont décrit que la réductase sulfiteuse des souches de levures productrices de sulfites peut être altérée. En conséquence, le SO<sub>2</sub> est accumulé dans la cellule et finalement relâché dans le moût. Des suppositions antérieures stipulant que des mutations seraient la cause de la production de sulfites n'ont pas été confirmées. De nos jours, les producteurs de levures sèches commerciales considèrent cette importante propriété des levures durant le processus de sélection. Ce n'est que si le vigneron désire procéder à une fermentation spontanée que les propriétés des souches levuriennes ne peuvent pas être garanties. La majorité des souches de levures commerciales actuelles sont considérées comme faibles productrices avec une production maximale de SO<sub>2</sub> total de 20 mg/l. Seules quelques rares souches en produisent plus, jusque 80 mg/L SO<sub>2</sub>.

La figure 87 montre la production de SO<sub>2</sub> de 22 souches de levures commerciales utilisées en Europe. Les souches numéros 1-21 sont recommandées par les producteurs de levures comme étant des faibles productrices de SO<sub>2</sub>. La souche numéro 22 est une référence à haute production de SO<sub>2</sub>. Les fermentations ont été effectuées avec du moût de Riesling 2007 pasteurisé, afin d'en éliminer tout micro-organisme indésirable. La température de fermentation était de 18 °C, le dosage d'inoculation 30 g/hl de levure sèche pure. La réhydratation s'est faite en eau (35 °C) pour 25 minutes. Les résultats différencient deux groupes de souches. Le premier produisant moins de 10 mg/l de SO<sub>2</sub> total, le deuxième entre 10 et 20 mg/l. Seul l'une des souches (la référence) atteint une concentration plus forte : 57 mg/l.

La figure 88 montre la concentration de SO<sub>2</sub> durant la fermentation par la même souche de levures mais sur différents cépages (vendanges 2007 et 2008). Les conditions de fermentation étaient similaires pour tous les moûts. Tous ont été pasteurisés afin d'éliminer les microorganismes indésirables. Les résultats montrent que la formation de SO<sub>2</sub> durant la fermentation dépend aussi bien de la souche de levure que de la composition de moût: en fin de fermentation alcoolique, la même souche a produit entre 15 et 60 mg/l de SO<sub>2</sub> total. Ceci indique que même les souches considérées comme faibles productrices peuvent causer de fortes concentrations sur certains moûts en certaines années.

<sup>22</sup> Plus le POM est élevé, plus haute est la sensibilité du vin à l'oxygénation.

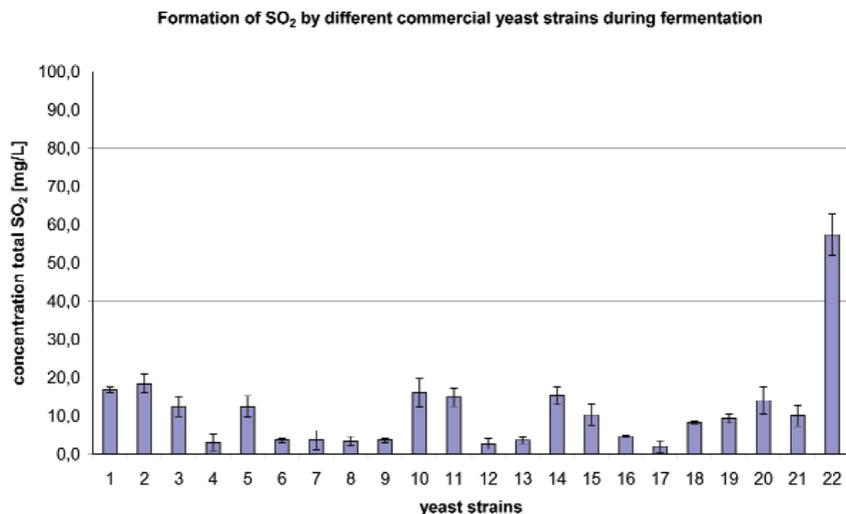


Figure 87: Production de SO<sub>2</sub> durant la fermentation par 22 souches de levures commerciales. Moyenne de la triple réplication. Barres: déviation standard.

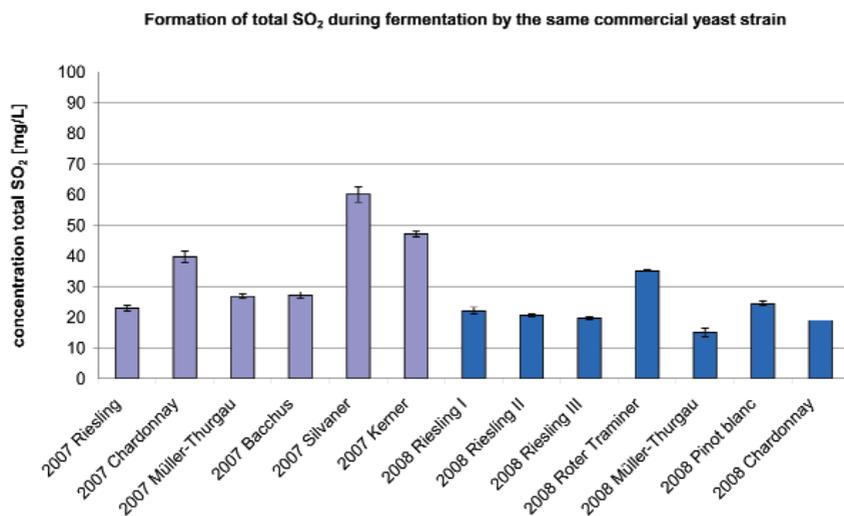


Fig. 88: Production de SO<sub>2</sub> durant la fermentation par la même souche de levures mais sur différents cépages. Moyenne de la triple réplication. Barres: déviation standard

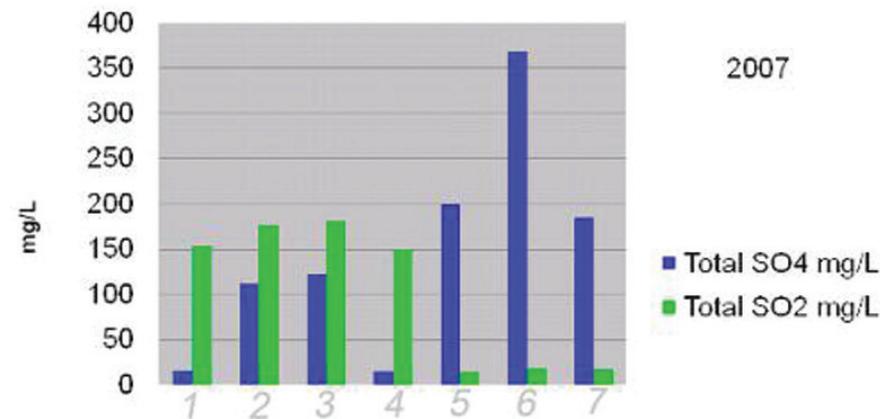


Fig. 89: Production de SO<sub>2</sub> durant la fermentation alcoolique par deux différentes souches de levures commerciales sur du moût de Chardonnay avec apport de sulfate d'ammonium et de phosphate d'ammonium. Variantes 1-4: souche 1; variantes 5-7: souche 2; variantes 1 et 5: contrôle; variantes 2, 3 et 6: apport de sulfate d'ammonium; variantes 4 et 7: apport de phosphate d'ammonium. Source: partenaire IFV.

La figure 89 montre que la concentration de sulfate (SO<sub>4</sub>) joue un rôle important dans la production de SO<sub>2</sub> durant la fermentation alcoolique. Le sulfate se trouve naturellement dans le moût ou peut y être apporté sous forme de sulfate d'ammonium, un nutriment. D'où l'intérêt d'apporter l'ammonium sous forme de phosphate d'ammonium. Les résultats indiquent que les souches de levures ne possèdent pas toutes la même capacité à produire du SO<sub>2</sub> à partir de SO<sub>4</sub>. La souche 2 ne consomme pas significativement de SO<sub>4</sub>, ni le naturel ni celui apporté. Ceci explique pourquoi cette souche est considérée comme faible productrice de SO<sub>2</sub>. Au contraire, la souche 1 produit beaucoup de SO<sub>2</sub> à partir du SO<sub>4</sub> même si le sulfate présent du moût est totalement d'origine naturelle. Cette souche est considérée comme forte productrice de SO<sub>2</sub>. Ces résultats n'ont été obtenus que sur les vins rosés et blancs.

Le dioxyde de soufre produit par les levures est fixé par les composés fixateurs de SO<sub>2</sub>. Ces quantités de SO<sub>2</sub> doivent donc être prises en compte dans l'estimation du taux de SO<sub>2</sub> total du vin, limité par les réglementations, bien qu'il ne soit pas disponible comme SO<sub>2</sub> libre actif. Le besoin final de SO<sub>2</sub> de chaque vin dépend de beaucoup de composés tels que l'acétaldéhyde, le 2-keto-glutarate et le pyruvate mais aussi de la teneur en sucres. Seule une addition adéquate de dioxyde de soufre protège le vin final avec une quantité suffisante de SO<sub>2</sub> libre.

#### References:

- Dott, W. and Trüper, H. G. (1976): Sulphite Formation by Wine Yeasts, III. Properties of Sulphite Reductase, Archives of Microbiology 108, Springer Verlag, p. 99-104
- Romano, P. and Suzzi, G. (1993): Sulphur dioxide and wine micro organisms. In: Wine Microbiology and Biotechnology. Edited by Fleet, G., Harwood Academic Publishers GmbH, Chur, Switzerland, p. 373-393
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2006) Handbook of Enology, Volume 2, John Wiley and Sons, England, p. 264
- <http://www.vignevin.com/outils-en-ligne/fiches-levures/levures-a-production-moyenne-a-elevee-de-so2.html>

## 5.5. Influence des nutriments sur la production levurienne de composants fixant le SO<sub>2</sub> (Werner, M.; Rauhut, D.)

Durant la fermentation alcoolique, les levures forment quelques produits secondaires qui fixent le SO<sub>2</sub>. L'acétaldéhyde est probablement le plus connu puisque sa forme libre influence significativement le caractère sensoriel d'un vin. S'il est présent sous sa forme libre, il peut provoquer des notes oxydatives qui sont souvent considérées comme de faux goûts. Elles ne sont appréciées que sur des types de vin spécifiques.

Hormis l'acétaldéhyde, il existe beaucoup d'autres composants carbonylés capables de fixer le SO<sub>2</sub> dans le vin. Plus la concentration en fixateurs est élevée, plus la teneur en SO<sub>2</sub> actif libre dans le vin final après apport d'une quantité définie de dioxyde de soufre sera basse (cf. aussi le chapitre « Gestion du SO<sub>2</sub> »).

Les résultats des recherches ont montré que la production naturelle des fixateurs: acétaldéhyde, pyruvate et 2-ketoglutarate dépend de la souche de levures et de la composition initiale du moût. Dans la composition nutritionnelle du moût, la thiamine joue un rôle clé dans la formation de fixateurs de SO<sub>2</sub>. La thiamine agit en co-enzyme de la décarboxylase de pyruvate qui réduit la concentration des derniers intermédiaires de la chaîne de transformation des sucres par les levures. Certains facteurs tels que le chauffage du moût ou l'activité de botrytis sur le raisin peuvent abaisser la concentration naturelle de la thiamine dans le moût. La figure 90 montre l'effet de l'apport de nutriments (ammonium et thiamine) sur la concentration en éléments capables de fixer le SO<sub>2</sub> dans un moût de Riesling pasteurisé après la fermentation alcoolique.

La haute concentration en fixateurs de SO<sub>2</sub> dans le vin du témoin, peut être expliquée par la pasteurisation du jus qui était nécessaire pour éliminer tout micro-organisme indésirable. L'effet positif de l'ammonium et de la thiamine sur la réduction des fixateurs est clairement démontré. La concentration des substances a pu être nettement réduite même si les fixateurs n'ont pas pu être éliminés. De plus, les deux substances ont augmenté l'activité de fermentation des levures. Suite aux différentes concentrations de composés carbonylés dans le vin, chaque vin a des besoins en SO<sub>2</sub> différents pour garantir une stabilisation et une qualité satisfaisantes.

Les sucres résiduels tels que le glucose et le fructose présents dans les vins doux augmentent significativement le potentiel de fixation. De plus, les valeurs du pH et la température du vin jouent un rôle important en ce qui concerne l'équilibre du SO<sub>2</sub> libre et total, qui est décrit en plus détaillé dans le chapitre de la gestion du SO<sub>2</sub>.

