



HAL
open science

**Suivi oenologique de domaines vinicoles du
Languedoc-Roussillon au sein d'une société de conseil :
le laboratoire Natoli & associés**

Lucie Laville

► **To cite this version:**

Lucie Laville. Suivi oenologique de domaines vinicoles du Languedoc-Roussillon au sein d'une société de conseil : le laboratoire Natoli & associés. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-04598430

HAL Id: dumas-04598430

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04598430v1>

Submitted on 3 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
Présenté pour l'obtention du
DIPLOME NATIONAL D'OENOLOGUE

Suivi œnologique de domaines vinicoles du Languedoc-Roussillon au sein d'une société de conseil : le laboratoire Natoli & associés



par Lucie LAVILLE

Année de soutenance : 2021

Organisme d'accueil : Laboratoire Natoli & associés
425 Avenue de Saint-Sauveur
34 980 Saint-Clément-de-Rivière

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
Présenté pour l'obtention du
DIPLOME NATIONAL D'OENOLOGUE

Suivi œnologique de domaines vinicoles du Languedoc-Roussillon au sein
d'une société de conseil : le laboratoire Natoli & associés

par Lucie LAVILLE

Mémoire préparé sous la direction de :
Laetitia MOULS

Organisme d'accueil :
Laboratoire Natoli & associés
425 Avenue de Saint-Sauveur
34 980 Saint-Clément-de-Rivière

Présenté le : 1er Juillet 2021

Maitre de stage :
Stéphanie PRABONNAUD

Devant le jury : Laetitia MOULS



REMERCIEMENTS

Ce mémoire marque la fin de plusieurs belles années d'études au sein de l'école d'agronomie de Montpellier Supagro. L'option viticulture-œnologie par la voie de l'apprentissage a été une expérience passionnante. Elle aborde à la fois des points théoriques et des aspects techniques. Elle s'inscrit également au sein d'une belle aventure humaine. Pour ces raisons, je souhaite remercier :

Les associés du laboratoire Natoli & associés pour leur confiance.

Stéphanie Prabonnaud, Gwenaël Thomas, Caroline Lefebvre et l'ensemble de l'équipe viti pour leurs échanges techniques et leurs retours d'expériences.

Mes binômes de tournée vendange : Adeline Bauvard, Claire Menneveau, François Pennequin et Arnaud Iffat qui ont su répondre à mes nombreuses questions. A Claire Menneveau qui a toujours pris de son temps pour m'expliquer des process œnologiques ou l'utilisation de certains produits et leurs particularités Je remercie tout particulièrement Arnaud pour ses conseils et son soutien tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Thibault Coursindel pour les pique-niques improvisés du mardi en pleine vendange.
Bertrand Milesi que je n'ai cessé de déranger sur le fonctionnement des différents pressoirs.

A tous les œnologues et techniciens du laboratoire Natoli & associés pour leur temps et leur bonne humeur.

Edith et Joël, les vigneronns du Clos Isidore, pour m'avoir autorisé à réaliser mon mémoire sur leur domaine.

A l'ensemble des enseignants de l'option viti-œno pour la qualité de leur cours. Ils me servent dans la vie de tous les jours.

A mes amis de promo pour tous ces bons moments et ceux à venir : Marion, Solène, Emeline, Matthieu, Lorenzo, Tim, ...

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	13
I.1 Présentation du laboratoire Natoli & associés.....	13
I.1.1 Une activité d'analyse.....	13
I.1.2 Une activité de conseil.....	13
I.2 Le vignoble du Languedoc-Roussillon	15
I.3 Etude du milieu de production du domaine Le Clos Isidore.....	17
I.3.1 Lieu de production.....	17
I.3.2 Encépagement	17
I.3.3 Conduite du vignoble.....	19
I.3.4 Climat	19
II. Les vinifications	23
II.1 Etude des moyens de production.....	23
II.1.1 La cave et les équipements.....	23
II.1.2 Le personnel.....	25
II.1.3 L'organisation et la gestion.....	25
II.2 Etude de la production	27
II.2.1 Climat du millésime 2020	27
II.2.2 La maturation des raisins	27
II.2.3 La récolte.....	29
II.2.4 Les vinifications	33
II.2.4.1 Vinification en blanc	33
II.2.4.2 Vinification en rosé	51
II.2.4.3 Vinification en rouge.....	57
II.2.4.3.1 Vinification traditionnelle	57
II.2.4.3.2 Macération carbonique.....	65
II.2.5 Hygiène et nettoyage de la cave et des équipements	71
II.2.6 Bilan du millésime 2020	73
II.3 Etude d'autres processus de vinification.....	75
II.3.1 Enrichissement	75
II.3.2 Relance de fermentation.....	77

III. Les travaux de chai	81
III.1 Présentation des vins	81
III.1.1 Blanc	81
III.1.2 Rosé	81
III.1.3 Rouges	81
III.2 Suivi du travail de chai	83
III.2.1 Assemblage	83
III.2.2 Collage des vins.....	85
III.2.2.1 Blanc	85
III.2.2.2 Rosé	87
III.2.2.3 Rouges.....	87
III.3 Elevage	89
III.4 Conditionnement avant la mise en bouteille.....	91
III.4.1 Blanc	93
III.4.2 Rosé	95
III.4.3 Rouges	97

CONCLUSION

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Une activité d'analyse œnologique	12
Figure 2 : Une activité de conseil œnologique.....	12
Figure 3 : Cartographie du vignoble des AOC du Languedoc.....	14
Figure 4 : Localisation du domaine du Clos Isidore	16
Figure 5 : Encépagement du domaine du Clos Isidore.....	16
Figure 6 : Taille double cordon de Royat avec 6 coursons à deux yeux	18
Figure 7 : Données climatologiques – Station de Montpellier	18
Figure 8: Cycle reproducteur de la vigne	20
Figure 9: Espace de vinification du domaine du Clos Isidore	22
Figure 10: Fiche de surveillance des fermentations	24
Figure 11: Données météorologiques du millésime 2020	26
Figure 12: Mesure au réfractomètre et correspondance approximative entre des différentes ..	26
Figure 13: Activité de la tyrosinase.....	28
Figure 14: Oxydation du GRP par la Laccase.....	28
Figure 15: Mécanisme d'oxydation pré-fermentaire	30
Figure 16: Structure et descripteurs du 3-sulfanylhéxanol	30
Figure 17: Les différentes étapes d'un pressurage	32
Figure 18: Mise en œuvre de la flottation en œnologie.....	34
Figure 19: Principe de la flottation.....	34
Figure 20: Affinité de l'IOC 18-2007 avec le fructose	36
Figure 21: Protocole de levurage	38
Figure 22: Opération de remontage à l'air	40
Figure 23: Structure en feuillet de Montmorillonite	42
Figure 24: Réduction de la vanilline en alcool vanillique	44
Figure 25: Formation du furfurylthiol à partir du furfural.....	44
Figure 26: Courbe de fermentation de la cuve de blanc	44
Figure 27: Schéma représentant les différents états du dioxyde de soufre dans le vin	46
Figure 28: La fermentation malolactique des vins	46
Figure 29 : Vinification en blanc au Clos Isidore	48
Figure 30: Brassage des lies dans un fût.....	48
Figure 31: Courbe de fermentation de la cuve de rosé	52
Figure 32: Formation de vinyl phénol par la cinnamate decarboxylase.....	52
Figure 33: Différentes formes des anthocyanes, en solution dans de l'eau, en fonction du pH	54
Figure 34: Contrôle des températures dans le cas d'une vinification en rouge.....	56
Figure 35: Opération de remontage avec aération (a) ou sans aération (b)	58
Figure 36: Opération de délestage.....	58
Figure 37: Courbe de fermentation de la cuve de rouge en vinification traditionnelle.....	60
Figure 38: Augmentation du diacétyl et de l'acétoïne (ou 3-hydroxybutanone) dans le vin après fermentation malolactique	62
Figure 39: Vinification en macération carbonique.....	64
Figure 40: Evolution de la couleur de la pulpe au cours de la macération carbonique	66
Figure 41: Courbe de fermentation de la cuve de rouge en macération carbonique	66

Figure 42: Echantillons de vin pour analyse par IRTF.....	72
Figure 43: Évolution des composés tout au long de la maturation	74
Figure 44: Calcul du volume de MCR nécessaire pour réaliser un enrichissement.....	74
Figure 45: Protocole de relance de fermentation	76
Figure 46: Présentation des cuvées du Clos Isidore (1).....	80
Figure 47: Présentation des cuvées du Clos Isidore (2).....	82
Figure 48: Réactions du fer dans les vins aérés	84
Figure 49: Un des mécanismes de la casse cuivrique.....	84
Figure 50: Quelques règles de base pour réussir son collage	86
Figure 51: Instabilité tartrique des vins	90
Figure 52: Filtre à plaque.....	92
Figure 53: Décoloration partielle des anthocyanes par les sulfites dans le vin	96

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Règles d'encépagement de l'appellation Saint-Georges-d'Orques	16
Tableau 2: Composés odorants apportés par le bois	68
Tableau 3: Pictogramme de danger	70
Tableau 4: Doses maximales de SO ₂ totale autorisées en agriculture biologique en Europe...98	

GLOSSAIRE

AOP : Appellation d'Origine Protégée

AB : Agriculture Biologique

DGDDI : Direction Générale des Douanes et Droits Indirects

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point

IGP : Indication Géographique Protégée

INAO : Institut National des Appellations d'Origine

IFV : Institut Français de la Vigne et du Vin

ITK : Intelligence Technology Knowledge

IRTF : Infrarouge à Transformée de Fourier

LSA : Levures Sèches Actives

NOP : National Organic Program

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

SO₂ : Dioxyde de Soufre

SRDV : Société de Recherche et de Développement

TAP : Titre Alcoométrique Volumique Potentiel

INTRODUCTION

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'obtention du diplôme nationale d'œnologie. Il s'appuie sur une expérience de conseil en œnologie au sein du laboratoire Natoli & associés basé à Saint-Clément-de-Rivière dans l'Hérault. Cette expérience professionnelle consiste en un suivi d'un peu moins d'une quarantaine de domaines sur l'ensemble du territoire Languedoc Roussillon pendant les vinifications du millésime 2021.

Au cours de cette période, les œnologues sont amenés à suivre les domaines en binômes : un œnologue principal et un secondaire. Pour se faire, des tournées sont établies en fonction des secteurs et vont permettre aux œnologues de suivre de façon régulière chaque domaine. Un passage est réalisé tous les deux jours au sein des caves par alternance entre les deux œnologues conseils. Ces passages fréquents permettent de suivre efficacement les vendanges et les vinifications. Ils favorisent les prises de décisions rapides au vu d'une situation rencontrée.

La rédaction de ce mémoire s'appuie sur la description d'un domaine en particulier : Le Clos Isidore basé à Murviel-Lès-Montpellier. Le choix s'est porté sur ce domaine pour sa capacité à réaliser différentes techniques de vinification parmi les trois couleurs. Des processus et méthodes observés dans d'autres caves seront également abordés pour leur intérêt technique.

Ce mémoire se compose de trois grandes parties. Il débute sur une présentation du contexte en développant les activités du laboratoire Natoli & associés ainsi que le contexte viti-vinicole de la région Languedoc-Roussillon et une description du vignoble du Clos Isidore. Il se poursuit sur les opérations liées à la période de vinifications consacrée en grande partie à celle du Clos Isidore. Cette seconde partie se termine en abordant des opérations de vinifications rencontrées dans d'autres caves : enrichissement et relance de fermentation. Ce mémoire se conclut sur la présentation des produits du Clos Isidore, des opérations d'élevage, de clarification, de stabilisation et de conditionnement des vins pour l'embouteillage.

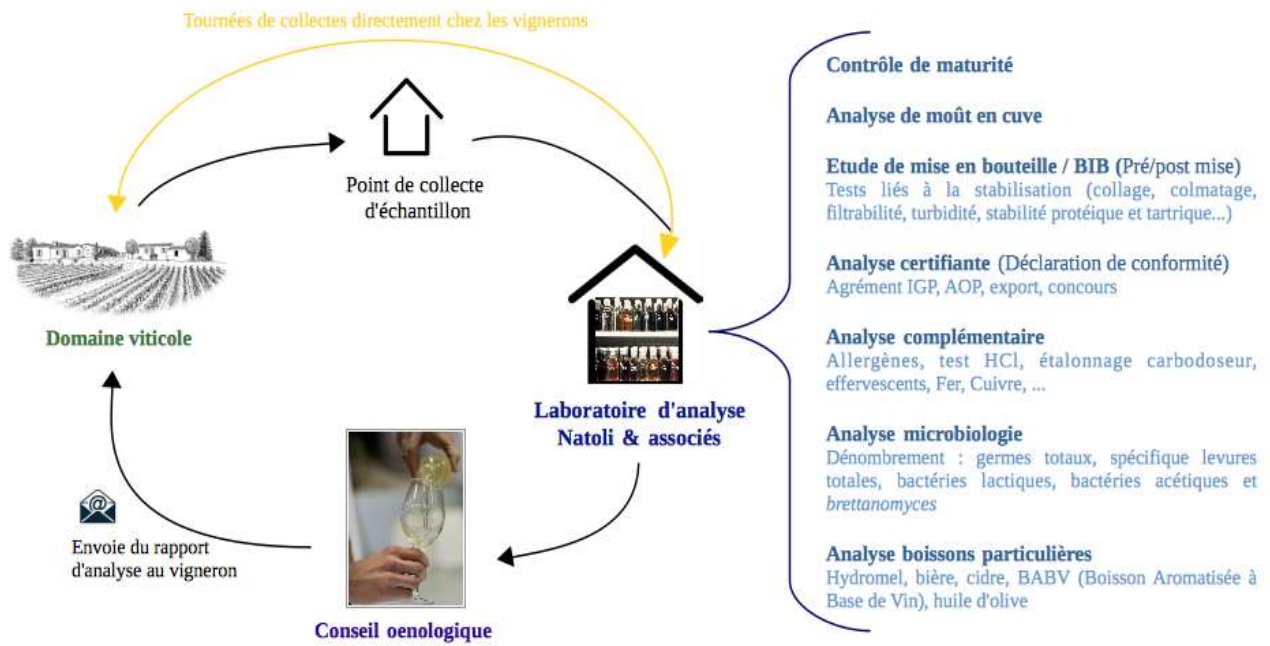


Figure 1: Une activité d'analyse œnologique (Laboratoire Natoli & associés)