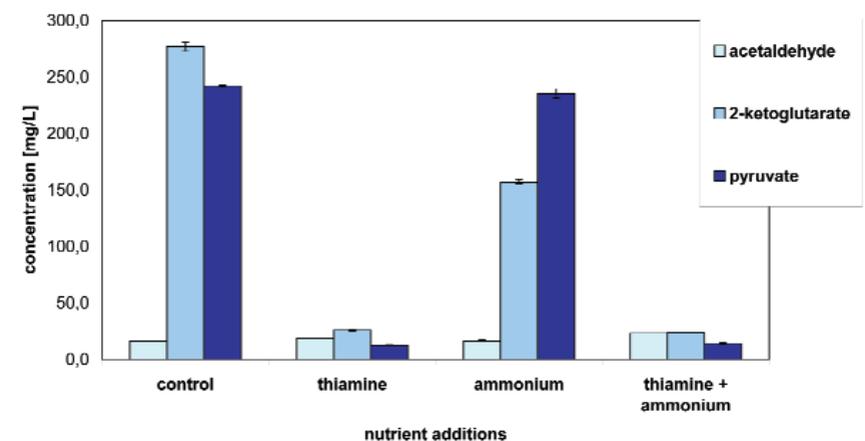
### References:

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Deneche, B. (2006) Handbook of Enology, Volume 1, John Wiley and Sons, England  
 Wucherpfennig, K. (1985) Die schwefelige Säure im Wein – önologische und toxikologische Aspekte, Deutsches Weinbau Jahrbuch, 213-241

Tableau 14: Aperçu général simplifié des plus importants composants carbonyles fixant le SO<sub>2</sub> présents dans les vins et les vins spéciaux. Sous conditions pratiques, leur concentration varie de très basse à très haute en dépendance de l'activité métabolique des levures ou autres microorganismes.

Composant carbonyle	Impact sur la fixation de SO <sub>2</sub>	Origine
Acétaldéhyde	Elevé	Métabolisme des levures
Pyruvate	Elevé	Métabolisme des levures
2-Ketoglutarate	Elevé	Métabolisme des levures
Sucres résiduels (Glucose, Fructose, ...)	Elevé, dépendant de la concentration	Raisin ou apport
Acide gluconique	Elevé	Activité microbienne sur raisins
5-Ketofructose	Elevé	Activité microbienne sur raisins
Xyloson	Elevé	Activité microbienne sur raisins
Propanal	Faible	Activité microbienne
Butanal	Faible	Activité microbienne
Glycerolaldéhyde	Faible	Activité microbienne
Isobutylaldéhyde	Faible	Activité microbienne
Diacétyle	Faible	Activité microbienne

Fig. 90: Effet de l'apport de phosphate hydrogène d'ammonium (0.5 g/L) et de thiamine (0.6 mg/L) sur la concentration d'acétaldéhyde, pyruvate et 2-ketoglutarate dans le vin final. La fermentation a été performée par *Saccharomyces cerevisiae* dans un moût de Riesling pasteurisé. Moyenne de la triple réplication. Barres: déviation standard Source: SRIG



## 5.6. Pratiques et techniques de vinification (Cottureau, P.)

### Amélioration des pratiques œnologiques dans la gestion de la vinification et résultats expérimentaux

#### Application de nouvelles technologies

Ce chapitre considère quelques technologies physiques pouvant aider à réduire le risque de contamination microbienne et d'oxydation en alternative à l'utilisation du  $\text{SO}_2$ : la flash-pasteurisation (FP), la microfiltration tangentielle (MT) et l'électrodialyse par membrane bipolaire. L'étude évalue comment ces techniques peuvent être appliquées en vinification biologique sans influencer négativement la qualité et les coûts. L'électrodialyse a été testée pour l'acidification du vin rouge, la flash-pasteurisation et la microfiltration tangentielle pour la stabilisation contre les levures et les bactéries.

#### 5.6.1 L'électro-dialyse à membranes bipolaires / acidification

L'acidité des moûts et des vins au cours de ces dernières années a augmenté dans tous les pays européens. On observe une progression régulière des pH qui atteignent des niveaux très importants. Ces pH élevés ont conduit à une augmentation de l'emploi de  $\text{SO}_2$ .

L'INRA (en collaboration avec EURODIA) a développé la technique de l'électrodialyse à membranes bipolaires. Cette technique permet une régulation du pH (acidification). Ce traitement peut être automatisé et produit la valeur du pH final requise. L'acidification contrôlée permet donc la création de conditions plus favorables pour l'emploi de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$  actif).

#### Principes de l'électrodialyse par membranes bipolaires

- L'électrodialyse par membranes bipolaires permet de séparer efficacement les solutions aqueuses salines en acides et bases sans ajout de produits chimiques. C'est un processus d'électrodialyse qui utilise des membranes échangeuses d'ions pour séparer sélectivement les ions en solution grâce à un champ électrique, mais la membrane bipolaire permet de fractionner l'eau en réalisant une électrolyse. Le processus offre aussi la capacité d'ajuster directement l'acidité en continu sans ajouter de produits chimiques.
- Le vin peut être acidifié (Fig. 91) en couplant la membrane bipolaire et la membrane échangeuse de cations. Les ions hydrogène obtenus par le fractionnement de l'eau remplacent les ions potassium qui sont éliminés par la membrane cationique.

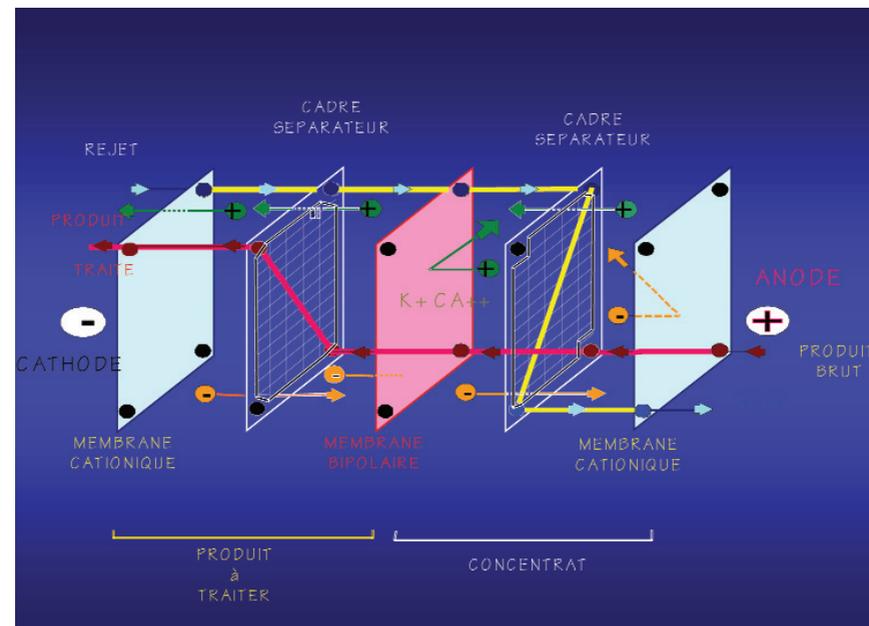


Figure 91: Principe de l'électrodialyse à membranes bipolaires

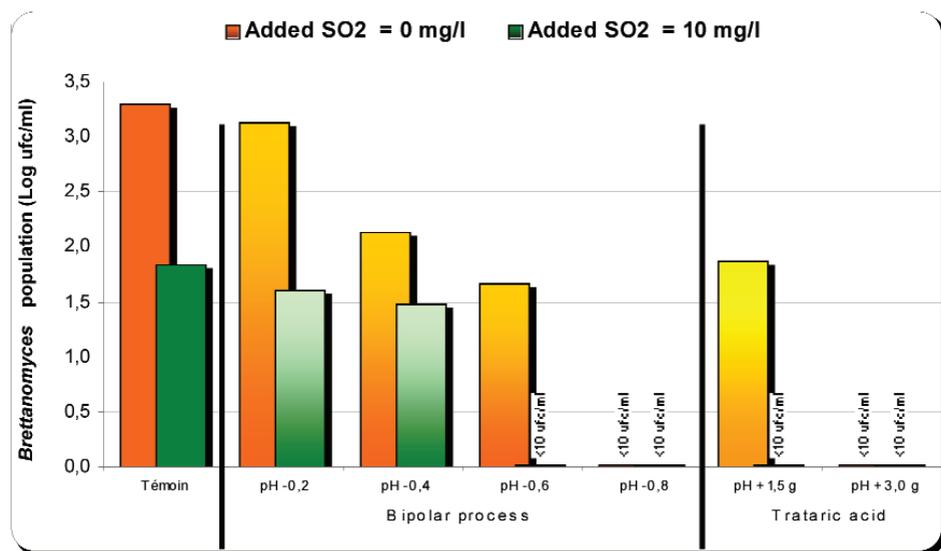
#### Protocole expérimental

L'acidification par ce procédé bipolaire a été réalisée sur un vin rouge (Syrah) avec un pH très élevé (env. 4,15); le vin a été traité sur une gamme de pH de 3,25 à 4,15. Des acidifications classiques ont été réalisées avec deux taux d'ajouts d'acide tartrique (1,5 et 3 g/l). Après l'addition de l'acide tartrique ces vins ont été entreposés dans une chambre froide pendant 15 jours (0 °C) et ont été soutirés ensuite pour éliminer le précipité tartrique. A la mise en bouteille, une modalité n'a pas reçu de  $\text{SO}_2$ , l'autre 1 g/hl. L'efficacité du  $\text{SO}_2$  et de l'acidité a été mesurée par l'appréciation de la croissance de levures contaminantes (inoculation de *Brettanomyces*).

#### Résultats

Le procédé bipolaire permet d'obtenir exactement le pH désiré. Comme indiqué par la théorie, la variation du pH est liée à la substitution de  $\text{K}^+$  par  $\text{H}^+$ . Les concentrations d'acide tartrique ne diffèrent pas entre les modalités. L'acidité a augmenté avec la baisse du pH. Après la mise en bouteille, les différences entre les modalités avec et sans  $\text{SO}_2$  sont très petites (env. 2 mg/l en ajoutant 1 g/hl); le  $\text{SO}_2$  ajouté est donc rapidement combiné dans ces vins. L'acidification à l'acide tartrique a permis une légère variation du pH; -0,15 pour 1,5 g/l ajoutés et -0,35 pour 3 g/l ajoutés. En fait, l'acidification a entraîné une précipitation entre l'acide tartrique et le  $\text{K}^+$ . La baisse du pH est une conséquence de la baisse de la concentration de  $\text{K}^+$ . Les concentrations d'acide tartrique ont été légèrement supérieures. La population inoculée de *Brettanomyces* a été suivie durant 35 jours (fig. 92).

Fig. 92: Population de *Brettanomyces* 3 jours après la contamination (moyenne de 2 répétitions).



La diminution de la population de *Brettanomyces* est liée à la baisse du pH.

Au même pH, l'acidification par acide tartrique est plus efficace pour inhiber la croissance de *Brettanomyces* que le procédé bipolaire, avec ou sans ajout de SO<sub>2</sub>.

A un haut niveau d'acidification l'addition très modérée de SO<sub>2</sub> était plus efficace.

Le SO<sub>2</sub> actif est directement lié aux niveaux de pH. Cet effet est identique dans les vins conventionnels et les vins biologiques.

Au stade actuel, cette technique n'est pas autorisée par la réglementation et ne le sera pas avant au moins 2 à 3 ans.

### 5.6.2. Flash-pasteurisation (FP), microfiltration tangentielle (MFT) pour améliorer les vins contenant du sucre résiduel

La première année, ces technologies ont été testées pour bloquer la fermentation alcoolique pour l'élaboration des vins doux. En référence deux modalités sont réalisées, en n'utilisant que du SO<sub>2</sub>: « SO<sub>2</sub>-mutage » et en utilisant du DCDM (di-carbonate diméthyle, récemment admis par l'UE pour les vins conventionnels). Les vins élaborés sont des vins rosé ou blanc et les fermentations sont bloquées à un faible degré d'alcool afin d'être dans une situation de stabilité microbiologique difficile.

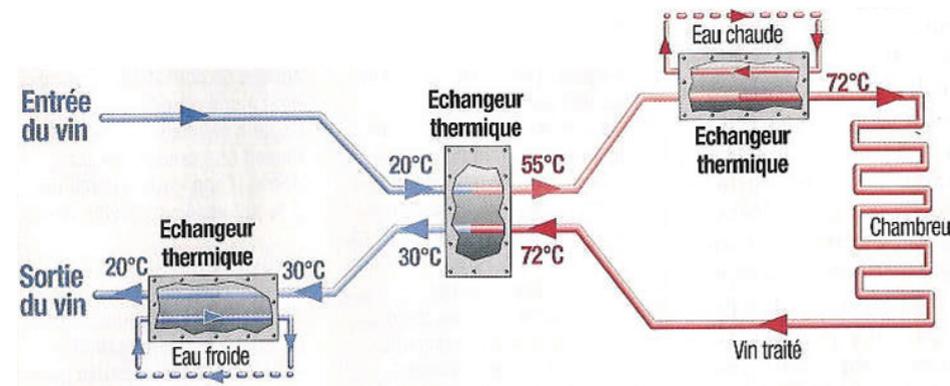
#### Protocoles expérimentaux

- Une vendange de Mourvèdre (INRA Gruissan – 11430) a été éraflée et pressée pour obtenir du jus (14% vol d'alcool potentiel). La fermentation a été bloquée quand le vin avait atteint env. 12% vol.

Toutes les modalités ont reçu 8 g/hl de SO<sub>2</sub>, sauf la modalité « SO<sub>2</sub> mutage » qui obtient au total 13 g/hl SO<sub>2</sub> en tout (8 g/hl comme les autres et 5 g/hl en plus pour le mutage).

- Un plan expérimental (dans des Erlenmeyer de 200 ml) a été suivi pour chaque procédé (excepté le DCDM) avec contamination par levures (*S. cerevisiae* K1) (3 niveaux: 0, 10<sup>7</sup>, 10<sup>8</sup> cellules par millilitre) et 4 niveaux de SO<sub>2</sub> (0, 4, 8, 12 g/hl) et 2 répétitions de chaque modalité (essais effectués en 200 ml Erlenmeyer jusqu'à la fin de la fermentation – 2 x 3 x 3 x 4 = 72 cuves de 200ml – suivi avec un enregistrement des poids des Erlenmeyer).

Figure 93: Principe technique de la flash-pasteurisation.



#### Résultats

Les analyses des vins étaient presque identiques. La combinaison de SO<sub>2</sub> est un peu plus haute pour la référence « SO<sub>2</sub> - Mutage ». La diminution de SO<sub>2</sub> est de seulement 20 mg/l pour les autres modalités. Il n'y avait pas de différences significatives sur la couleur.

Pour l'évaluation sensorielle, il n'y avait pas de différences significatives entre les profils aromatiques (test à 5%) sauf pour la référence « SO<sub>2</sub> - Mutage », dans lequel les dégustateurs ont trouvé des odeurs déplaisantes. En conséquence, la qualité de ce traitement est plus basse que celle des autres vins. Le descripteur « acidité » de la référence «SO<sub>2</sub> - Mutage » était plus bas que pour les autres modalités (pas de différence en analyse). L'intensité du « gras-rondeur » de la modalité « DCDM » semble être plus basse (près de 5%) que pour les autres modalités. Les autres descripteurs ne sont pas significatifs. Le niveau d' « harmonie générale » est significativement plus haut pour le vin « MFT » comparé à la modalité « SO<sub>2</sub>-mutage » (odeurs déplaisantes); les deux autres vins étant intermédiaires.

Pour l'essai en Erlenmeyer il n'y a, après cinq mois, que 2 traitements avec une stabilisation de SO<sub>2</sub> où la fermentation est encore en cours, quel que soit le niveau de la population de levures, il faut 8 g/hl de SO<sub>2</sub> pour stopper la re-fermentation.

Dans les autres cas, les fermentations peuvent redémarrer de manière aléatoire et il n'y a pas de lien avec le levurage.

L'effet du mutage par MFT et FP est très important. Avec ces technologies il est possible de réduire l'emploi de SO<sub>2</sub> sans risques de re-fermentation.



Ces technologies peuvent produire une bonne stabilisation microbienne mais la combinaison de SO<sub>2</sub> est la même que celle de la référence. Si l'on veut obtenir une même concentration de SO<sub>2</sub> libre dans ces vins, la réduction de la concentration en SO<sub>2</sub> final est très petite (environ 20 mg/l dans ces essais). Le DCDM semble représenter une bonne alternative au SO<sub>2</sub> pour le mutage. Mais l'origine chimique de ce produit ne convient pas pour un procédé biologique. L'évaluation sensorielle a montré que le vin MFT est le meilleur de cet essai. Les différentes technologies évaluées ne changent pas le profil sensoriel des vins.

Fig.94: Technical equipment for flash-pasteurisation.

### 5.6.3. Flash-pasteurisation (FP), microfiltration tangentielle (MFT) pour la stabilisation bactérienne

Ces technologies ont été testées pour bloquer la fermentation malolactique au cours de l'élaboration de vins blancs. L'effet du lysozyme a aussi été testé en comparaison aux ajouts de SO<sub>2</sub>. Ces technologies ont aussi été utilisées sur vins rouges après la fermentation malolactique, avant le vieillissement et le stockage, en comparaison avec des ajouts de SO<sub>2</sub> et de lysozyme.

#### Protocole expérimental pour vin blanc

Un vin blanc biologique d'une cave coopérative (AB) a été sélectionné juste après la fermentation alcoolique. Quatre traitements ont été comparés (SO<sub>2</sub>, lysozyme, flash-pasteurisation, microfiltration tangentielle) avec 2 niveaux d'ajout de SO<sub>2</sub> à la mise en bouteille. Chaque modalité a été suivie grâce à un plan d'expérience de laboratoire avec une contamination contrôlée de bactéries lactiques à différents niveaux d'inoculation et avec différents niveaux de SO<sub>2</sub> libre (0, 10, 30 mg/l).

#### Résultats

Les analyses de vin de toutes les modalités étaient similaires sauf pour l'acidité. Les modalités « SO<sub>2</sub> » et « FP » avaient de plus basses teneurs en acide tartrique. La précipitation de l'acide tartrique et des ions potassium a été plus efficace pour ces traitements. La combinaison du SO<sub>2</sub> est un peu plus importante pour le témoin « SO<sub>2</sub> » mais seulement pour les modalités « SO<sub>2</sub> forte dose ». Le bénéfice en SO<sub>2</sub> obtenu pour les alternatives n'est que de seulement environ 10 mg/l. En évaluation sensorielle, il n'y a qu'une seule différence significative à 5%. Les traitements « FD faible SO<sub>2</sub> et fort SO<sub>2</sub> » et « MFT faible SO<sub>2</sub> et fort SO<sub>2</sub> » sont moins végétaux que les autres vins. Les autres différences ne sont pas significatives. Les traitements au lysozyme semblent montrer une intensité aromatique plus importante mais il n'y a pas de préférence entre les différents vins.

Il semble y avoir une différence qualitative entre les vins, mais il n'y a pas de lien avec les traitements appliqués (comme dans le cas du descripteur amertume). Pour l'harmonie générale, les traitements MFT ont obtenu les scores les plus bas (non significatif à 5%).

Dans les tests en laboratoire (tab. 15) il n'y avait pas de différences entre les traitements avec inoculation bactérienne sauf pour les échantillons de lysozyme pour lesquels l'inoculation n'a pas été capable de provoquer la fermentation malolactique. Avec l'inoculation bactérienne, il semble que les traitements FP et MFT étaient un peu plus instables du point de vue microbiologique que le témoin « SO<sub>2</sub> ». Cependant, dû à la longueur des essais, ces résultats peuvent résulter d'une contamination accidentelle.

Tableau 15: Résultats de l'inoculation de bactéries – Durée pour obtenir la fermentation malolactique – vins blancs – IFV ORWINE 2007-2008

N = pas de fermentation bactérienne = > à 120 jours (durée de l'essai)

Durée de la FML (jours)	CFM			FP			SO <sub>2</sub>			Lysozyme		
modalités SO <sub>2</sub>	0	10	30	0	10	30	0	10	30	0	10	30
Bactéries 0	90	N	N	90	N	N	N	N	N	N	N	N
Bactéries 10 <sup>2</sup> cfu/ml	90	N	N	45	> 90	N	50	N	N	N	N	N
Bactéries 10 <sup>5</sup> cfu/ml	40	70	N	30	60	N	40	80	N	N	N	N

#### Protocole expérimental pour les vins rouges

Un vin rouge biologique a été sélectionné dans une cave coopérative (AB) juste après l'achèvement de la fermentation malolactique. Quatre traitements ont été comparés (SO<sub>2</sub>, lysozyme, flash-pasteurisation, microfiltration tangentielle) avec 2 niveaux d'ajout de SO<sub>2</sub> à la mise en bouteille.

#### Résultats

Les analyses de vin étaient identiques pour tous les traitements testés. Les concentrations en K+ et en acide tartrique sont plus basses pour les traitements avec le lysozyme et le SO<sub>2</sub>. Les concentrations finales de SO<sub>2</sub> dans les différents traitements sont plus basses qu'attendues. La combinaison avec le SO<sub>2</sub> est plus importante qu'attendue pour tous les traitements. Il n'y a pas de variation de la couleur au niveau analytique. En analyse sensorielle, il n'y a pas de différences significatives entre les traitements au seuil de 5%. Il semble que le paramètre « végétal » est plus important pour certains traitements mais sans lien évident avec les technologies utilisées. C'est la même chose pour les paramètres gustatifs avec une légère tendance pour l'harmonie générale, les meilleurs scores qualitatifs sont obtenus par les modalités avec MFT.

#### Conclusions

Les technologies utilisées dans ces essais sont capables de stabiliser les vins testés. Dans tous les cas, les ajouts de SO<sub>2</sub> nécessaires pour les opérations réalisées sont réduits (il est possible d'éviter totalement l'emploi de SO<sub>2</sub>). Pour le contrôle des bactéries, le lysozyme est la seule alternative au SO<sub>2</sub> en vue d'éviter totalement les fermentations malolactiques même après l'inoculation ou la contamination avec des bactéries. Si le but est d'atteindre une certaine concentration de SO<sub>2</sub> libre après la mise en bouteilles, il faut

retenir que toutes les alternatives testées donnent des vins avec la même concentration de SO<sub>2</sub> total. Les combinaisons des SO<sub>2</sub> sont presque les mêmes pour tous les traitements. Avec de telles alternatives technologiques il est donc possible de diminuer les concentrations de SO<sub>2</sub> total d'environ 10 à 20 mg/l.

Les vins sans SO<sub>2</sub> libre montrent souvent des profils olfactifs oxydés. Les alternatives testées (chimiques ou physiques) ne peuvent pas remplacer l'action spécifique du SO<sub>2</sub> (protection contre l'oxygène). Il faut un strict contrôle de l'hygiène et un processus de mise en bouteilles efficace pour achever une diminution de la concentration de SO<sub>2</sub> libre.

### 5.7. Evaluation des pulvérisations de levures comme instrument pour diminuer les maladies fongiques sur les raisins (Salmon, J.M.)

#### Introduction

L'objectif principal de cette tâche était la réduction potentielle de maladies microbiennes sur les raisins endommagés en pulvérisant des levures *S. cerevisiae* sur les raisins, créant ainsi sur leur surface une concurrence entre micro-organismes. Les concurrences en surface ont été réalisées avec succès pour contrôler les maladies post-récolte (pourritures) de fruits ou végétaux par l'application de levures avant la récolte. Dans ce but, on a généralement utilisé des levures naturelles saprophytes. Ces levures naturelles (principalement *Cryptococcus* et *Rhodoturula* spp.) sont connues pour coloniser pendant longtemps les surfaces ou blessures des plantes sous conditions sèches, consommant les nutriments disponibles pour une rapide multiplication et pour être peu sensibles aux pesticides. L'utilisation de telles levures est limitée par le fait que leur production en masse à échelle industrielle est difficile ou même impossible. Cependant, il semble qu'à ce jour, personne n'ait testé les capacités des souches de levures *S. cerevisiae* industrielles standard – disponibles aisément et en grandes quantités – pour contrôler le développement fongique. Le choix de *S. cerevisiae* oenologique a été motivé par le fait que la plupart de ces sources disponibles étaient originellement isolées sur du raisin ou du vin. Pour cela elles semblaient mieux adaptées au substrat spécifique que représentent les baies de raisin endommagées.

#### Résultats et conclusions

Le premier essai a porté sur l'effet de *S. cerevisiae* sur le développement de bactéries ou champignons indésirables sur la surface de baies délibérément endommagées.

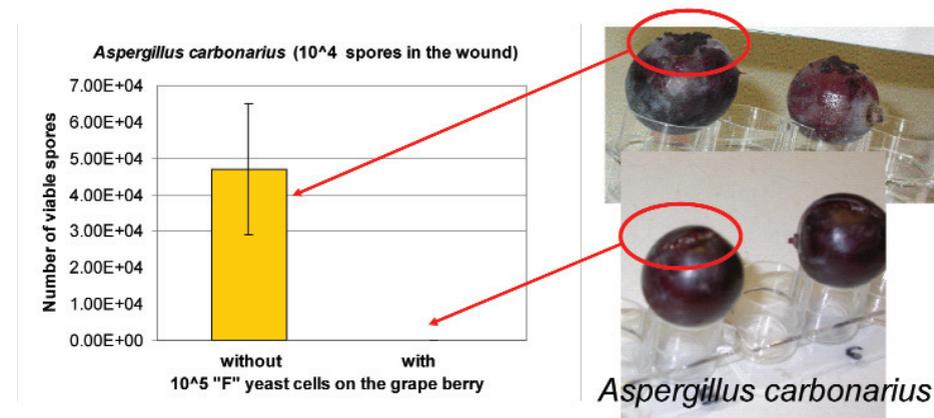
L'efficacité des pulvérisations de levures de différentes souches *Saccharomyces cerevisiae* commerciales a été évaluée sur deux différentes maladies fongiques: *Botrytis cinerea* (maladie fongique invasive) et *Aspergillus carbonarius* (champignon indésirable responsable de la formation d'ochratoxine A (OTA)), ainsi que sur une espèce bactérienne invasive (*Gluconobacter oxydans*).