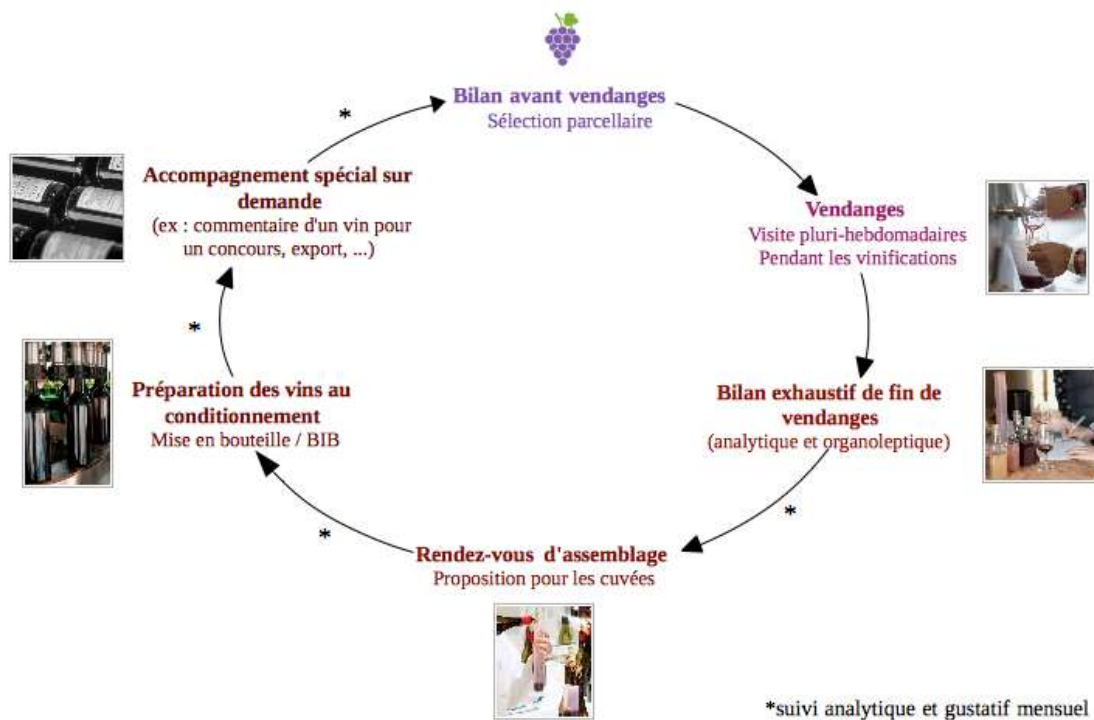


Figure 2 : Une activité de conseil œnologique (Laboratoire Natoli & associés)

I. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

I.1 Présentation du laboratoire Natoli & associés

Le laboratoire Natoli & associés, basé à St Clément de Rivière, a été fondé en 1992 par Jean Natoli. Aujourd'hui, la société est dirigée par quatre associés co-gérants : M. Jean Natoli, Mme Stéphanie Prabonnaud, M. Gwenaël Thomas et M. Sébastien Pardaille. Elle se compose à l'heure actuelle de trente salariés. Les principales activités du laboratoire sont le conseil et les analyses.

La grande partie de ses clients se trouve sur le territoire Languedoc-Roussillon mais ils s'étalent également dans tout le sud de la France ainsi qu'en Corse et à l'international (Espagne, Grèce, Maroc, Etats-Unis). L'entreprise est par ailleurs associée au laboratoire Dubernet, dans les laboratoires DIOENOS Rhône (Orange et Tain l'Hermitage) et la SRDV (Société de recherche et de développement viticole).

I.1.1 Une activité d'analyse

Le laboratoire offre plusieurs analyses (Figure 1), plusieurs paramètres peuvent ainsi être évalués en fonction des besoins : glucose + fructose, titre alcoométrique potentiel dit TAP, acidité totale, acidité volatile, pH, acide malique, acide tartrique, acide gluconique, acide citrique, glycérol, masse volumique, azote assimilable total, potassium, SO₂ libre, SO₂ total... Les résultats sont ensuite fournis sous 24 à 48h. La majorité de ces mesures est réalisée à l'aide d'un IRTF, InfraRouge à Transformée de Fourier (OEno Foss Winescan™).

Sur le plan qualité, le laboratoire est accrédité ISO 17025 par le COFRAC pour les analyses de vins. Il est habilité par l'INAO pour les réalisations d'analyses officielles des vins. Il est également agrémenté par les Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi pour des analyses exports.

I.1.2 Une activité de conseil

- **Œnologique**

Le conseil œnologique est rythmé par un calendrier qui permet d'accompagner le vigneron de la préparation de la vendange à la mise en marché (Figure 2). Les clients peuvent également faire appel aux œnologues pour des revues de caveau, des dégustations benchmark (étude rapport qualité/prix sur un secteur donné) ainsi que l'étude de problématiques ciblées (microbiologique, oxygène dissous, pesticides, contaminants, ...). Chaque client est suivi par un tandem d'œnologues conseil dont l'un est l'œnologue référent.

- **Agronomique**

Le conseil agronomique s'est développé au fil du temps, principalement viticole il s'étend également au secteur oléicole. Les ingénieurs conseils accompagnent le vigneron de la plantation jusqu'à la récolte avec des visites régulières tout au long du cycle de la vigne. Ils abordent de nombreuses composantes de la conduite d'un vignoble (amendement, plantation, taille, enherbement, état physiologique et phytosanitaire, ...).

Carte du vignoble de l'AOC Languedoc

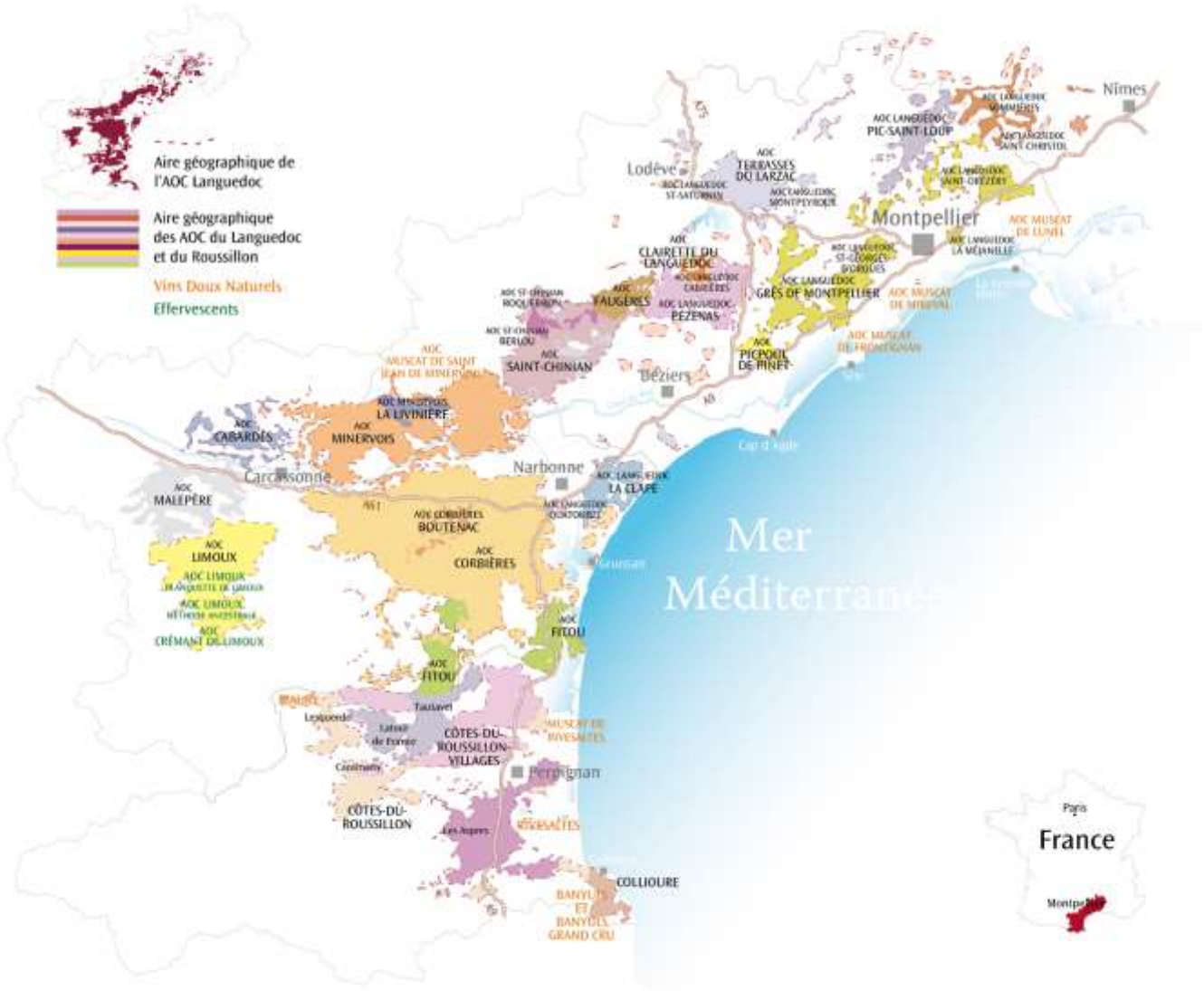


Figure 3 : Cartographie du vignoble des AOC du Languedoc
(source : <http://www.languedoc-aoc.com>)

Ils développent des connaissances particulières sur les équilibres physiologiques de la vigne en s'appuyant sur les compétences de la SRDV (analyses de pétioles, de sarments et de sol). Ils accompagnent également quelques domaines sur la gestion de l'irrigation avec le modèle ITK Vintel (suivi de la contrainte hydrique). L'entreprise possède l'agrément pour le conseil à l'utilisation des produits phytosanitaires.

- **Audit et Contrôle qualité**

Les audits de propriétés proposent une vision d'ensemble d'un domaine sur des points d'ordre technique, stratégique et marketing. L'entreprise est agréée par France AgriMer et réalise des audits de propriétés chaque année.

Le conseil de contrôle qualité a pour objectif d'accompagner des clients dans leur démarche (mise en place d'enregistrement qualité, de traçabilité, de procédures organisationnelles, manuel HACCP, document unique, réalisation d'audit hygiène et qualité, certification haute valeur environnementale dite HVE, ...)

Le laboratoire Natoli & associés offre une diversité de services et suit de nombreux domaines dans la région Languedoc-Roussillon.

1.2 Le vignoble du Languedoc-Roussillon

Le Languedoc-Roussillon est connu comme le berceau de la viticulture en France. Les premières vignes ont été introduites sur ce territoire par les Grecs et les Etrusques (actuel Toscane en Italie) il y a six siècles avant Jésus-Christ (AOC Languedoc). La culture de la vigne s'est ensuite étendue avec l'arrivée des romains puis a été marquée par des campagnes d'arrachage et de replantation au fil des grands événements historiques de cette région.

De nos jours, le Languedoc-Roussillon est le vignoble le plus étendu du territoire français avec 30 % de la surface totale en vigne (DGDDI-CVI 2013) soit environ 230 000 ha au total (Chambre d'Agriculture Occitanie, 2020). Cette région est une des plus riches en termes d'encépagement et se compose d'une multitude d'ensembles paysagers. Elle se définit par une richesse de terroir avec une variété de sols (calcaire, schistes, grès, basaltes, sables, alluvions...), (DREAL Languedoc- Roussillon, 2014). Actuellement, un peu plus d'une trentaine d'appellations d'origine protégée (AOP), (Figure 3), et plus d'une vingtaine d'indications géographique protégée (IGP) ont été définies (dico-du-vin).

La production viticole du Languedoc Roussillon avoisine les 12,1 millions d'hectolitres (moyenne de 2015 à 2019, Agreste). Celle-ci est le fruit du travail d'environ 277 caves coopératives et 1360 caves particulières (source : ISVVIN). Le Languedoc-Roussillon se démarque de ses voisins avec la place de premier vignoble menée en agriculture biologique en France. Il comprend un peu plus de 26 000 ha en 2017 (vignes en conversion comprises), (draff.occitanie).

Le sud de la France est soumis en grande partie à un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs. Les précipitations sont contrastées et peuvent suivant les secteurs se manifester par des pluies abondantes (épisodes Cévenols). La force du vent est inégale avec des couloirs préférentiels selon les régions (Météo France).