Un effet général d'inhibition a été observé in vitro sur un ensemble de 17 souches industrielles de *S. cerevisiae* contre la croissance mycelienne de *B. cinerea* et *A. carbonarius* mais pas contre la croissance bactérienne (*G. oxydans*). Cependant, peu d'entre elles ont été réellement efficaces. Donc, seule la plus prometteuse, *S. cerevisiae* « F », a été retenue.

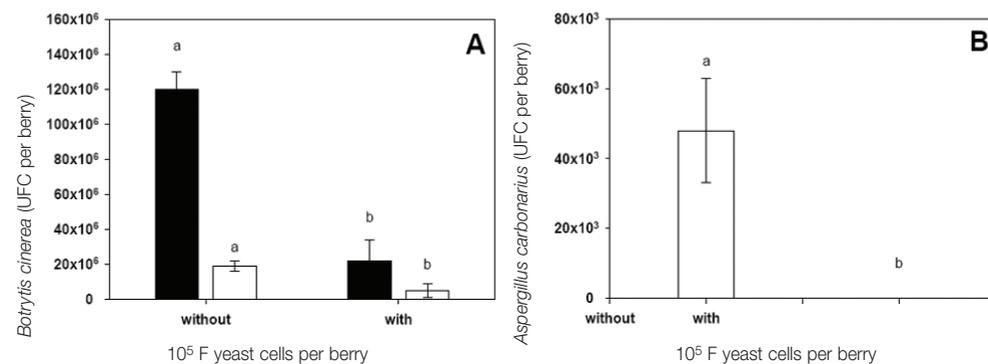
Lors du second essai, il a pu être démontré, que la pulvérisation de *S. cerevisiae* F à la surface de baies préalablement endommagées et contaminées avec différentes espèces de microbes a été très efficace pour diminuer la croissance mycélienne des champignons après 48 h d'incubation (Fig. 96). Cela n'était pas le cas pour la contamination bactérienne avec *G. oxydans* où aucun effet n'a

été observé. De cette partie du travail, l'on peut déduire, que les pulvérisations de *S. cerevisiae* F pourraient diminuer l'infection fongique des baies par son impact de masse.

**Figure 95: Effet de l'inoculation simultanée de levures sur des baies infectées et endommagées par *Aspergillus carbonarius*.**



**Figure 96: Effet de l'inoculation de 10<sup>5</sup> cellules de *S. cerevisiae* F à la surface de baies blessées auparavant puis ensuite inoculées de (A) 10<sup>6</sup> spores de *B. cinerea* M04/51 (blocs noirs) et M04/63 (blocs blancs) ou (B) 10<sup>4</sup> de spores de *A. carbonarius*. L'évaluation des champignons a été 48 h après incubation à 28 °C (moyenne et déviation standard de deux répétitions de trois baies pour chaque situation). Les mêmes lettres indiquent des groupes homogènes à un niveau de confiance de 95%, testé statistiquement par un Tukey-test.**

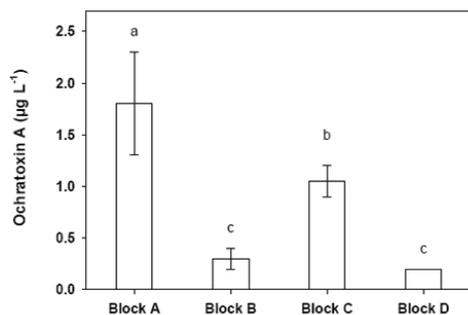


Un troisième essai a montré que les pulvérisations de levures devaient être effectuées 2-5 jours après l'infection initiale par le champignon afin d'obtenir un effet antagoniste optimal. Après ce délai, le potentiel du champignon à initier une maladie persiste, ce qui indique qu'il y a eu une concurrence pour les nutriments entre les protagonistes. L'effet des pulvérisations de levures sur le développement de *A. carbonarius* sur les baies a été particulièrement significatif.

La déduction de tous ces essais est qu'une telle application de levures avant la récolte peut représenter une alternative biologique pour le viticulteur, lui permettant de limiter l'apparition de *A. carbonarius* sur le vignoble.

Durant les essais en plein-champ qui ont suivi, effectués aux vendanges 2007 et 2008, on a pu démontrer que la pulvérisation de levures, utilisant la souche sélectionnée industrielle *S. cerevisiae* F, sur un vignoble infecté artificiellement d'*A. carbonarius* était apte à réduire la diffusion d'*A. carbonarius* à l'intérieur des baies, même lorsque le mycélium extérieur noir d'*A. carbonarius* n'était pas observable à la surface des baies.

On peut déduire de ces résultats que les pulvérisations de levures à la surface de baies intactes empêchent partiellement la pénétration d'*A. carbonarius* dans les baies indemnes. De plus, la diminution de la prolifération d'*A. carbonarius* s'est accompagnée d'une réduction significative des teneurs finales en ochratoxine A dans les vins correspondants (Fig. 97). Les applications de levures n'ont pas influencé négativement les propriétés chimiques et sensorielles des vins finaux.



**Fig. 97: Niveaux d'ochratoxine A (Îg L-1) dans les vins finis (moyenne et déviation standard de deux répétitions de la vendange 2007). Chaque bloc contient 2 rangs de 38 cep du cépage. Mourvèdre. Deux blocs (A et C) ont été contaminés un mois avant la vendange avec des spores de *A. carbonarius* (103 spores par grappe). Les deux autres blocs (B et D) ont été pulvérisés une semaine avant la vendange avec des cellules de *S. cerevisiae* "F" commerciale (107 cellules par grappe). Les 304 ceps des quatre blocs ont été vendangés à la main. Le raisin de chaque bloc a été fermenté séparément (2 x 1 hl): inoculation d'un levain identique, conditions de fermentation alcoolique identiques et vieillissement du vin. Les mêmes lettres indiquent des groupes homogènes à un niveau de confiance de 95%, testé statistiquement par un Tukey-test.**



**Figure 98: Gauche: baie infectée artificiellement d'*Aspergillus carbonarius*; droite: infection naturelle des baies par *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Trichothecium roseum* et des bactéries acétiques.**

## 5.8. Evaluation environnementale (Capri, E.; Fragoulis G., Trevisan M.)

Un Indicateur de l'Impact Environnemental de la Viticulture Biologique (EIOVI) a été développé; il peut être utilisé pour la gestion de domaines viticoles biologiques. EIOVI peut servir de support de décision aux vigneron ou gérants de domaines en évaluant l'impact environnemental potentiel de leurs choix, optimisant ainsi les options de gestion. L'outil permet une simulation de la gestion du vignoble basée sur six modules agricoles et environnementaux. EIOVI est un système expert de fuzzy-logique, qui calcule les relations entre les modules sur la base d'un ensemble de 64 règles de décision. L'outil est organisé en six modules: a) gestion des maladies et des ravageurs, b) gestion du sol et emploi des machines, c) gestion de la fertilisation, d) gestion de l'irrigation, e) matière organique du sol et f) biodiversité de la faune et de la flore. Les modules sont activés un par un. Ensuite, la sélection de fonctions spécifiques permet à l'indicateur d'évaluer les éléments décisifs pour la protection environnementale.

L'objectif d'un indicateur agro écologique est de rendre la réalité intelligible et l'objectif d'un système expert est la simulation des activités humaines. La validation de l'indicateur requiert donc la preuve de sa valeur pour ses usagers potentiels. Avant d'être retravaillé et présenté à un plus large public, EIOVI doit être testé en plusieurs étapes appropriées au public cible pour lequel il a été conçu, par exemple des vigneron désirant obtenir des informations sur la qualité de leur gestion globale, des consultants en écologie conseillant des domaines viticoles ou des bureaux d'études environnementales évaluant l'impact écologique de la viticulture à un niveau régional. La première étape du test incluait 20 simulations de six domaines viticoles suisses, leur taille varie entre 0.12 et 20 ha. Certains de ces domaines produisent aussi bien des cépages *Vitis vinifera* typiques que des nouveaux cépages résultant de croisements entre les *Vitis vinifera* européens avec des variétés américaines ou asiatiques. Ceci permet de dépeindre nettement les différences de gestion entre les blocs respectifs.

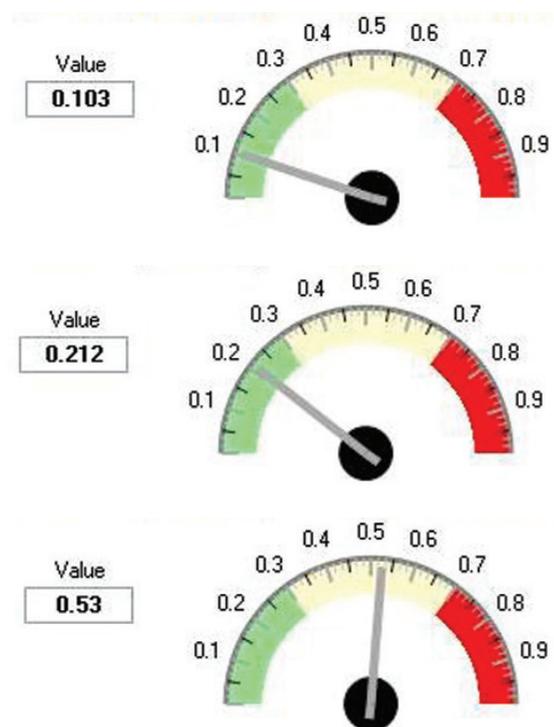
### Results of on-farm testing

EIOVI a été présenté aux gérants des domaines qui ont aussi répondu à un questionnaire évaluant l'applicabilité de l'indicateur. Leurs commentaires permettent de souligner les points forts d'EIOVI mais aussi de définir les améliorations qui doivent être incorporées au système. Le tableau 16 résume les commentaires des gérants. Ils étaient unanimes pour dire qu'EIOVI les motive à appréhender le domaine viticole dans sa globalité en résumant tous les éléments de gestion à prendre en considération. La visualisation des résultats (Fig. 99) montre comment la gestion peut être améliorée. Cependant, ils ont remarqué que la plupart des informations livrées par EIOVI étaient généralement déjà connues. Bien qu'au premier abord ceci puisse paraître comme une faiblesse de l'indicateur, c'est en fait une de ses forces:

Les six domaines viticoles prenant part à l'évaluation sont des domaines biologiques modernes contrôlés et certifiés qui suivent un programme rigoureux de fertilisation et de gestion du sol, ce qui veut dire qu'ils dépensent beaucoup d'argent pour obtenir toutes les informations dont ils ont besoin pour accéder à une évaluation de l'impact environnemental de leur gestion au sein de leur domaine. Ainsi, le fait que cet indicateur confirme leurs informations préliminaires implique que grâce à l'utilisation de ce logiciel disponible gratuitement le viticulteur biologique peut obtenir de précieux renseignements qui lui aideront à gérer son domaine. La version actuelle d'EIOVI est précise pour des blocs individualisés mais ne reflète pas encore assez la gestion globale du domaine. En l'améliorant quelque peu, EIOVI pourrait aussi être utilisé pour le planning de la gestion. Les remar-

ques des producteurs confirment que le modèle est réaliste et reproduit les paramètres agronomiques permettant au producteur de combler des lacunes de savoir.

**Fig. 99: EIOVI de différentes simulations. D'un bloc de cépage fongji-résistant (A), d'un bloc de cépage «européen » sous faible pression maladie (B) et d'un bloc de cépage «européen » sous forte pression maladie (C). Les différences sont principalement causées par le PDMI (indicateur de la gestion des maladies et ravageurs) et le SMMI (indicateur de la gestion du sol et de l'emploi de la machinerie).**



## Discussion

Les résultats validant l'indicateur étaient prometteurs. Le premier test de l'outil a révélé que la structure modulaire d'EIOVI reflète bien la complexité de l'agriculture. Si quelques améliorations sont effectuées, EIOVI pourra aussi être utilisé pour planifier la gestion et sera un outil utile aux producteurs, conseillers, bureaux environnementaux et scientifiques. L'outil pourrait même être reporté sur d'autres secteurs de la production agricole, incluant les cultures pérennes, les légumes, les cultures alternantes ou le bétail. Certains stakeholders, des associations de producteurs et des organes législatifs, ont déjà été contactés pour lancer un deuxième tour de test on-farm avec une version adaptée du logiciel.

L'indicateur EIOVI est le premier instrument connu servant à évaluer l'impact environnemental de la viticulture. Il tient compte des différentes pratiques agronomiques utilisées en viticulture biologique (gestion des maladies et des ravageurs, gestion du sol et de l'emploi des machines, gestion de la fertilisation et de l'irrigation) et estime l'effet de la gestion du vignoble sur la matière organique du sol et la biodiversité. La théorie « fuzzy » adoptée fournit une solution élégante et quantitative pour déterminer les éléments clés et pour la description des résultats. La structure hiérarchique de cette technique déterminée par les règles de décision et la combinaison des valeurs pondérées permet de rassembler les index en un seul indicateur de second degré pour le système entier. La structure modulaire du système lui permet de refléter les résultats pour l'ensemble des modules autant que pour chaque module séparément. Le système expert « fuzzy » reflète une perception experte de l'Indicateur de l'Impact Environnemental de la Viticulture Biologique.

Bien que la théorie derrière l'indicateur soit complexe, l'outil se présente avec un interface graphique simple à manier qui ne requiert que des données basiques dont l'obtention par les usagers n'est ni trop chère ni trop compliquée.

Tableau 16: Evaluation sur le terrain. Résumé des réponses au questionnaire des gérants/propriétaires.

No	Question	Réponse
1	Est-ce que EIOVI donne un aperçu réaliste du domaine viticole et de sa gestion?	Très réaliste.
2	Peut-on attendre une amélioration écologique si le vigneron appliqué EIOVI?	Peut détecter le domaine de gestion nécessitant une amélioration
3	La structure d'EIOVI est-elle adaptée à la pratique?	Oui
4	Avez-vous pu remarquer des faiblesses de votre gestion grâce à l'application d'EIOVI?	Oui
5	Manque-t-il de l'information que vous jugeriez nécessaire pour évaluer l'impact écologique de votre gestion?	Personnaliser l'indicateur, adaptation à la pratique
6	Est-ce que EIOVI vous a fourni des bases pour améliorer votre gestion dans une direction plus écologique/durable?	EIOVI indique les points critiques de la gestion du vignoble.
7	Les coûts nécessaires aux informations primaires sur le sol et l'eau d'irrigation sont-ils trop élevés?	Non
8	Est-ce que EIOVI vous a livré des informations dont vous ne disposiez pas auparavant?	En général, l'information livrée par EIOVI était déjà connue.
9	Comment jugez-vous la visualisation de votre gestion que vous livre EIOVI?	Très bonne
10	Si votre surface de production n'est pas continue, comment est-ce que EIOVI reflète votre gestion globale?	Partiellement. Les simulations doivent être répétées pour les différentes parcelles de production.

**Références:**

Fragoulis G., Trevisan M., Di Guardo A., Sorce A., Van der Meer M., Weibel F., Capri E. (2009).  
A management tool to indicate the environmental impact of organic viticulture. Journal of Environmental Quality. Vol. 38, Nr.2

**6 PROTOCOLES DE VINIFICATION (Zironi, R.; Comuzzo, P.; Scobioala, S.; v.d. Meer, M.; Weibel, F.; Trioli, G.)**

2006 – Protocoles pour les vins rouges

Protocole 1	Protocole 2	
	pH du vin > 3,4	pH du vin < 3,4
Protocole habituel de vinification au domaine	Grappes saines (sélectionnées)	Grappes saines (sélectionnées)
	10-20 % des grappes (partie A) sont cueillies la veille de la vendange, écrasées, éraflées, transférées dans une cuve de fermentation et immédiatement ensémencées de levures sèches sélectionnées, en quantité calculée selon la totalité du lot <sup>23</sup>	10-20 % des grappes (partie A) sont cueillies la veille de la vendange, écrasées, éraflées, transférées dans une cuve de fermentation et immédiatement ensémencées de levures sèches sélectionnées, en quantité calculée selon la totalité du lot. <sup>24</sup>
	apport de nutriments pour les levures pendant la réhydratation <sup>24</sup> (optionnel)	apport de nutriments pour les levures pendant la réhydratation (optionnel). <sup>25</sup>
	Lysozyme (20 g/hl) apporté à la partie A	
	La quantité restante de grappes est vendangée le jour suivant (partie B)	La quantité restante de grappes est vendangée le jour suivant (partie B)
	fouillage & éraflage immédiats (pas d'apport de SO <sub>2</sub> )	fouillage & éraflage immédiats (pas d'apport de SO <sub>2</sub> )
	Le mélange est apporté dans la cuve contenant le lot (maintenant fermenté) récolté le jour précédent	Le mélange est apporté dans la cuve contenant le lot (maintenant fermenté) récolté le jour précédent
		A 12-36 heures, co-inoculation de bactéries lactiques (inoculum direct, 1 g/hl)
	A mi-Fermentation : nourrissage des levures et apport d' O <sub>2</sub> <sup>25</sup>	A mi-Fermentation: nourrissage des levures et apport d' O <sub>2</sub> . <sup>26</sup>
	Macération pelliculaire - Egouttage / pressage	Macération pelliculaire - Egouttage / pressage
	Poursuite de la fermentation alcoolique	Poursuite des fermentations alcoolique et malolactique
	Inoculation de bactéries lactiques immédiatement après la fermentation alcoolique (démarrage inoculum direct, 1 g/hl)	
	apport de nutriments spécifiques pour les bactéries dans l'inoculum <sup>26</sup>	
	En fin de fermentation malolactique: 20 g/hl lysozyme et apport de SO <sub>2</sub> (30 ppm)	en fin de malo: apport de SO <sub>2</sub> (30 ppm)
	Stockage en absence d'oxygène (sous azote) jusqu'à la mise en bouteilles	Stockage en absence d'oxygène (sous azote) jusqu'à la mise en bouteilles
soutirage – finition en contact oxygène limité	soutirage – finition en contact oxygène limité	
Apport de SO <sub>2</sub> (20-30 ppm) avant embouteillage (éventuellement)	Apport de SO <sub>2</sub> (20-30 ppm) avant embouteillage (éventuellement)	

<sup>23</sup> P. ex. pour un volume final de 40 hl et apport de 25 g/hl de levures sélectionnées, récolter 4-6 hl un jour avant la vendange; apport immédiat d'un kg de levures sèches qui s'acclimateront durant 24 h.

<sup>24</sup> Thiamine (dosage maximal autorisé) et levures inactives suivant la prescription du fournisseur

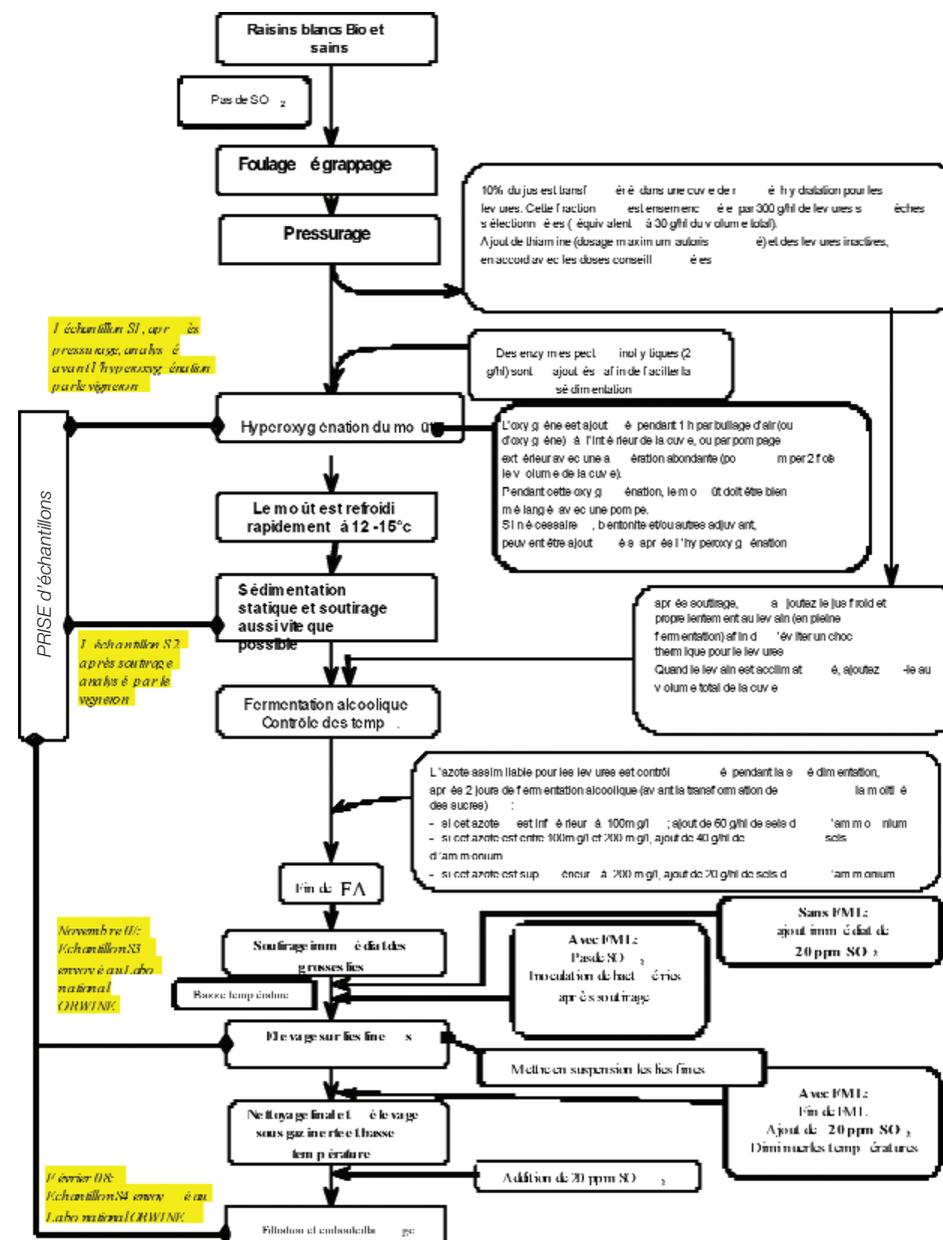
<sup>25</sup> Entre 1/2 et 2/3 de l'épuisement des sucres, apporter 30 g/hl ou plus de phosphate d'ammonium (DAP) et 5-10 mg/l d'oxygène (avec un équipement spécifique ou par remontage avec aération d'un volume équivalent au double de la cuve)