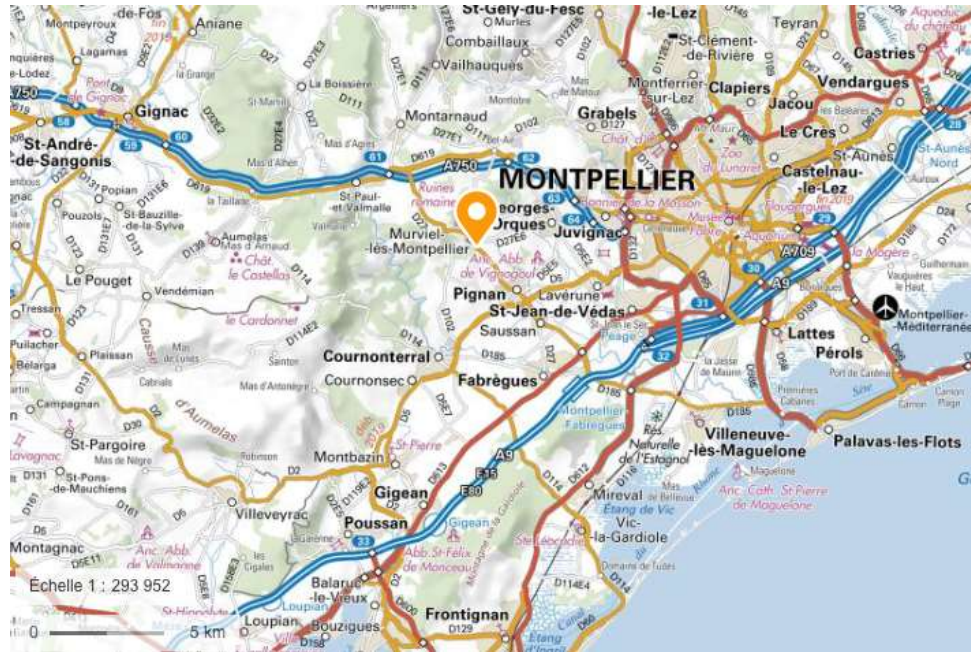


Figure 4 : Localisation du domaine du Clos Isidore (source : Géoportail)

Tableau 1: Règles d'encépagement de l'appellation Saint-Georges-d'Orques

	CÉPAGES PRINCIPAUX		CÉPAGES SECONDAIRES		RDT (hl/ha)	AGE VIGNE
Saint-Georges- d'Orques	mourvèdre	syrah	grenache N	carignan N	42	6ème f.
	> 20 % ens ou sèp		> 10 %		rdt butoir : 48	Sauf carignan : 9ème f
	> 40 % ens ou sèp					
	> 70 %					
au moins 2 cépages						

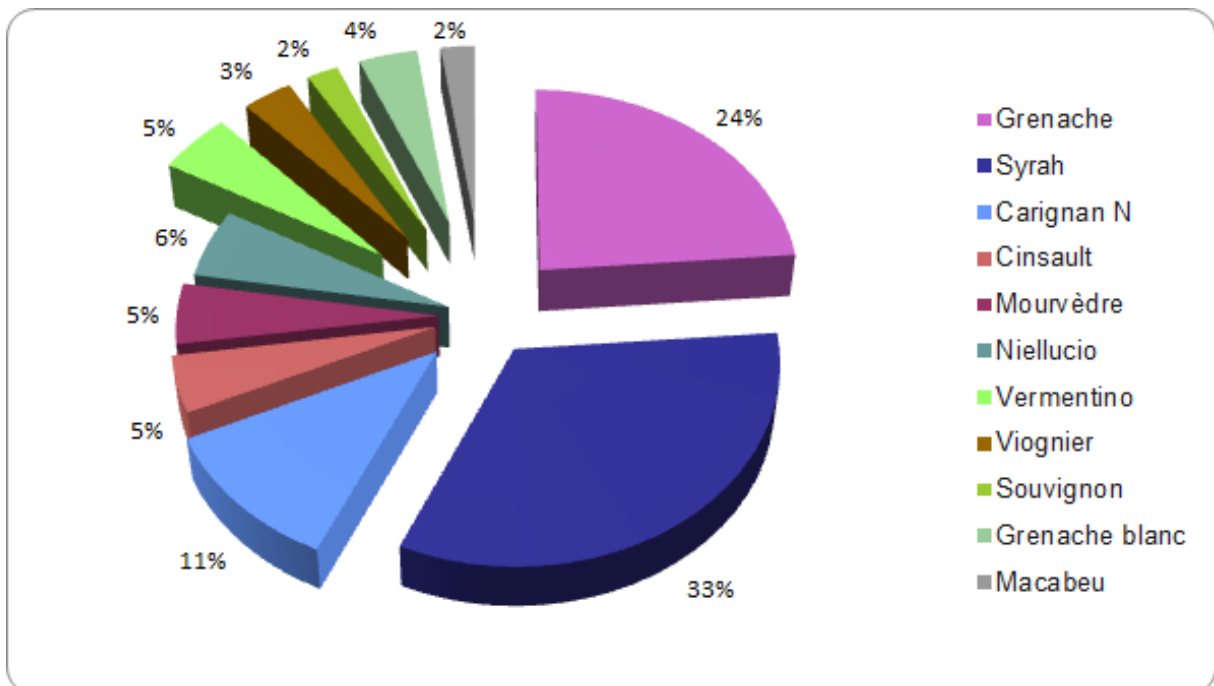


Figure 5 : Encépagement du domaine du Clos Isidore

Au sein de ce territoire du Languedoc-Roussillon, j'ai eu l'opportunité de suivre en tant que conseillère en œnologie le domaine viti-vinicole du Clos Isidore.

I.3 Etude du milieu de production du domaine Le Clos Isidore

I.3.1 Lieu de production

Le Clos Isidore est un domaine viti-vinicole géré par Joël Antherieu et Edith Bez. Le vignoble d'une superficie de 18,6 ha (mesparcelles) est situé sur la commune de Murviel-Lès-Montpellier (Figure 4), dans le département de l'Hérault. La majorité des parcelles est à moins de 15 km à l'ouest de Montpellier. Le vignoble est fragmenté en 6 îlots avec de nombreuses parcelles d'une superficie inférieure à 0.5 ha, parfois enclavées entre des murets.

La plus grande partie du vignoble se situe sur des sols calcaires, quelques vignes se développent également sur des grès calcaires ou des calcaires marneux (Géoportail).

Murviel-lès-Montpellier est une des cinq communes comprises dans l'aire d'appellation Languedoc Saint-Georges-d'Orques. Celle-ci est une dénomination de l'AOP Languedoc reconnue en 1985 par l'INAO (Institut National de l'Origine et de la Qualité). L'AOP Languedoc Saint-Georges-d'Orques se situe au cœur de la zone géographique complémentaire "Grès de Montpellier". Le vignoble, compris entre 50 et 250 mètres, s'étend sur 9 661 ha (INAO 2005). Cette appellation comprend 72 caves coopératives et 415 caves particulières pour une production avoisinant 396 000 hL (INAO 2005). Les cépages principaux de cette appellation se composent de la Syrah, du Grenache et du Mourvèdre. Le Carignan et le Cinsault viennent s'ajouter en cépages secondaires. Le rendement autorisé en rouge est fixé à 42 hL/ha avec un TAV naturel minimum de 12,5 % vol. Les vins rouges issus de cette appellation doivent comprendre au moins deux cépages principaux, de plus, un seul cépage ne doit pas excéder 80 % du volume (Tableau 1). La durée minimale d'élevage est jusqu'au 15 juin de l'année suivant la récolte et la mise en marché à partir du 1er juillet de cette même année.

I.3.2 Encépagement

Le vignoble du Clos Isidore comprend actuellement une majorité de cépages rouges (83 %) et une plus faible proportion de blancs (17 %), (Figure 5). Parmi les cépages plantés en rouge, le Grenache et la Syrah sont les plus représentés et en composent plus de 50 %. Pour les blancs, les surfaces sont proches quel que soit le cépage. A noter, le Vermentino, le Grenache blanc et le Viognier sont légèrement en proportion plus importantes.

D'après le casier viticole informatisé (CVI), les parcelles sont classées au sein de différentes appellations :

- 4,77 ha sont revendiqués en AOP Languedoc Saint-Georges-d'Orques,
- 2,79 ha en IGP Pays d'Oc (en grande partie les blancs et le Niellucio)
- 11 ha ne sont pas clairement définis dans le CVI mais peuvent être revendiqués au sein de l'AOP Languedoc et/ou Grès de Montpellier sous condition de respecter les règles des cahiers des charges.

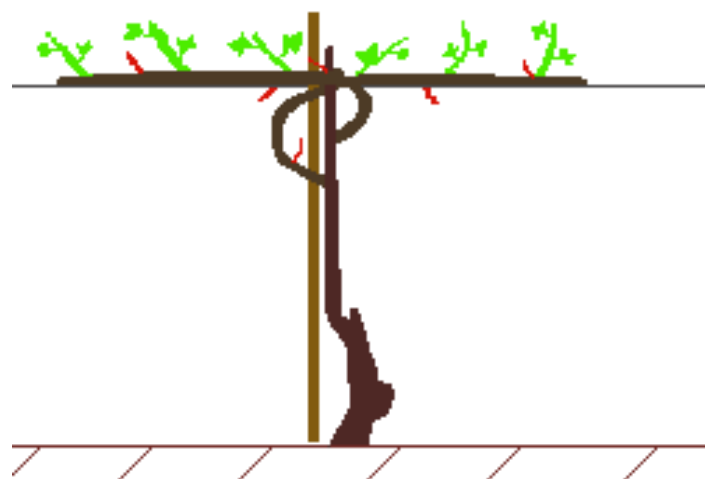


Figure 6 : Taille double cordon de Royat avec 6 coursons à deux yeux (Natoli & associés)

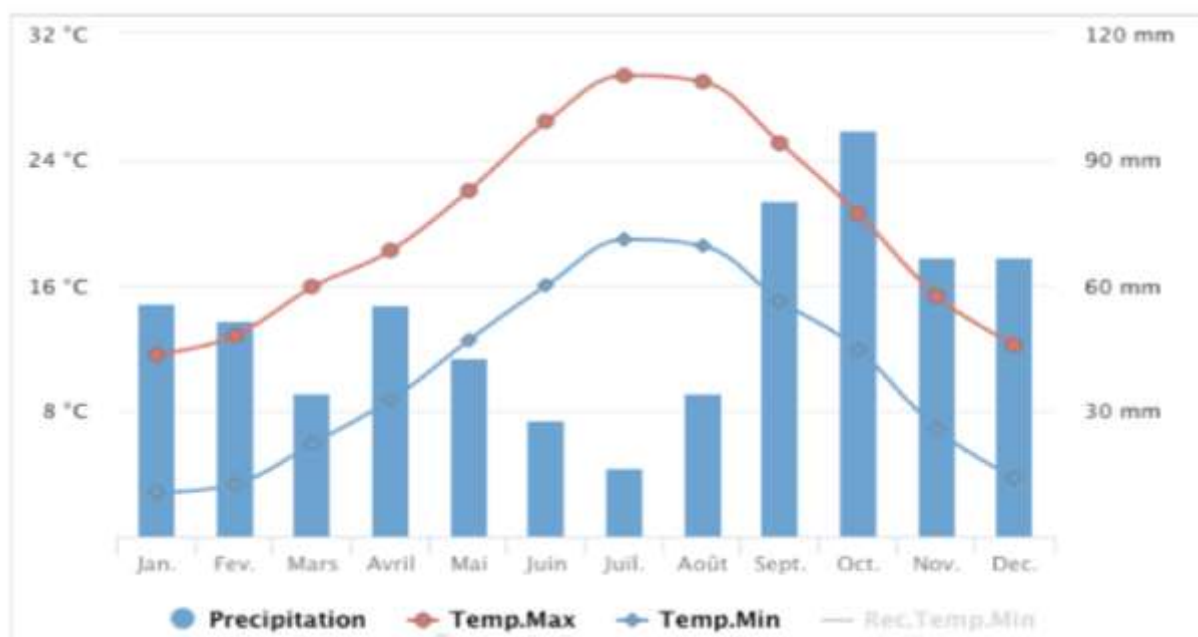


Figure 7 : Données climatologiques – Station de Montpellier (Météo France)

I.3.3 Conduite du vignoble

La totalité du vignoble est conduite en agriculture biologique depuis 2010. L'ensemble des travaux (entretien des sols, fertilisation, traitements, ...) est réalisé par le vigneron.

Ces trois dernières années, les rendements du domaine sont en diminution. En 2018, ils étaient de l'ordre de 450 hL et en 2019 ils sont passés à 350 hL soit moins de 20 hL/ha. Au vu de ces baisses de rendements, les vignerons s'interrogent pour revoir et adapter la conduite du vignoble en fonction des besoins. L'objectif est de prioriser les opérations tout en augmentant le volume de production en fonction des appellations.

La taille commence quand toutes les feuilles de la vigne sont tombées, souvent à partir de novembre et se poursuit jusqu'en mars. La plus grande partie des vignes est taillée en cordon avec six coursons à deux yeux sur les AOP Languedoc (Figure 6) et cinq coursons à deux yeux sur les Grès de Montpellier. Les vignes en IGP devraient passer l'an prochain à une taille à huit coursons à deux yeux et les Nielluccio à une baguette à six-huit yeux. L'objectif est de préserver un rendement modéré sur les AOP en élaborant des vins avec de belles maturités et de belles concentrations. Sur les IGP l'idée est d'augmenter le volume de production avec des tailles plus généreuses tout en préservant la qualité des raisins. S'ajoute à cela, les quelques tailles de formation restantes sur les plus jeunes vignes. Depuis 2016, le domaine a réalisé de nombreuses plantations avec 4,5 ha de jeunes vignes.

Les fumures apportées sont réfléchies en fonction des analyses de sol de chaque parcelle. A l'avenir, des apports en azote seront prioritaires sur les IGP pour soutenir la vigueur et la production. Sur les AOP, la fertilisation sera adaptée en fonction des analyses végétales (sarments ou foliaires) de parcelles "pilotes" pour répondre au mieux aux besoins de chaque parcelle.

Concernant le travail du sol, le désherbage est réalisé mécaniquement sous le rang à l'aide d'un intercep. Le domaine a récemment investi dans des disques pour mieux maîtriser l'enherbement sur les sols pierreux.

Les traitements sont principalement composés de soufre et de cuivre. La composition et la dose varient en fonction des périodes et de la pression des maladies au sein de chaque parcelle avec des fréquences de traitements plus resserrées en cas de forte pression.

I.3.4 Climat

Le domaine est situé dans la zone climatique de Montpellier avec un climat de type méditerranéen (Figure 7) : climat tempéré avec des saisons été/hiver bien définies. La durée d'insolation annuelle est très élevée et le cumul annuel moyen des pluies est faible, il se situe souvent proche de 620 mm (Météo France).

La période hivernale est sèche et douce, la neige se fait rare. Les températures hivernales restent néanmoins fraîches ce qui permet la levée de l'endormance. Cette dernière est permise par une durée minimum de 8 jours en dessous de 8 °C (Dokoozlian, N.K, 1999). Les basses températures hivernales favorisent le maintien des bourgeons en écormance (Pellegrino et al, 2020) jusqu'à une période plus propice à leur développement.

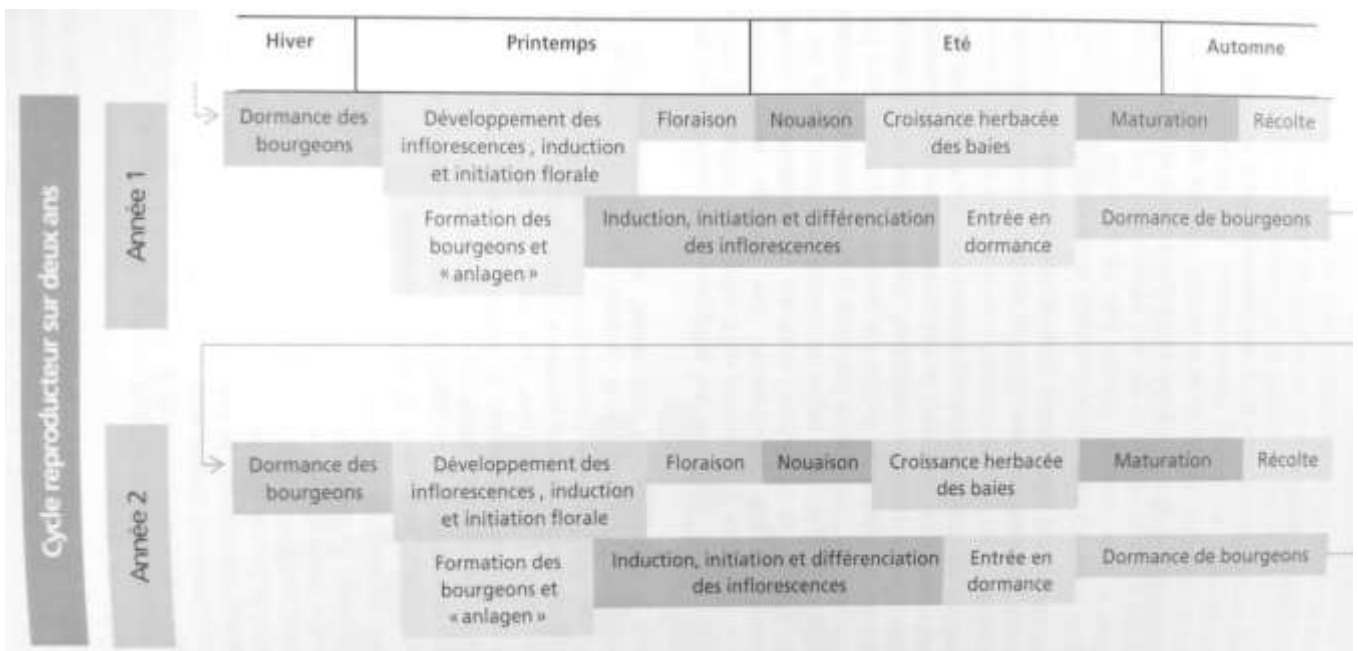


Figure 8: Cycle reproducteur de la vigne (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a))

Au printemps, la levée de l'écodormance est permise par un réchauffement du milieu ambiant (air et sol) avec des températures supérieures à 10 °C ainsi qu'à des bons niveaux d'approvisionnement en eau et en nutriments (Pellegrino et al., 2020). La levée de dormance se caractérise par le débourrement des bourgeons (Figure 8). Les températures augmentent progressivement et le temps alterne entre périodes ensoleillées et pluvieuses. En Languedoc-Roussillon, l'intensité et la fréquence des pluies fluctuent fortement en fonction des millésimes. Ces conditions climatiques vont affecter la floraison de la vigne. Un temps chaud et sec favorise ainsi la bonne ouverture des fleurs et la libération du pollen. A l'inverse, la pluie limite l'éjection du capuchon floral et la croissance du tube pollinique est perturbée par des températures froides (Vasconcelos et al., 2009). Une mauvaise fécondation peut conduire soit à un avortement des baies, « coulure », soit à un mauvais développement des raisins, « millerandage ».

Les étés dans cette zone sont chauds et favorisent la maturation des baies notamment à travers le chargement des sucres au sein des raisins. Cette période est marquée par une consommation de l'acide malique au sein des baies pour la production d'énergie. Des températures très élevées tendent néanmoins à accélérer la dégradation de l'acide malique (Buttrose et al., 1971 ; Parra et al., 2010). Ce processus conduit à une diminution de l'acidité totale contenue dans le raisin. A l'inverse, l'acide tartrique n'est pas impacté par de fortes températures. Au cours de la maturation les teneurs en acide tartrique restent relativement constantes y compris lorsque le volume de la baie augmente (Cholet et al., 2016). Les fortes températures (supérieures à 35 °C) entraînent également une réduction de la teneur en anthocyanes au sein des baies (Mori et al., 2007).

L'été est souvent marqué par de longues périodes sèches interrompues par des manifestations orageuses parfois violentes (grêle). Il est reconnu qu'un déficit hydrique modéré est favorable au processus de maturation des baies. En revanche, un stress hydrique sévère impacte la photosynthèse et peut amener à des blocages de la maturation (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Ce type de stress hydrique peut aller jusqu'à une défoliation de la vigne. Une partie des grappes se retrouve ainsi exposée à la lumière ambiante. Dans ces conditions, les anthocyanes sont moins présentes en comparaison à des grappes sous couvert ombragé. Un niveau de lumière élevé associé à de fortes températures ne permet donc pas une accumulation optimale des anthocyanes au sein des baies (Haselgrove et al., 2000). En fonction des cépages, une forte sécheresse amène à une concentration des composés et un flétrissement des baies.

S'ensuit la période automnale qui est marquée par des pluies abondantes, souvent de septembre à novembre. Ces dernières contribuent le plus souvent à plus du tiers des normales annuelles.

Ces dernières années sont marquées par des phénomènes climatiques impactant la récolte (gel, forte pluviométrie, sécheresse, coup de chaud...). Certains étés ont été particulièrement secs et chauds amenant à des concentrations en sucres importantes associées à de faibles niveaux d'acidité. Ces fluctuations sont à prendre en considération car elles peuvent impacter le bon déroulement des vinifications et la qualité finale des vins.



Figure 9: Espace de vinification du domaine du Clos Isidore
(photo : Lucie Laville)

II. Les vinifications

II.1 Etude des moyens de production

II.1.1 La cave et les équipements

Le domaine du Clos Isidore dispose depuis 2018 d'un nouveau bâtiment qui possède plusieurs fonctionnalités. Une partie caveau et bureau (Figure 9) permet d'accueillir les visiteurs et d'assurer un service de vente directement au domaine. Ce lieu est également dédié à la découverte du domaine à travers des dégustations et des échanges. La partie cave se situe en face du caveau et se divise en deux étages (Figure 9). Le premier, en haut, comprend l'espace de vinification avec les cuves et une grande partie du matériel de vinification. Le deuxième, au rez-de-chaussée, est un espace de stockage et d'élevage en barrique.

- **Lieu de vinification et d'élevage en cuve**

L'espace de vinification est équipé de treize cuves en fibre de verre à chapeau flottant : 1 de 10 hL, 1 de 15 hL, 5 de 30 hL, 1 de 40 hL, 4 de 80 hL et 1 de 100 hL (Figure 9). L'ensemble de la cuverie atteint ainsi une capacité de 635 hL. Les cuves en polyester renforcées de fibre de verre sont souvent moins coûteuses et disposent d'une résistance chimique correcte. Elles sont assez faciles à entretenir, avec des dépôts sur les parois modérés et une résistance au décollement moyenne. Le volume d'eau utilisé pour le nettoyage avoisine les 65 L/100 hL de vin, contre 101 L/100 hL pour la cuve inox 2B et 133 L/100 hL pour la cuve béton brut (Desenne, Maron & Jacob, 2008). Elles sont également plus légères ce qui facilite leurs transports. Quelques mesures de précaution sont toutefois à prendre en compte sur ces cuves vis-à-vis des phtalates. L'IFV a ainsi mis en évidence un relargage important d'un phtalate (300 µg/L), le Di-méthyl-phtalate (DMP), dans un vin stocké 12 mois dans ce type de cuve. Ce composé n'est pas autorisé dans le règlement européen n°10/2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires. Selon Jean-Michel Desseigne, une vigilance est à avoir sur les cuves en fibre de verre antérieures à 2011 (Vitisphère art. du 13/12/2019). Plus le degré alcoolique du vin et la température sont hauts, plus les risques de migration vers le vin sont élevés.

Cette partie cave est équipée d'un système d'échangeur de chaleur, Krios 15 (Oeno-Pôle), pour la régulation de la température des cuves. Cette centrale monobloc en acier inox dispose d'une fonction froid/chaud de -12 °C à + 45°C.

Plusieurs pompes sont présentes en fonction des opérations en cave à réaliser, une pompe de flottation de 100 hL/h, ainsi que deux pompes à rotor : une de 35 à 70 hL/h et une de 90 à 180 hL/h.

Le pressoir d'une capacité maximum de 50 hL (marque Fabbri) est situé à l'extérieur de la cave (Figure 9). Une ouverture circulaire est présente au niveau du mûr, à proximité du pressoir, de manière à faire passer un tuyau de l'extérieure jusqu'à la cave. Celle-ci tend à faciliter le transport du marc ou du vin entre ces deux espaces.

COULEUR	Blanc	Rosé	Rouge base fruit	Rouge traditionnel	Rouge MCO ₂
---------	-------	------	------------------	--------------------	------------------------

cépages	
parcelles	
état sanitaire	
manuel / mécanique	tri / éraflage / foulage

	RÉCEPTION	DÉBOURBAGE	FERMENTATION
Date			
Cuve			
Volume		hl	hl

INTRANTS	DOSE	N° LOT
SO ₂ (dose initiale)		
Levures type		
Autres type		

ÉCOULAGE ET SOUTIRAGES SUCCESSIFS					
Date					
Cuve					
Volume	hl	hl	hl	hl	hl

date	jour N°	MATIN		SOIR		INTERVENTIONS							
		densité	T° C	densité	T° C	éch.	aéc.	ram.	dél.	pig.	pdt. oeno.	dose	N° lot
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
	8												
	9												
	10												
	11												
	12												
	13												
	14												
	15												
	16												
	17												
	18												
	19												
	20												
	21												
	22												
	23												
	24												

Coule volume : hl cuve :

Presse volume : hl cuve :

date	jour	densité	T° C	date	jour	densité	T° C
	1				5		
	2				6		
	3				7		
	4				8		

date	jour	densité	T° C	date	jour	densité	T° C
	1				5		
	2				6		
	3				7		
	4				8		

Figure 10: Fiche de surveillance des fermentations (Laboratoire Natoli & associés)

- **Lieu d'élevage en barrique et de stockage des bouteilles**

Un espace est dédié au stockage, pour la conservation des bouteilles de vin et des matières sèches (Figure 9). Les barriques y sont également conservées. Au total, le domaine compte douze barriques de provenances différentes : 10 Dargaud de chauffe moyenne à forte (Grande Vosges et Bourgogne) et 2 Nadalié Solution de chauffe moyenne à forte (Expression Rouge velours).

II.1.2 Le personnel

Actuellement le domaine comprend deux personnes permanentes qui ne sont autres que les propriétaires et vigneron Joël et Edith. Ce sont eux qui réalisent les opérations de vinifications. Au vignoble, une personne vient les aider dans les périodes les plus actives notamment pour les travaux en vert.

La vendange mécanique est réalisée par un prestataire de service et celle à la main par une équipe de vendangeurs.

Piste d'amélioration : *Joël souhaiterait dans les vinifications à venir être aidé par un stagiaire afin de pouvoir faciliter le travail en cave tout en partageant ses connaissances et sa passion pour ce métier.*

II.1.3 L'organisation et la gestion

Au cours des vinifications, l'ensemble des opérations (levurage, remontage, délestage, collage, ...) ainsi que le suivi des températures et des densités sont complétés sur une fiche de surveillance des fermentations (Figure 10). Cette feuille est un outil de traçabilité qui permet notamment d'indiquer les dates de vendanges, les volumes vinifiés, les quantités et les numéros de lot des produits œnologiques utilisés. Ces enregistrements justifient des bonnes pratiques de production des vins biologiques auprès des organismes certificateurs. Tout au long de la fermentation alcoolique, les densités et les températures sont mesurées sur chacune des cuves matin et soir. Ces mesures de densité sont réalisées à l'aide d'un mustimètre avec un thermomètre intégré.