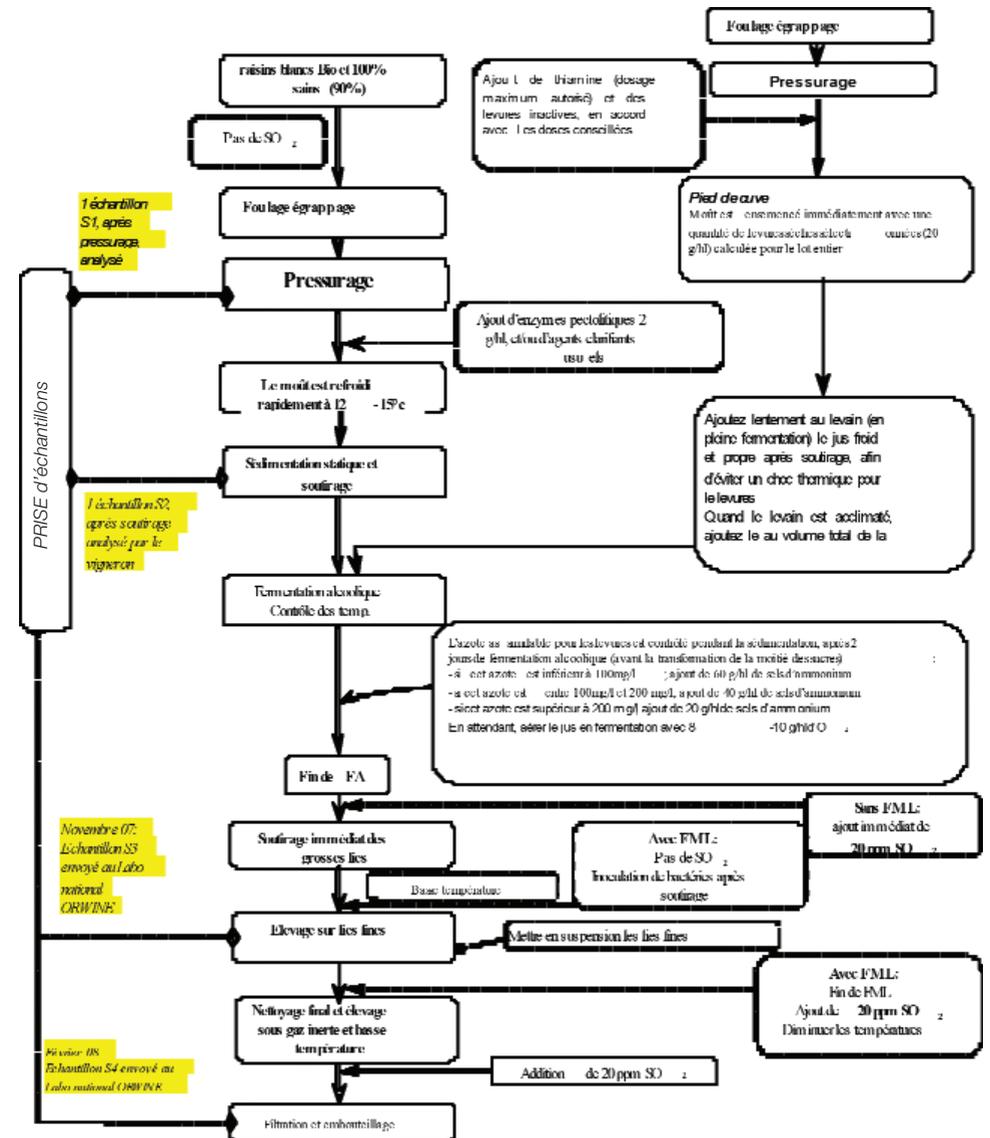
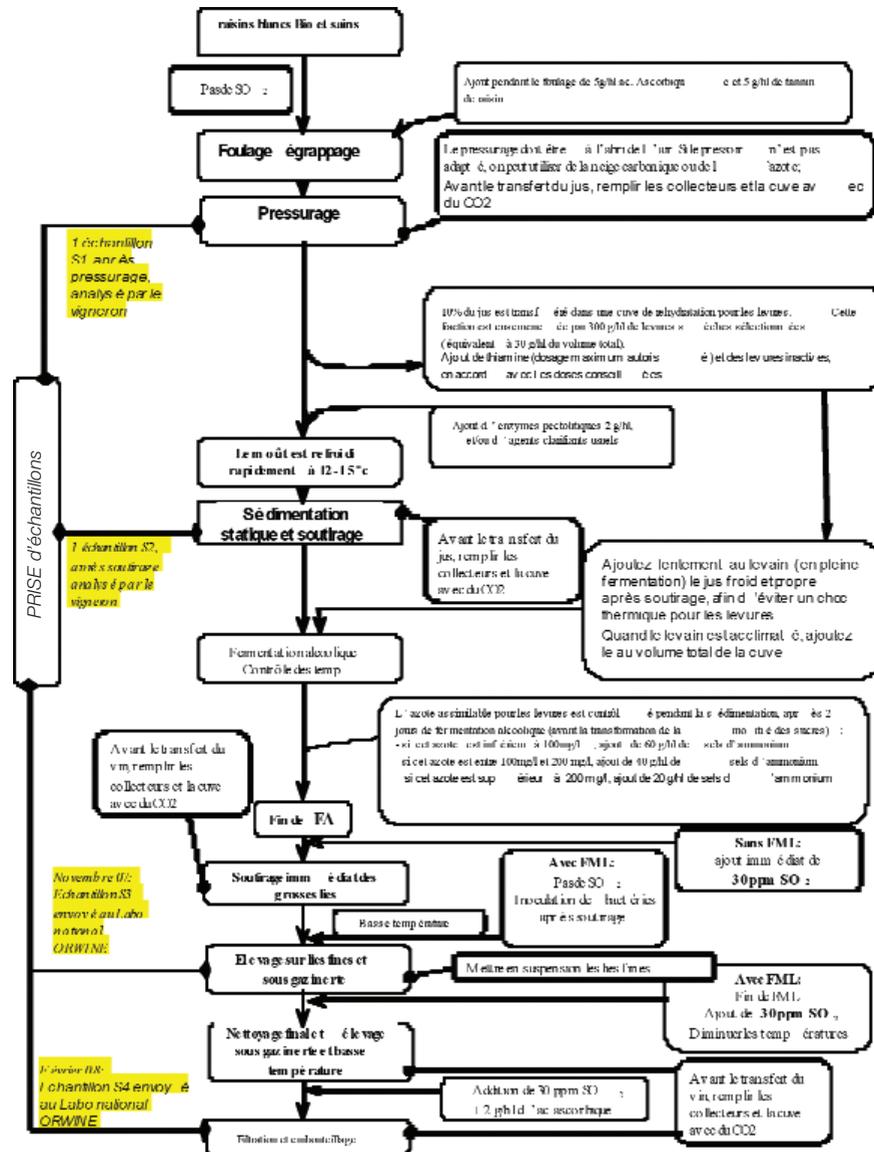
<sup>26</sup> Selon les instructions du fabricant

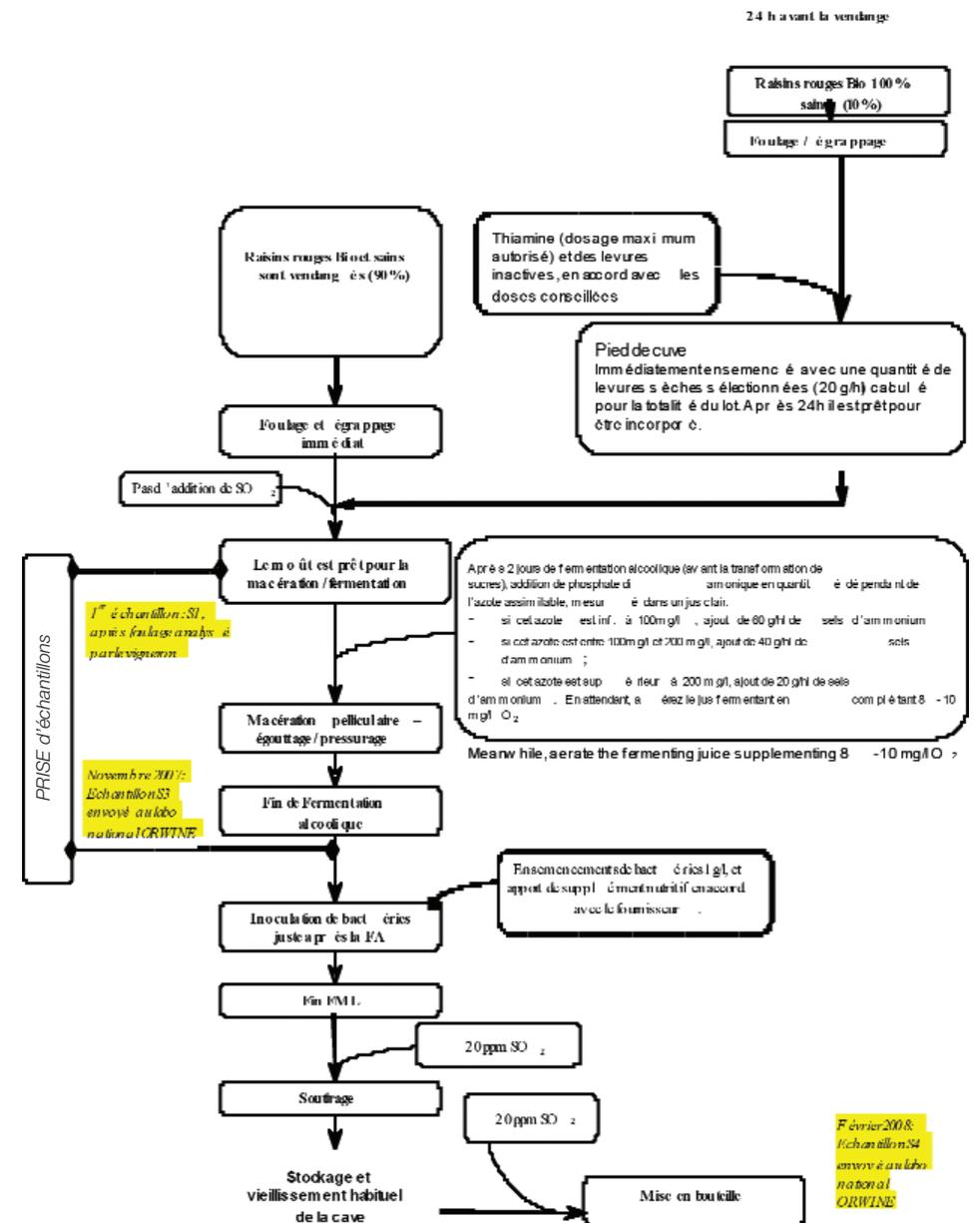
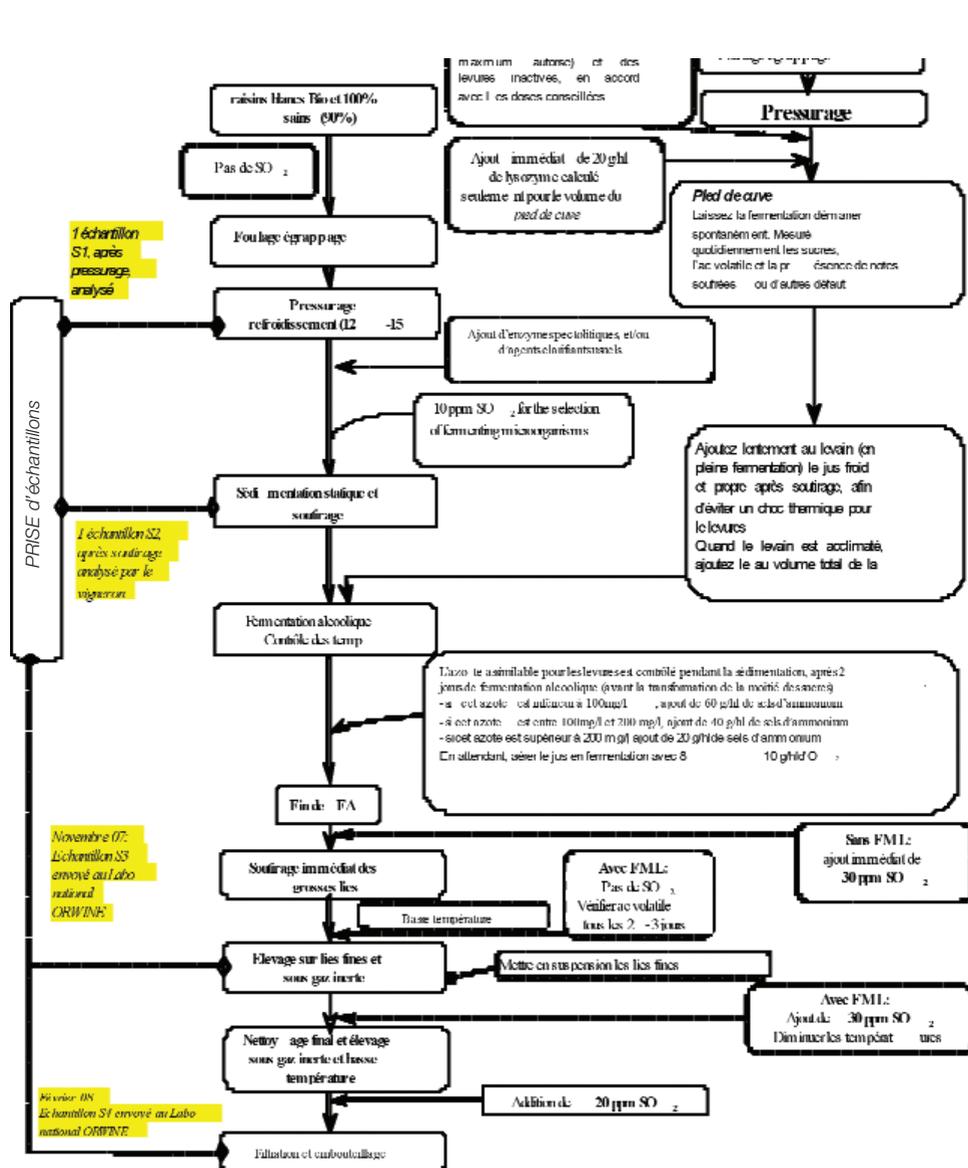
2006 – Protocoles pour les vins rouges