Le domaine Clos Isidore a fait le choix d'être suivi par le laboratoire Natoli & associés en ce qui concerne les analyses et le conseil œnologique. Un œnologue passe ainsi tous les deux jours au domaine à la même heure pour suivre l'avancée des fermentations, déguster les moûts/vins, prodiguer des conseils et récupérer des échantillons pour les analyser. Ce suivi est réalisé en binôme par Arnaud Iffat et moi-même pour le millésime 2020. Tout au long de ces rendez-vous, l'œnologue échange avec les vigneron et apportent des conseils en fonction de chaque situation. Le laboratoire Natoli & associés propose également au moment du passage des œnologues un service de livraison de produits œnologiques. L'idée n'est pas de se substituer à des vendeurs de produits œnologiques mais de pouvoir dépanner les caves dans une période intense pour les vigneron. En fin d'après-midi, les œnologues déposent les échantillons de moûts et de vins au laboratoire, ceux-ci sont enregistrés le jour même et analysés le lendemain. Les résultats d'analyse sont ensuite pointés par les œnologues conseils de manière à surveiller l'évolution des fermentations.

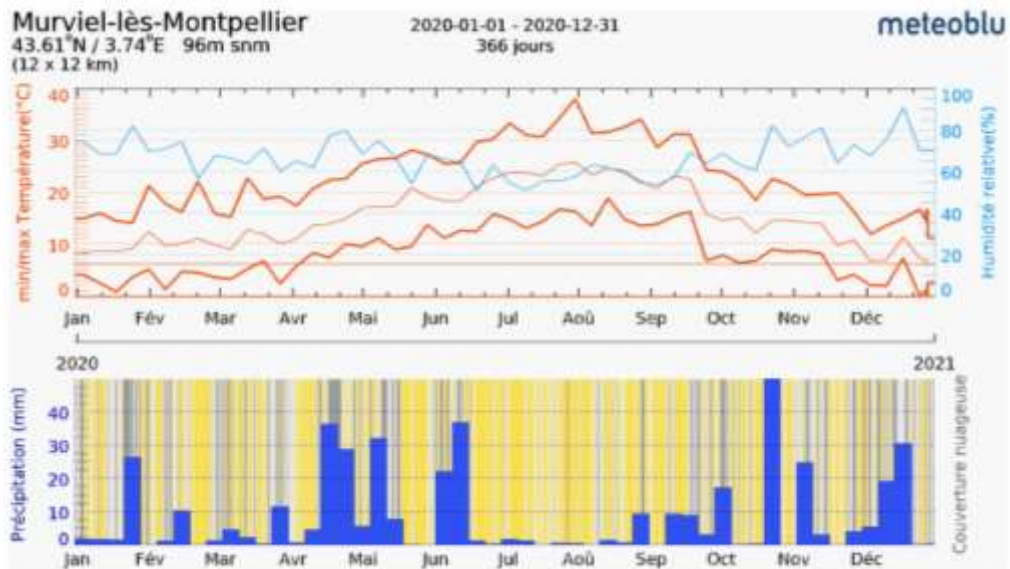


Figure 11: Données météorologiques du millésime 2020 (Meteoblu)

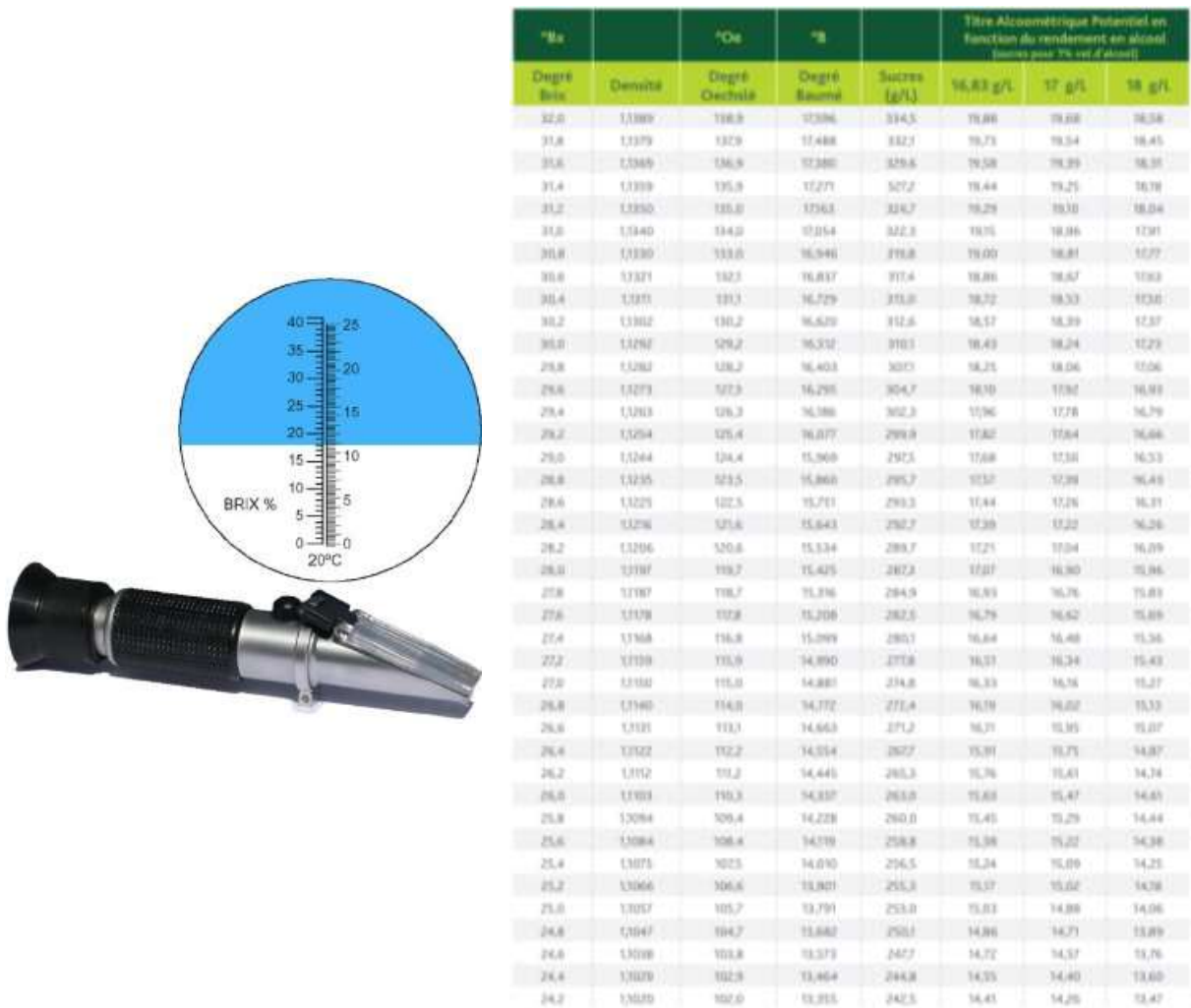


Figure 12: Mesure au réfractomètre et correspondance approximative entre des différentes échelles de mesure de la concentration en sucre des moûts (<https://www.agir-crt.com> et <https://laffort.com>)

II.2 Etude de la production

II.2.1 Climat du millésime 2020

Le millésime 2020 a été particulièrement précoce sur l'ensemble de la région Languedoc-Roussillon avec environ une semaine d'avance. Le climat de cette année 2020 se rapproche de celui connu en 2018 avec un printemps pluvieux. En effet, plusieurs épisodes orageux se sont succédés d'avril à juin (Figure 11). Malgré un climat favorable à l'installation des maladies, la pression mildiou et oïdium a été bien maîtrisée tout au long de la saison végétative. La pluviométrie de ce printemps a permis de préserver un beau feuillage sur la majorité des vignes. Le début d'été a en revanche été moins abondant en pluie (Figure 11). Les pluies se sont faites plus rares dans ce secteur ce qui a conduit à une période de sécheresse plus marquée, ayant pour conséquence de diminuer le rendement en jus final.

II.2.2 La maturation des raisins

Les objectifs de vendange sont déterminés début août avec l'œnologue conseil pour décider des orientations des parcelles en fonction des besoins de production. Les maturités sont ensuite définies de manière à atteindre les objectifs souhaités.

Le suivi du raisin au cours de sa maturation est réalisé par Joël Antherieu à l'aide d'un réfractomètre. Une dizaine de grappes sont prélevées à différents endroits et expositions de la parcelle puis sont écrasées. Le jus est récupéré et quelques gouttes du moût sont déposées sur le prisme d'un réfractomètre. Le degré Brix obtenu indique le poids de sucres du moût en gramme dans 100 g de moût, il s'agit en réalité d'un pourcentage de matières sèches dans le moût (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Cette mesure est néanmoins valable qu'à partir d'un certain stade de maturité (15° Brix). En-dessous, les acides organiques, les acides aminés et certains précurseurs des polyosides pariétaux peuvent avoir des indices de réfraction proches de celui des sucres et ainsi interférer sur la mesure (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Si la température est différente de 20 °C, une correction est théoriquement nécessaire mais elle a une faible incidence sur la richesse en sucre (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Une correspondance approximative est ensuite faite entre le degré Brix mesuré et la teneur en sucres (g/L) du jus (Figure 12). A partir de cette valeur, il est possible d'en déduire le degré d'alcool potentiel. Le taux de transformation du sucre en alcool au cours de la fermentation alcoolique est fixé à 16,8 g/L de sucres pour 1 % vol. d'éthanol. Les sucres majoritaires dans la baie de raisin sont le glucose et le fructose, contenus en proportion égale. Les réfractomètres de poche actuels sont calibrés de manière à afficher zéro pour l'eau, et directement la concentration en sucre ou la valeur en degré d'alcool potentiel.

Pour les cépages rouges, les baies sont également dégustées de manière à apprécier la maturité phénolique.

La date de vendange est décidée en fonction de l'appréciation de l'état de maturité, des objectifs définis en début de vendange ainsi que des disponibilités du prestataire de service possédant la machine à vendanger.

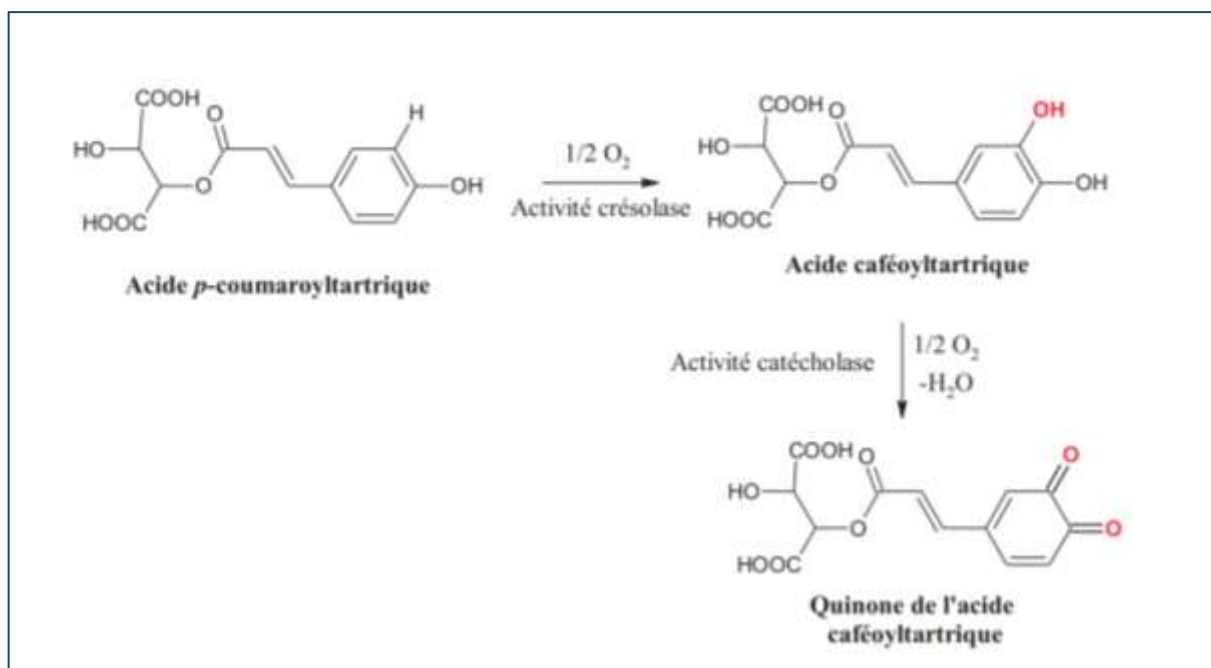


Figure 13: Activité de la tyrosinase (Roland A., 2010)

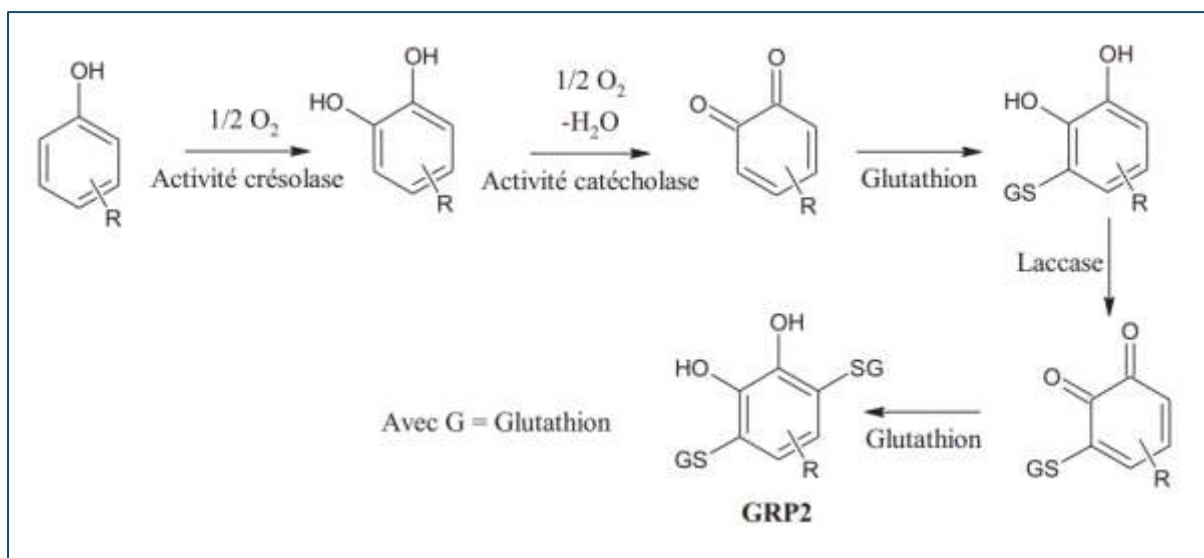


Figure 14: Oxydation du GRP par la Laccase (Roland A., 2010)

Piste d'amélioration : *Un contrôle de maturité au laboratoire Natoli & associés sur des parcelles pilotes (fonction des cépages et des terroirs) pourrait être réalisé en plus des mesures au réfractomètre. Cette analyse apporte des informations complémentaires sur la composition du moût : azote assimilable (mg/L), teneur en potassium (mg/L), acidité totale, pH, indication sur l'état sanitaire de la vigne (acide gluconique, glycérol et acide citrique) ... En fonction des données récoltées, il est possible d'anticiper des opérations si nécessaire: sulfitage de la vendange ou autres traitements si l'état sanitaire s'est détérioré, ajout d'azote organique et/ou minéral en cas de carence, acidification ...*

II.2.3 La récolte

Les vendanges au Clos Isidore ont commencé par les blancs fin août et se sont poursuivies jusqu'à la récolte des Mourvèdres le 17 septembre.