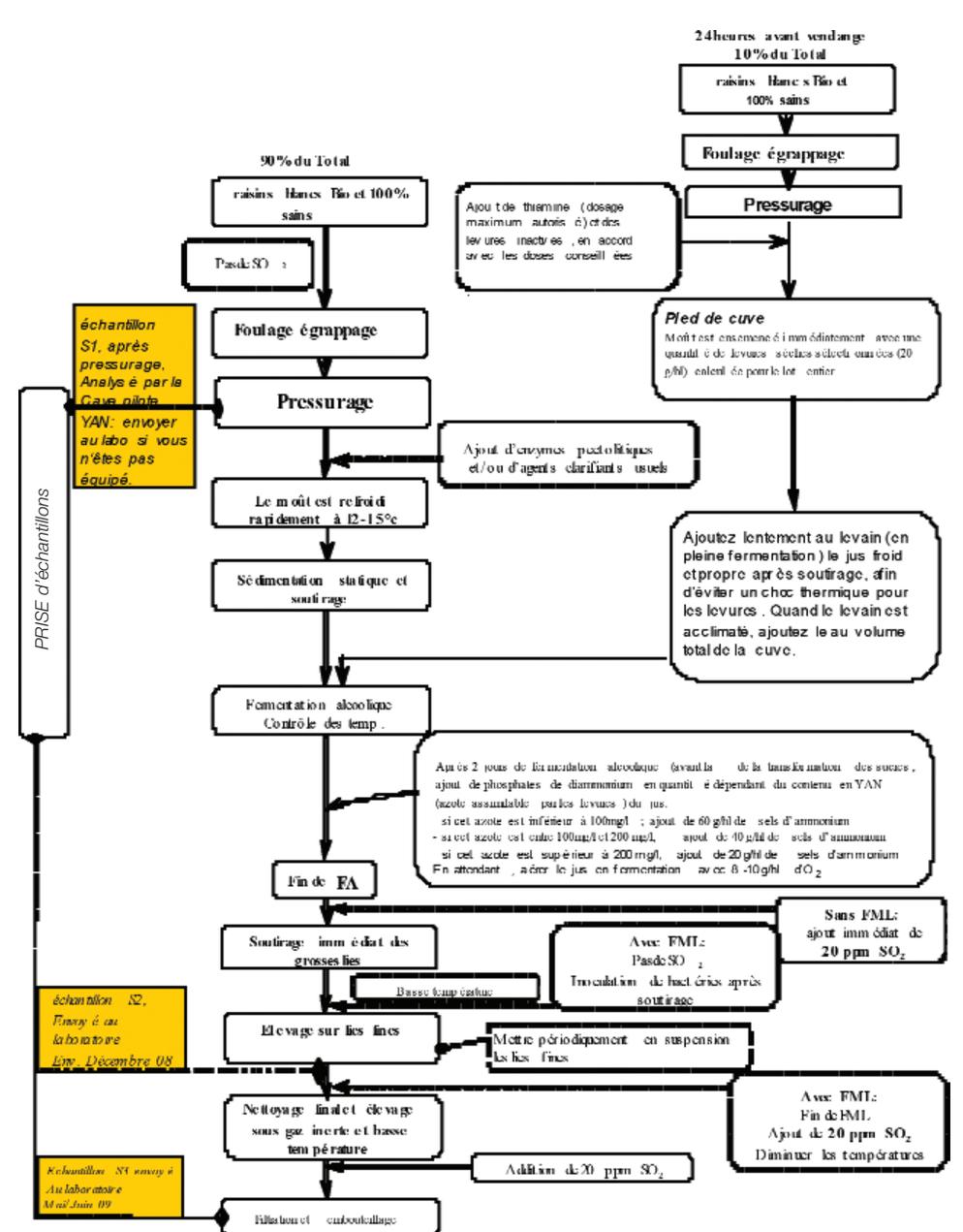
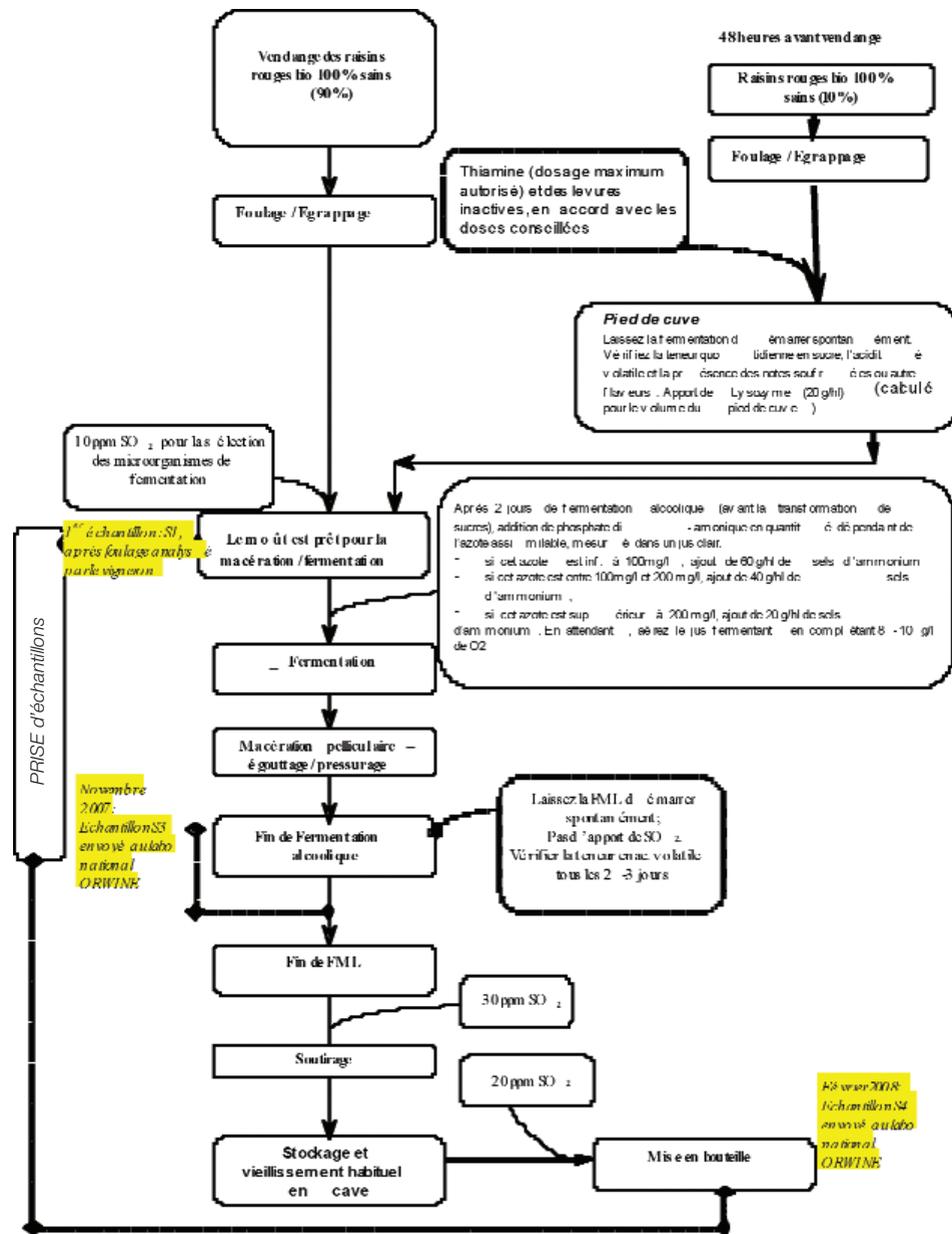
Option A [sans malo]	Option B [avec malo]	Option C [avec malo]
grappes saines	grappes saines	grappes saines 100 % des grappes
100 % des grappes sont cueillies et pressées dans la même journée. 10 % du jus (partie A) est transféré en cuve de fermentation et ensemencé immédiatement avec une dose de levure 1 calculée pour la totalité du lot. Les 90% restants du jus (partie B) sont réservés dans une cuve de stockage à	part. 100 % des grappes sont cueillies et pressées dans la même journée. 10 % du jus (partie A) est transféré en cuve de fermentation et ensemencé immédiatement avec une dose de levure 1 calculée pour la totalité du lot. Les 90% restants du jus (partie B) sont	réservés dans une cuve de stockage à part. 100 % des grappes sont cueillies et pressées dans la même journée. 10 % du jus (partie A) est transféré en cuve de fermentation et ensemencé immédiatement avec une dose de levure 1 calculée pour la totalité du lot. Les
90% restants du jus (partie B) sont réservés dans une cuve de stockage à part.	Apport de nutriment pour les levures 2 pendant la phase de réhydratation de la culture de levures sèches (partie A)	apport de nutriments pour les levures 2 pendant la phase de réhydratation de la culture de levures sèches (partie A)
apport de nutriments pour les levures 2 pendant la phase de réhydratation de	la culture de levures sèches (partie A) Macération nocturne (basse température)	re) soutirage après 24 h Macération nocturne (basse température)
re) soutirage après 24 h Macération nocturne (basse température)	re) soutirage après 24 h la partie B du jus est apportée à la	cuve contenant la partie A la partie B du jus est
apportée à la cuve contenant la partie A la partie B du jus est apportée à la cuve contenant la partie A Au 1/3 de la fermentation: nourrissage	des levures 3 Option: remontage de 2 X le volume pour synthèse des stérols si conditions de fermentation difficiles Au 1/3 de la fermentation: nourrissage	des levures 3 Option: remontage de 2 X le volume pour synthèse des stérols si conditions de fermentation difficiles Au 1/3 de la fermentation: nourrissage
des levures 3 de fermentation difficiles amélioration de la fermentation alcoolique	Option: remontage de 2 X le volume amélioration de la fermentation alcoolique	pour synthèse des stérols si conditions d'apport de 20 g/hl lysozyme
Co-inoculation de bactéries lactiques pendant la fermentation alcoolique	pendant la fermentation alcoolique	Inoculation de bactéries lactiques après l'élevage sur lie (en option)
Elevage sur lie (en option)	apport de 20 g/hl lysozyme apport de 20 g/hl lysozyme	soutirage, finition (bentonite...?) en contact O <sub>2</sub> limité
soutirage, finition (bentonite...?) en contact O <sub>2</sub> limité	soutirage, finition (bentonite...?) en contact O <sub>2</sub> limité	stockage du vin en évitant le contact oxygène
stockage du vin en évitant le contact oxygène	oxygène Si nécessaire, contrôle de l'acidité (méthodes?), stabilisation tartrique	
stockage du vin en évitant le contact		100 ppm, bien raisonné avec le sulfitage Apport de SO <sub>2</sub> (30 ppm) avant embouteillage. En option: acide ascorbique <
100 ppm, bien raisonné avec le sulfitage Apport de SO <sub>2</sub> (30 ppm) avant embouteillage. En option: acide ascorbique < 100 ppm, bien raisonné avec le sulfitage	1 25 g/hl levure sèche sélectionnée 2 Thiamine, levure inactive 3 Thiamine, phosphate d'ammonium	

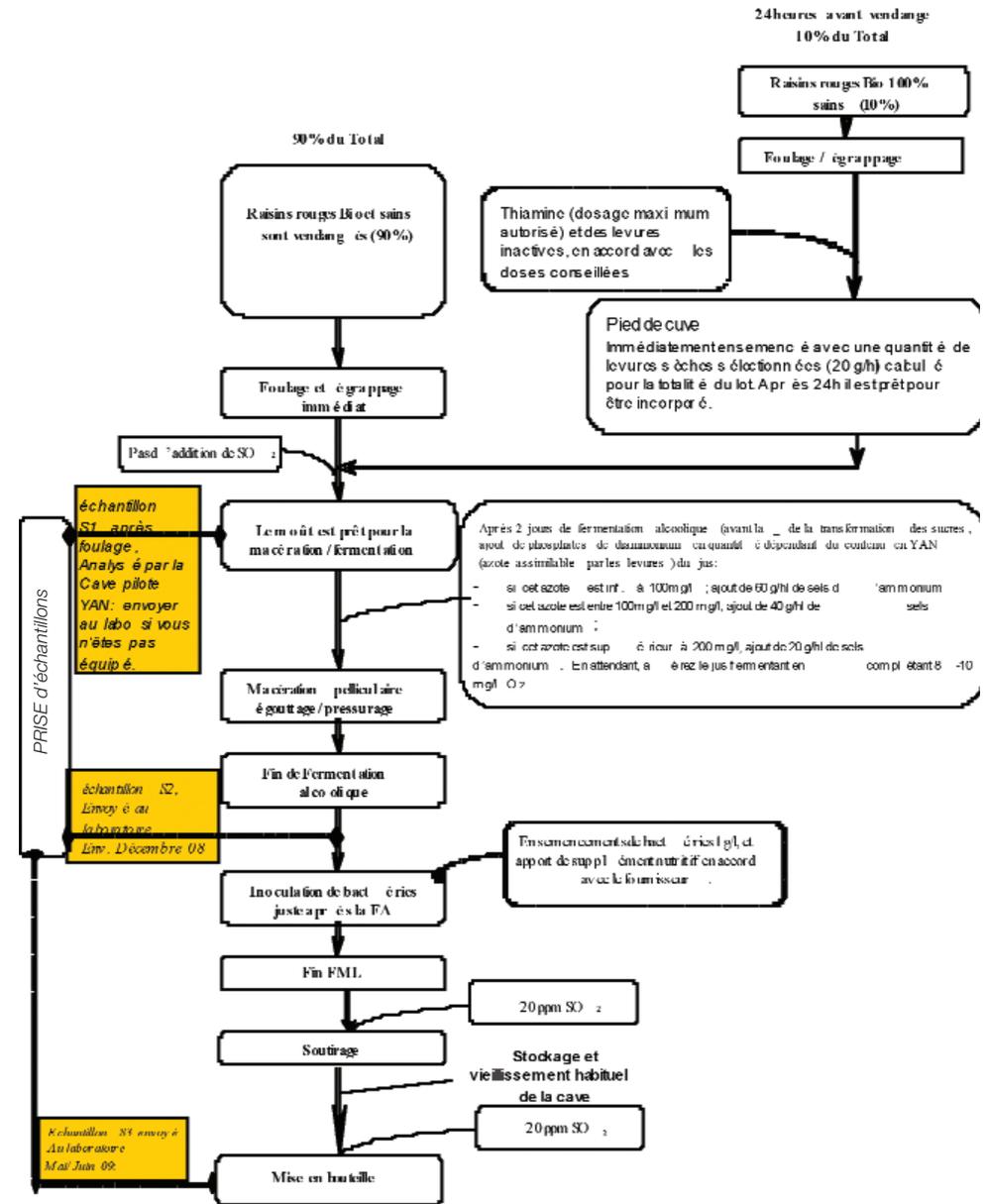
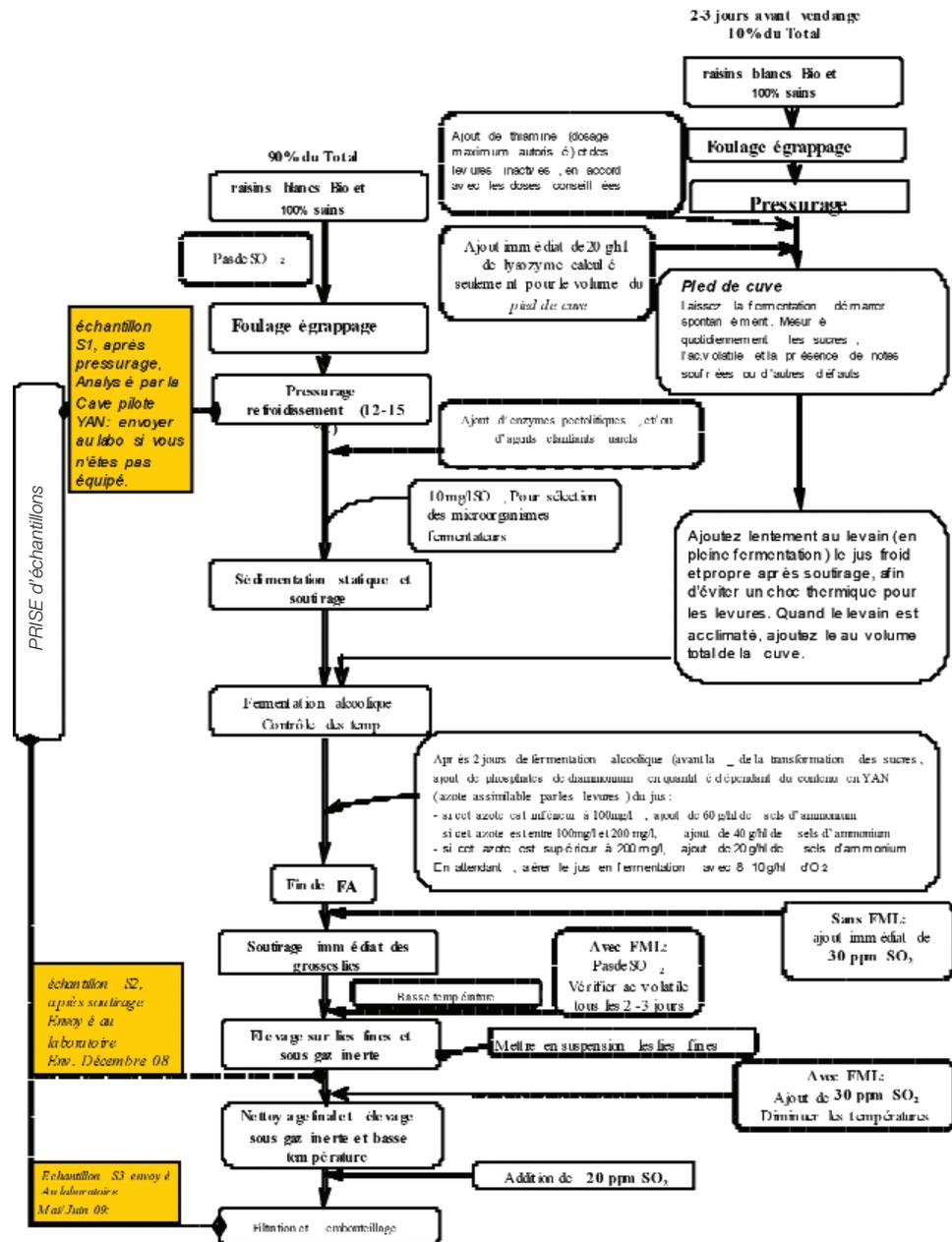
2006 – Protocoles pour les vins blancs

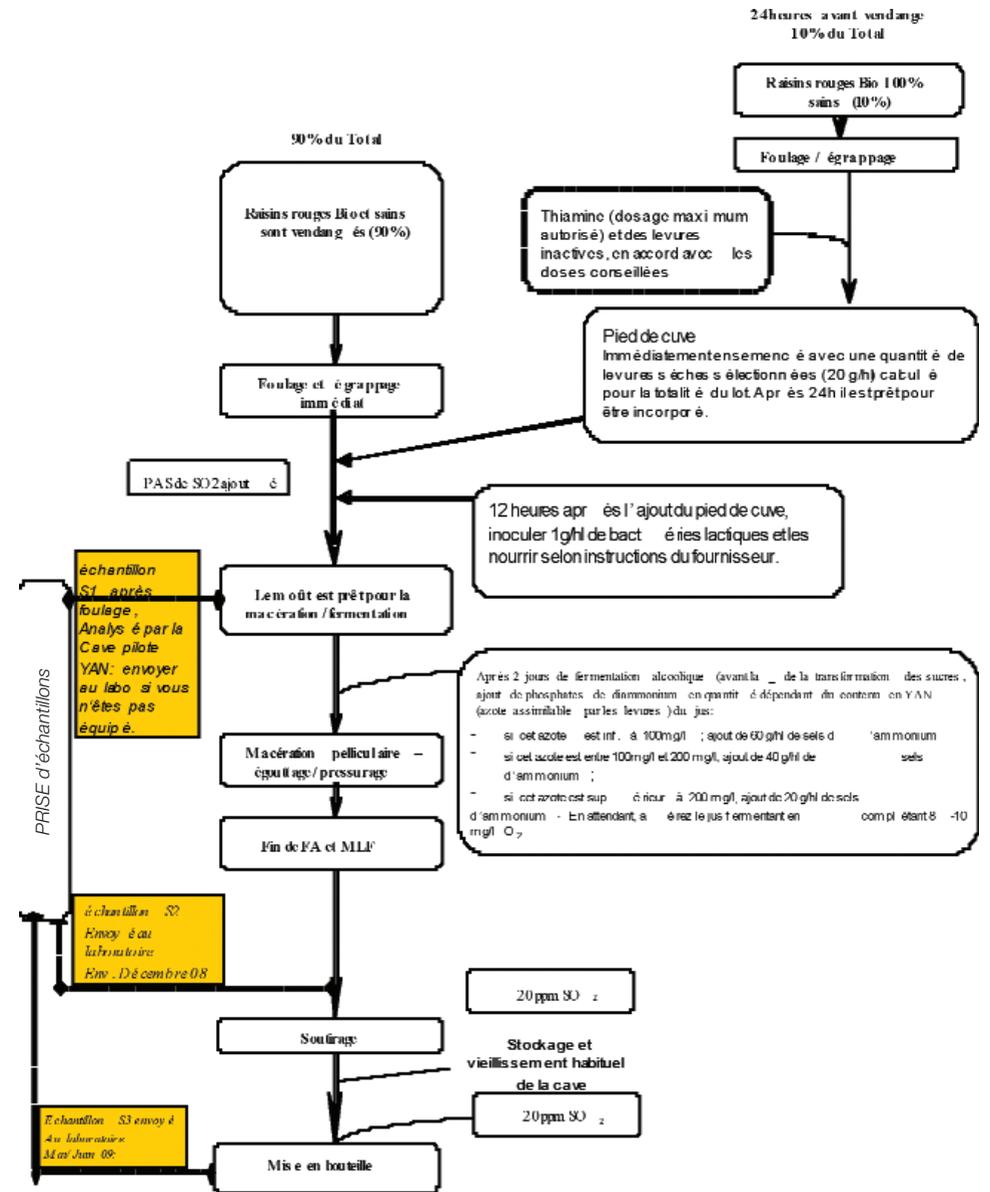
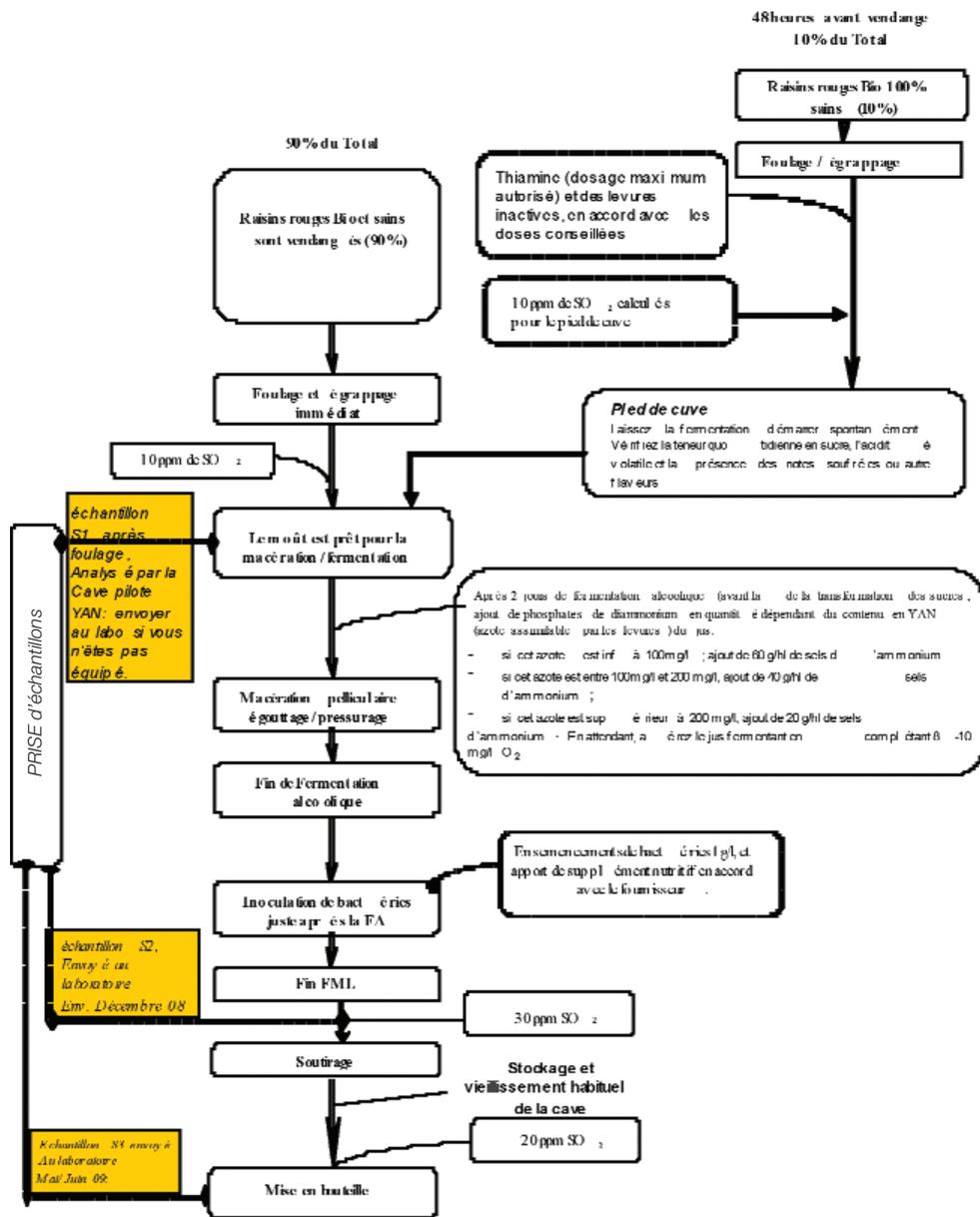












---

■ **7. FICHES TECHNIQUES SEULEMENT SUR LE CD**  
(Jonis, M.; Pladeau, V.)



**CODE DE BONNE VITICULTURE ET VINIFICATION BIOLOGIQUES**

Traduit en allemand, français, italien et espagnol; résultat final du **projet ORWINE**  
Policy-oriented Research (SSP)- Project Nr. 022769 for the European Commission.  
ECOVIN – Association allemande de viticulteurs biologiques

ECOVIN – Association allemande de viticulteurs biologiques



Note

Handwriting practice lines on page 236, consisting of 20 horizontal dotted lines.

Handwriting practice lines on page 237, consisting of 20 horizontal dotted lines.



A series of 20 horizontal dotted lines for writing on page 238.

A series of 20 horizontal dotted lines for writing on page 239.