Les vignes sont vendangées mécaniquement, à l'exception des Syrah destinées à être vinifiées en macération carbonique. La vendange mécanique permet de récolter rapidement une parcelle à moindre coût en comparaison à une vendange à la main. Les innovations réalisées sur les machines à vendanger ne cessent de progresser et permettent actuellement de limiter l'altération des baies et la présence excessive de débris végétaux (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). La vendange mécanique garde cependant un taux d'extraction du jus plus important en comparaison à celle réalisée à la main.

Pour les vendanges en blanc, cette libération du jus peut avoir des répercussions non négligeables. Tout au long de l'élaboration des vins blancs, une attention est apportée de manière à protéger les moûts contre l'oxydation. Les précautions mises en place ont pour objectifs d'éviter le brunissement de la couleur et de protéger les arômes fruités des vins. La consommation d'oxygène dans le moût s'explique par une oxydation enzymatique des composés phénoliques (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Dans le cas de trituration des raisins au moment de la récolte, les polyphénols sont amenés à être en contact avec l'oxygène. Les acides phénols sont alors oxydés par la tyrosinase, connue également sous le nom de catécholoxydase ou crésolase, une oxydase présente dans les raisins sains. Dans le moût, elle a pour substrats les acides cinnamiques et leurs esters avec l'acide tartrique (acides trans-caféoyltartrique et p-coumaroyltartrique, Figure 13). Elle est ainsi capable de former des o-diphénols à partir de monophénol (activité crésolase) et d'oxyder des o-diphénols en quinones (activité catécholase). Ces réactions d'oxydation sont très rapides et l'activité de cette enzyme est maximale à 30 °C (Roland A., 2010). S'ajoute à cela, une vitesse de consommation d'oxygène qui dépasse 2 mg/L/min dans un moût contre 1 à 2 mg/L/j dans le vin (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Les réactions d'oxydation par la tyrosinase diminuent et vont jusqu'à s'arrêter au cours de la fermentation. En effet, cette enzyme est dénaturée lorsque les teneurs en alcool augmentent (Mouls L., 2018). En cas d'altération de la vendange, la présence de laccase peut allonger les réactions d'oxydation dans le temps. Cette enzyme originaire du champignon *Botrytis cinerea* est capable de catalyser une plus grande variété de substrats dont le Grape Reaction Product (GRP), (Figure 14). La laccase est plus résistante au pH du moût, aux opérations de sulfitage et au collage à la bentonite (Roland A., 2010). De plus, elle n'est pas inhibée par les conditions de fermentation alcoolique.

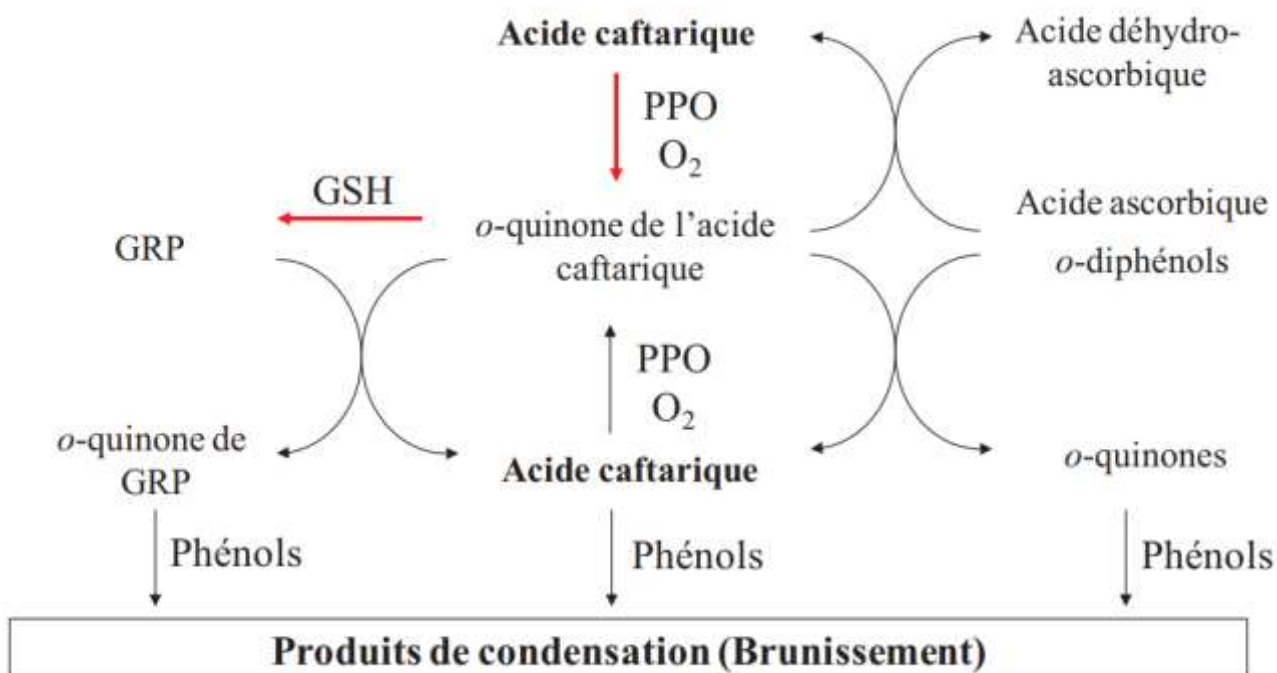


Figure 15: Mécanisme d'oxydation pré-fermentaire (Roland A., 2010)

Composé	Structure	Descripteur	Seuil de perception en solution hydroalcoolique (ng/L)	Concentrations dans les vins (ng/L)
3-sulfanylhexanol (3SH) (Tominaga et al., 1998a)		Fruit de la passion, pamplemousse	60	150-3500

Figure 16: Structure et descripteurs du 3-sulfanylhexanol (Bocker et al., 2014)

Les quinones formées à partir de l'acide caftarique ont plusieurs destinations (Figure 15):

- Elles peuvent se combiner avec le glutathion (Cheynier et al., 1990) formant ainsi l'acide S-glutathionyl-2-caftarique (GRP). Cette réaction d'oxydo-réduction régénère la fonction o-diphénol, qui peut être oxydée par la laccase (Figure 14). Les quinones peuvent également se combiner avec d'autres réducteurs du moût comme l'acide ascorbique, régénérant ainsi l'acide caftarique.
- Elles peuvent être intégrées dans des réactions d'oxydations couplées avec les flavonoïdes (o-diphénols) ou le GRP, formant ainsi des quinones des flavonoïdes ou des quinones du GRP.
- Elles sont capables de se condenser avec les phénols. La couleur et l'insolubilité des produits formés augmentent avec le degré de condensation.

L'oxydation enzymatique peut affecter l'aromatique du vin. Certains arômes variétaux tels que les thiols, une fois sous forme libre, ont la capacité de se combiner en début de fermentation avec les quinones (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). C'est notamment le cas d'un thiol très odorant, le 3-sulfanylhéxanol (3MH) (Nikolantonaki et al., 2014), qui présente des arômes de pamplemousse ou de fruit de la passion (Figure 16). Les phénomènes d'oxydation affectent d'autres thiols, comme le 4-méthyl-4-mercaptopentane-2-one (4MMP) avec une aromatique sur le pamplemousse, la goyave, la mangue et l'orange. Ce dernier diminue d'autant plus que le moût a été moins bien protégé de l'oxydation (Dubourdieu et Lavigne 1990). A l'inverse, une oxydation ménagée au moment du pressurage favorise la formation de 3 MH (Roland A., 2010).

La sensibilité d'un moût aux phénomènes d'oxydation enzymatiques est dépendante de la composition initiale du moût en acide caftarique, en glutathion et en flavonoïdes. Tant que les teneurs en glutathion sont supérieures à celles des acides phénols, la consommation d'oxygène n'entraîne pas l'accumulation de quinones, ni le brunissement du moût (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). La présence de glutathion contribue également à protéger les arômes. Le ratio entre les teneurs en acides phénols et en glutathion est variable en fonction des moûts. Il est notamment influencé par le cépage et par les conditions de maturation du raisin (Cheynier et al., 1990). A partir du rapport acide *trans*-caftarique sur glutathion, il a été constaté que le cépage Melon B est plus fortement oxydable que le Sauvignon B (Roland A., 2010).

En fonction des conditions de récolte des cépages blancs, il est possible de limiter les phénomènes d'oxydation. Des températures plus fraîches tendent par exemple à réduire la vitesse des réactions d'oxydation.

Pour des raisons de disponibilité, le prestataire de la machine à vendanger n'a pas pu récolter les parcelles de blancs tôt dans la matinée. Toutefois, bien que la récolte des blancs soit faite dans la journée, les risques d'oxydation restent limités. Le temps de contact des raisins avec le jus dans la benne à des températures élevées est réduit au vu de la durée de la récolte et de transport. Certains œnologues s'accordent également à dire que des moûts "trop" protégés de l'oxygène amènent à des vins plus sensibles à l'oxydation (Martinière et Sapis, 1967). La stabilisation de la couleur des vins blancs par oxydation des moûts a été constatée à travers les travaux de Cheyner et al. en 1990.

Piste d'amélioration : *Il serait intéressant l'an prochain de réaliser la récolte des blancs et des rosés tôt dans la matinée pour limiter les phénomènes d'oxydation.*

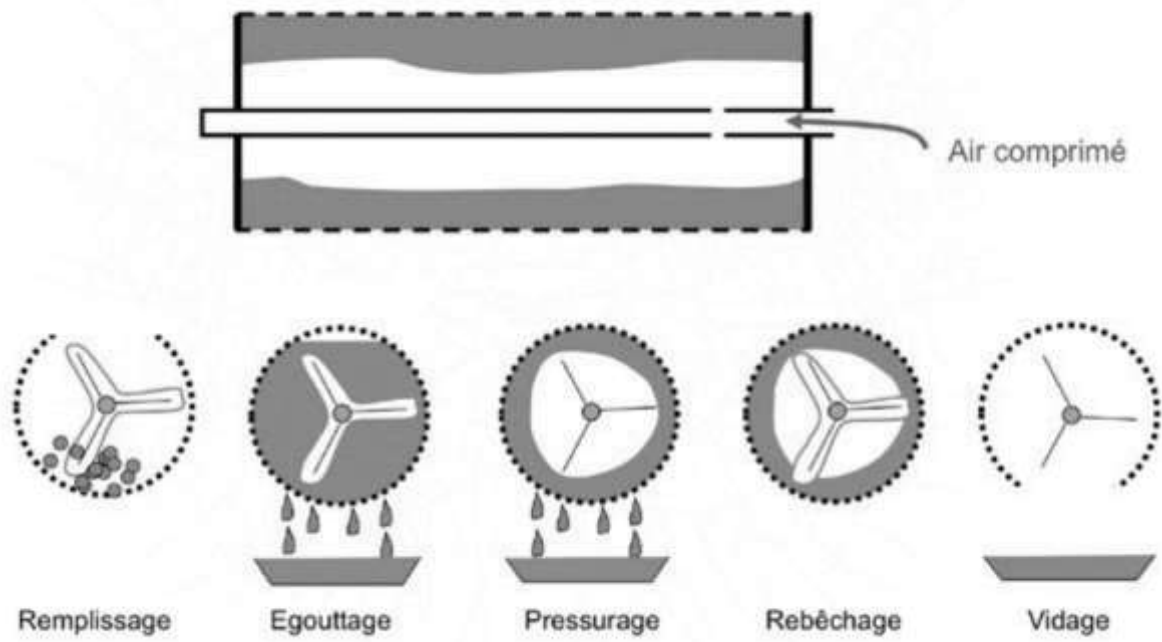


Figure 17: Les différentes étapes d'un pressurage (<https://www.changins.ch>)

II.2.4 Les vinifications

II.2.4.1 Vinification en blanc

Les vendanges ont débuté avec la récolte des blancs dont les parcelles de Viognier et de Grenache blanc le 24 Août avec un titre alcoométrique potentiel (TAP) avoisinant les 12,5 % vol. Une fois la vendange ramassée, elle est transportée directement vers le lieu de vinification, plus précisément au niveau du pressoir situé à l'extérieur.

- **Le pressurage**

La première opération réalisée sur la vendange en blanc consiste en un pressurage. Celle-ci allie des objectifs à la fois quantitatifs (assèchement des marcs) et qualitatifs. Les critères qualitatifs consistent en l'obtention d'une vendange ayant subi le moins de trituration et d'oxydation possible (Claude Gros et Stéphane Yerle, 2011). Limiter la trituration est un moyen de réduire l'extraction des tanins et l'apparition de notes végétales dans le jus. Le pressurage se décompose en plusieurs étapes. Il commence par le remplissage, s'ensuit par un égouttage statique et dynamique pour finir par le lancement du programme de pressurage avec des montées en pression (Figure 17). Le remplissage du pressoir pneumatique se fait par la porte et les drains fermés ce qui tend à limiter les phénomènes de percolation, lesquels engendrent un lessivage et une extraction plus importante des polyphénols (Claude Gros et Stéphane Yerle, 2011). Une fois le pressoir complètement rempli, la phase d'égouttage commence, les jus libres s'écoulent sans montée en pression. Des rotations peuvent être réalisées pour décolmater les drains avec à la fin un retour en position drains en bas. Cette opération est répétée jusqu'à ce que l'écoulement des jus libres ne soit plus suffisant. Un égouttage mal réalisé tend à allonger la durée de pressurage et influence le rendement en jus final (Bucher Vaslin). Il est considéré que plus de 50% des jus sont extraits au cours des phases de remplissage et d'égouttage. Le programme de pressurage est ensuite enclenché. Les montées en pression sont effectuées progressivement avec des paliers à 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4 et 1.8 bars. La membrane est dégonflée entre chaque palier. A partir de 1.2 à 1.8 bars, les jus présentent un changement de qualité avec une augmentation de la teneur en tanins et en potassium (Claude Gros et Stéphane Yerle, 2011). Au total, le cycle de pressurage dure 2 heures et se termine par l'assèchement du marc. Le pressurage d'une vendange mécanique présente l'inconvénient du manque de support physique des rafles qui améliore l'écoulement et la clarification du jus (De Faria Baricelli, 2019). Elle possède néanmoins une meilleure capacité d'exploitation du volume utile du pressoir.

Au cours de l'opération de pressurage, un ajout de 2 g/hL d'enzymes pectolytiques (Extasym Crystal® de chez Soufflet Vigne) est réalisé directement dans la maie. Ces enzymes disposent d'une forte activité pectinase pour la clarification des moûts blancs, rosés et vins rouges de presse. Elles viennent compléter l'activité pectinase naturelle du raisin, accélérant ainsi la clarification des moûts par diminution de leur viscosité (Canal-Llaubères, 1993). Le produit utilisé est ici garanti exempt d'activité cinnamates estérases, ce qui permet de limiter la formation de vinyl-phénol par la levure. Leur utilisation favorise l'extraction des composés phénoliques (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Elles permettent d'obtenir jusqu'à 15 % de volume supplémentaire de moût (Canal-Llaubères, 1993).

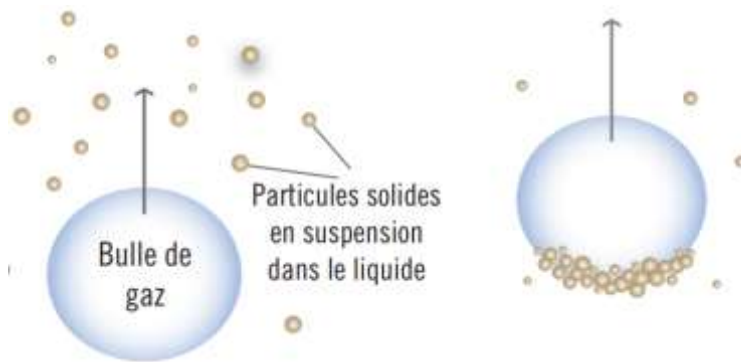


Figure 19: Principe de la flottation (<http://oenotec.fr>)

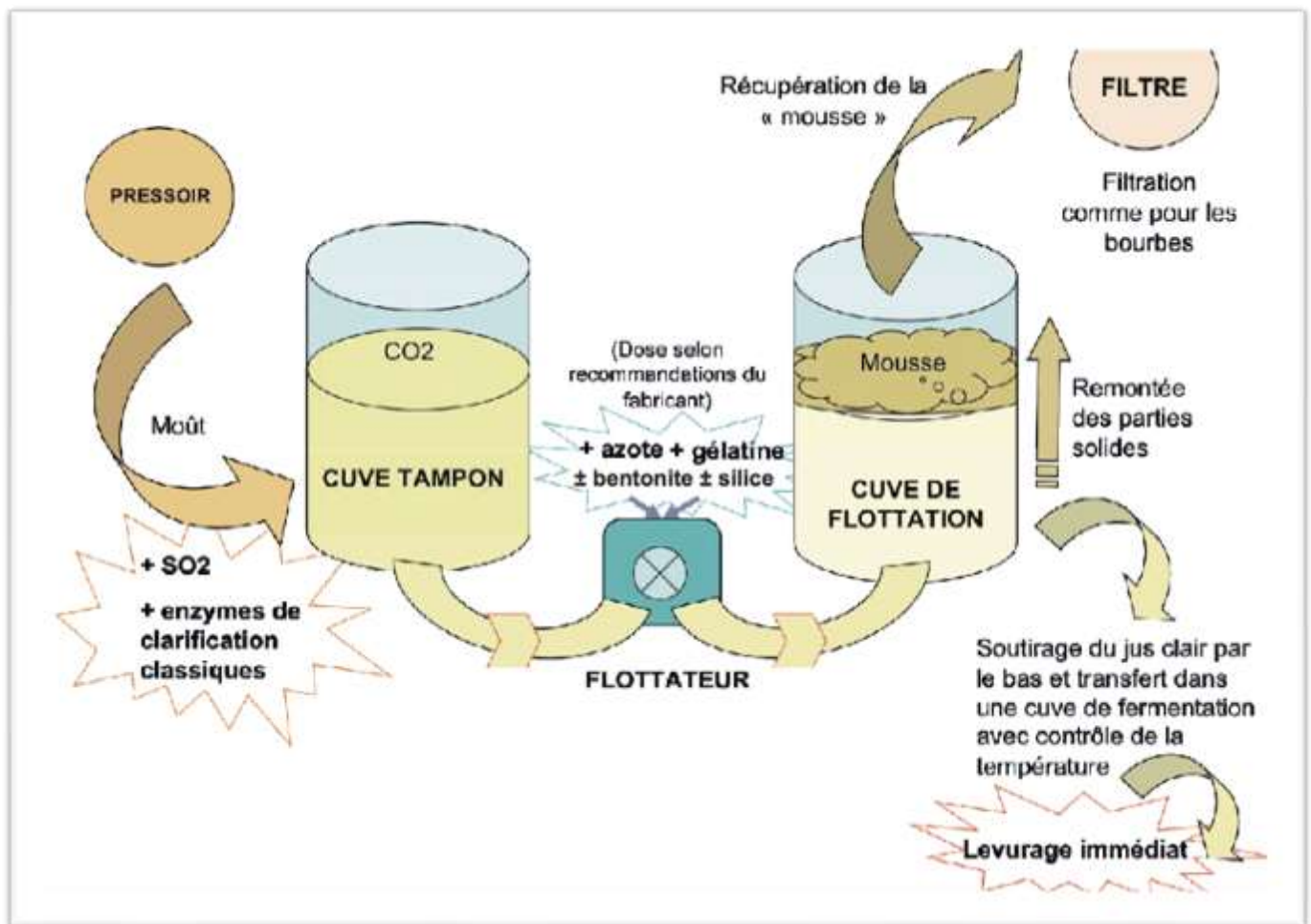


Figure 18: Mise en œuvre de la flottation en œnologie (Laboratoire Natoli & associés)

Une fois le pressurage terminé, le volume final de la récolte des parcelles de Viognier et de Grenache blanc atteint 12 hL. Le moût est ensuite transféré à l'aide d'une pompe à rotor dans la cuve 11 de 80 hL pour l'opération de flottation.

Piste d'amélioration : *Le volume actuellement produit ne permet pas de séparer les premiers jus et les jus de fin de presse au cours du pressurage. Si ce volume tend à augmenter dans les années à venir, il pourrait être intéressant de séparer les jus de manière à les vinifier différemment. Un travail sur les jus de fin de presse pourra alors être envisagé avec l'emploi d'une levure différente et d'un collage plus poussé.*

- **La flottation**

Le jus issu du pressurage est soumis à de la flottation. Il s'agit d'une méthode physique de clarification des moûts précédant l'étape de fermentation. L'objectif est l'élimination des bourbes contenant des particules diverses (terre, fragments de pellicules et de rafles, métaux lourds, ...). Cette opération limite la teneur en alcools en C6 responsables d'arômes herbacés (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Elle réduit aussi la fraction lipidique pouvant être à l'origine d'une formation accrue de méthionol, un composé soufré. Un vin issu d'un moût mal clarifié (supérieure à 250 NTU) présente à la dégustation une odeur désagréable de chou cuit (caractéristique du méthionol) pouvant aller jusqu'à des défauts de réduction marqués (présence de méthanthiol) (Lavigne, 1996). A l'inverse, si la clarification est trop poussée, elle conduit à un appauvrissement du moût pouvant entraîner un ralentissement voire un arrêt de la fermentation. En effet, les bourbes fournissent aux levures des éléments nutritionnels et absorbent certains métabolites inhibiteurs grâce à leur contenu lipidique. Les acides gras insaturés à longues chaînes sont incorporés dans la membrane de la levure et améliorent ainsi les systèmes de transport des sucres et des acides aminés (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Le contenu lipidique hydrophobe des bourbes est capable d'adsorber des acides gras toxiques en C8 et C10 libérés au cours de la fermentation alcoolique (Olivier et al., 1987).

La flottation est une alternative à un débouillage classique (sédimentation ou débouillage statique). Il s'agit d'une méthode moins coûteuse en énergie en raison de sa rapidité et des températures de fonctionnement (1 à 3 h, à 18-22 °C contre 24 à 48 h, à 5-10 °C pour un débouillage statique). Son principe repose sur l'entraînement des particules solides en suspension constituant le trouble. Celles-ci sont rendues moins denses que le liquide par enrobage de gaz (Figure 18). Le moût à clarifier est saturé en gaz sous pression de 5 à 7 bars à l'aide d'un saturateur (Figure 19). La détente brusque à la pression atmosphérique engendre la formation de bulles microscopiques qui vont alors entraîner vers le haut de la cuve les particules solides en suspension. Cette technique nécessite l'achat d'une pompe de flottation et d'un minimum de rigueur pour être réalisé à bien.

Pour cette étape de saturation, le domaine du Clos Isidore utilise l'azote comme gaz. Les particules solides vont ensuite flocculer par addition de coadjuvants flocculants tel que de la gélatine liquide à 5 cL/hL (Gecoll® de chez Laffort). Cet ajout de gélatine favorise la formation de flocculats moins denses que le moût qui remontent plus facilement en surface. Ce mélange forme ensuite une mousse compacte à la surface de la cuve contenant les résidus bourbeux.

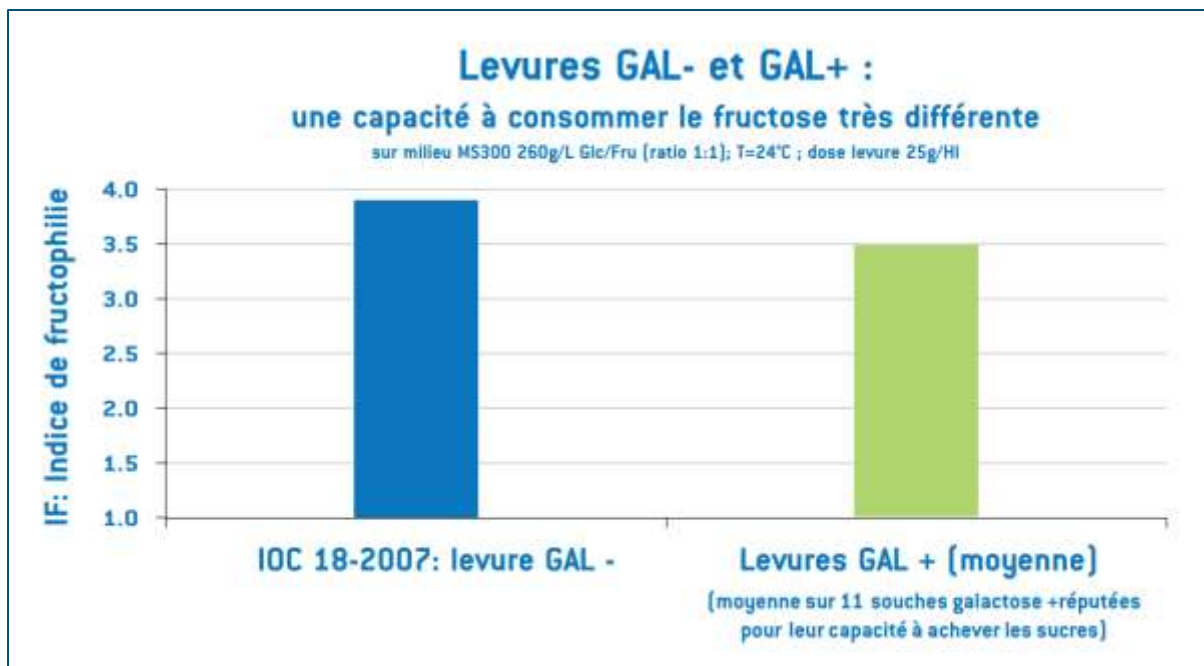


Figure 20: Affinité de l'IOC 18-2007 avec le fructose (<https://ioc.eu.com>)

Cette technique nécessite un matériel adapté avec une pompe suffisamment dimensionnée pour permettre la pressurisation du moût. La pompe de flottation utilisée ici est de 100 hL/h.

Une fois la détente réalisée, les bourbes sont éliminées par un soutirage du moût clarifié par le bas de la cuve (Figure 19). Compte tenu de ce faible volume de bourbe, ces dernières ne sont pas filtrées après flottation contrairement à ce qui est présenté figure 19.

Le moût clarifié est transféré dans la cuve n°4 d'une capacité de 40 hL pour l'étape de fermentation. Il atteint un volume de 10 hL.

- **Levurage**

Après flottation, le moût clarifié est tout de suite levuré à 20 g/hL de levures sèches actives (LSA) IOC 18-2007 de chez IOC (Institut Œnologique de Champagne). L'opération de levurage est vivement conseillée sur les moûts de blanc et rosé. La clarification s'accompagne d'un certain "délevurage" du moût (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). La fermentation spontanée peut alors être languissante par manque d'inoculum. S'ajoute à cela, le fait que peu de levures sauvages ont la capacité de fermenter des moûts clarifiés (entre 100 et 200 NTU), contenant plus de 200 g/L de sucre sans production anormale d'acidité volatile au cours de la fermentation alcoolique (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

La souche IOC 18-2007 est une *Saccharomyces cerevisiae galactose* possédant une forte résistance à l'alcool (jusqu'à 15 % vol. d'éthanol). Sélectionnée à partir des levures indigènes de prise de mousse en Champagne, elle s'adapte bien à des pH bas, aux basses températures et ses besoins en azote sont considérés comme plutôt faibles (IOC). Elle possède également un facteur killer K2 qui facilite son implantation dans le milieu. Plusieurs levures indigènes étant des souches killers (Rosini et al., 1982), le caractère killer est un critère de sélection des souches œnologiques (LSA). Cette caractéristique facilite ainsi la bonne implantation d'une levure sélectionnée dans le moût. La levure IOC 18-2007 permet une fermentation alcoolique complète des sucres tout en limitant la production d'acidité volatile.

La principale caractéristique de cette levure est son affinité avec le fructose. Au cours de la fermentation alcoolique, les levures transforment le glucose et le fructose du moût en alcool. Généralement, les levures présentent une affinité plus importante pour le glucose que pour le fructose, ce qui les amène à consommer plus facilement le glucose. Les teneurs en fructose initialement identiques à celles du glucose au sein des raisins se retrouvent plus importantes en fin de fermentation. Néanmoins les niveaux de préférence différents en fonction des levures. Pour *Saccharomyces cerevisiae galactose* l'écart de consommation entre les deux sucres est plus resserré, elles tendent ainsi à moins délaisser le fructose au profit du glucose (IOC, Figure 20). Cette amélioration de l'affinité pour le fructose semble être le fruit d'une mutation au niveau de l'expression d'un transporteur d'hexose (Guillaume et al., 2007 ; Galeote et al., 2010)).

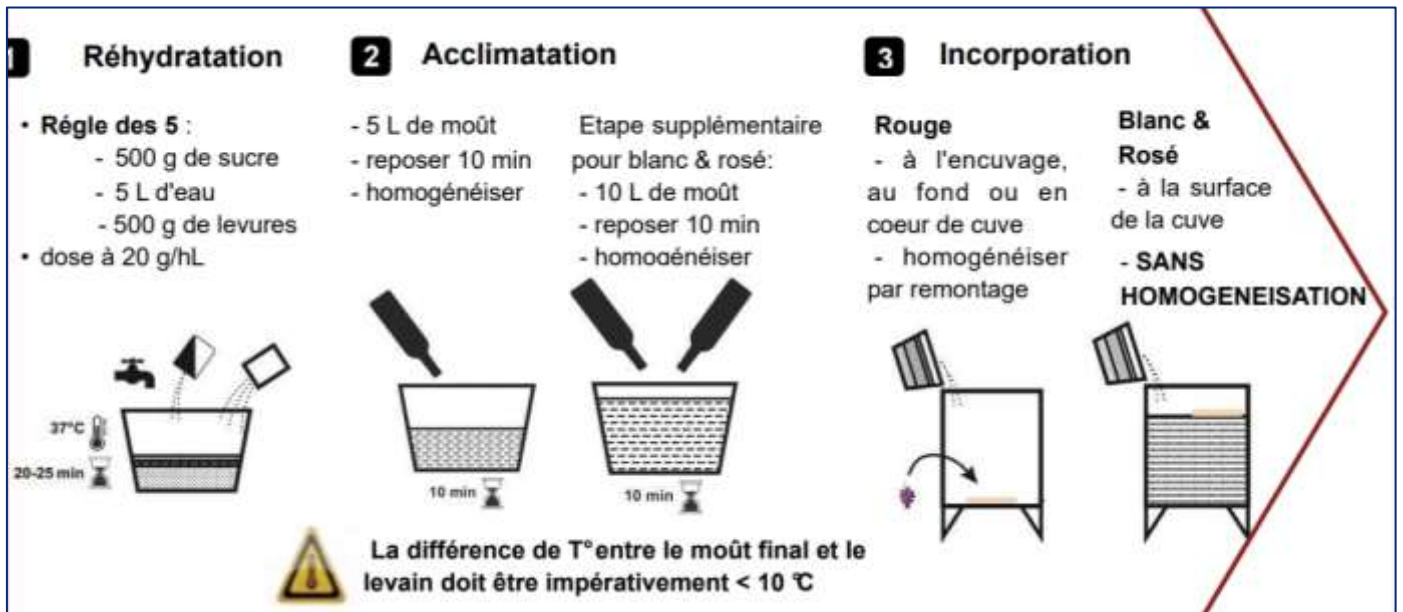


Figure 21: Protocole de levurage (Laboratoire Natoli & associés)

L'utilisation de levures sèches actives nécessite très souvent des opérations de réhydratation et d'acclimatation avant ensemencement au sein de la cuve (Figure 21) :

- L'étape de réhydratation consiste à ajouter en proportion 500 g de sucre dans 5 L d'eau à 37 °C pour 500 g de levures et d'attendre 20 à 30 minutes. Il est important de ne pas dépasser 45 minutes pour éviter le risque d'un épuisement du milieu en sucre.
- L'étape d'acclimatation est importante si la différence de température entre le moût et le milieu de réhydratation dépasse 10 °C. Dans ce cas, il est préférable d'ajouter un volume de moût identique à celui du milieu de réhydratation de manière à atteindre une température entre le moût et le levain inférieure à 10 °C.
- Après ces opérations, l'ensemencement de la cuve de blanc avec le milieu de réhydratation s'effectue à la surface sans obligatoirement homogénéiser.

La fermentation s'est enclenchée peu après l'opération de levurage réalisé. Un échantillon de moût a été prélevé le 25 août pour être analysé au laboratoire Natoli & associés.

- **Correction du moût et suivi du début de la fermentation alcoolique**

La fermentation de la cuve de Viognier/Grenache blanc démarre doucement, la température initiale est maintenue autour de 20 °C de manière à assurer des conditions propices aux développements des levures. Une fois la fermentation lancée, la température est maintenue entre 17 et 18 °C. Des drapeaux sont immergés dans la cuve n° 4 et sont reliés par un réseau hydraulique au groupe de froid. Le maintien de la température aux alentours de 18 °C est favorable à l'obtention de thiols variétaux et tend à limiter la production d'esters (vignevin-occitanie.com). La fermentation des vins blancs se différencie de celle des rouges par sa durée, elle est plus lente et plus longue. La gestion des températures est donc un élément clé. Des températures trop élevées tendent à accélérer les réactions fermentaires et peuvent entraîner des arrêts de fermentation si elles dépassent les 30 °C (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

Le suivi de la fermentation est permis par des mesures de densité et de température quotidienne. L'avancée de la fermentation se caractérise par une diminution de la densité du moût. Cette perte de densité s'explique par une différence de masse volumique, celle des sucres étant inférieure à celle de l'alcool. Dans le cas de la cuve n° 4, la masse volumique de départ est de l'ordre de 1093 g/L. L'analyse œnologique de l'échantillon prélevé le 25 août indique un taux d'alcool probable de 12,5 % vol. d'éthanol. Le moût présente une acidité totale de 4,35 g d'H₂SO₄/L et un pH de 3,27. Ces paramètres répondent aux attentes du domaine qui cherche un profil sur la fraîcheur, avec un équilibre porté sur l'acidité. Ces premiers résultats sont à interpréter avec précaution. En début de fermentation, l'homogénéisation de la cuve n'est parfois pas totale.

Une fois la fermentation démarrée, une aération est réalisée vers 1075 g/L de masse volumique pour la cuve n°4. Un ajout de phosphate diammonique (DAP de chez Laffort) à 20 g/hL est effectué au cours de ce remontage à l'air, associé à un ajout de caséine à 30 g/hL de caséinate de potassium. Un point de vigilance est à avoir concernant le DAP, ce produit n'étant pas autorisé dans la réglementation NOP (National Organic Program) qui est le label agriculture biologique aux Etats-Unis. En cas de commercialisation aux USA, ce vin ne pourra donc pas être revendiqué NOP.

AERER

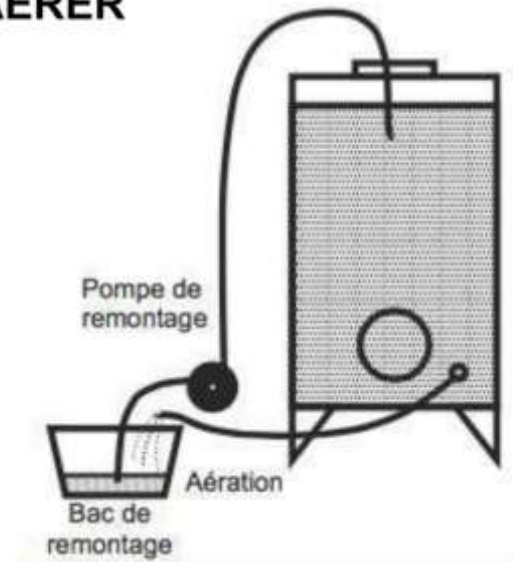


Figure 22: Opération de remontage à l'air (Laboratoire Natoli & associés)

Malgré la sensibilité des blancs aux phénomènes d'oxydation, l'aération à une densité proche de 1,080 joue un rôle clé dans le maintien du bon fonctionnement métabolique des levures. Le remontage à l'air est effectué au moment où la fermentation est bien enclenchée (perte de 20 points de densité) pour profiter du dégagement en dioxyde de carbone issu de la fermentation. L'atmosphère de la cuve est ainsi saturée par ce gaz qui joue un rôle de protection contre les phénomènes d'oxydation. Néanmoins les levures ont besoin d'oxygène pour la biosynthèse des acides gras insaturés et des stérols. L'oxygénation favorise la synthèse de ces constituants par la levure et améliore ainsi la perméabilité des membranes cellulaires, par conséquent la pénétration des glucides (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Des travaux ont montré l'importance d'une oxygénation en phase de croissance de la population levurienne (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Celle-ci améliore l'accélération de la fermentation et permet la transformation totale des sucres. Cette opération est réalisée une seule fois sur la cuve n° 4, le jus s'enrichit en oxygène en s'écoulant par la vanne du bas jusque dans un bac (Figure 22). Il est ensuite renvoyé par le haut de la cuve à l'aide d'une pompe à rotor. Le remontage à l'air s'arrête une fois que la totalité du volume de moût soit remontée. En fonction du volume de jus et du débit de la pompe, un temps de remontage est estimé.

Cette aération est très souvent combinée à un apport d'azote, sous forme de phosphate diammonique dans notre cas. Cette double intervention est plus efficace sur la cinétique de la fermentation qu'une simple aération et permettrait d'éviter un arrêt de fermentation (Sablayrolles et Blateyron, 2001).

L'apport d'oxygène a un effet notable sur l'utilisation de l'azote par la levure (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)), ce phénomène est probablement lié à la formation de stérols. L'addition d'azote a une efficacité maximale lorsqu'elle est réalisée au moment d'une aération (Sablayrolles et Blateyron, 2001). Les quantités d'azote assimilées par la levure sont également dépendantes de la température et sont ainsi plus importantes à 20 °C qu'à 15 °C (Henschke et Jiranek, 1992). L'ajout de phosphate diammonique contribue à soutenir le développement des levures et leurs activités pendant la fermentation alcoolique. La réglementation de l'Union Européenne autorise actuellement l'addition de 100 g/hL de phosphate diammonique. Un ajout de 20 g/hL de ce produit apporte 42 mg/L d'azote assimilable. De plus, compte tenu de l'apport d'un anion, l'addition d'azote au moût sous cette forme se traduit par une augmentation de l'acidité qui peut atteindre, pour 10 g/hL de sel diammonique, 0,35 g d' H_2SO_4 /hL soit 0,52 g/L en acide tartrique (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). On considère qu'un ajout de sel diammonique est souvent nécessaire si la teneur en azote assimilable du moût (azote ammoniacal et azote aminé libre) est inférieure à 140 mg/L (Bely et al., 1990). En-dessous de cette valeur, la fermentation alcoolique peut être difficile et devenir languissante voire même s'arrêter. Au cours du remontage à l'air, l'ajout de 20 g/hL de phosphate diammonique est souvent introduit progressivement dans le bac où s'écoule le jus.

La caséine est une hétéroprotéine contenant du phosphore qui est obtenue par coagulation du lait écrémé (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Cette colle est un agent de traitement préventif ou curatif de l'oxydation des moûts et des vins blancs et rosés. Elle intervient ainsi sur leur couleur et leur saveur, elle a notamment une action curative vis-à-vis des brunissements des moûts.

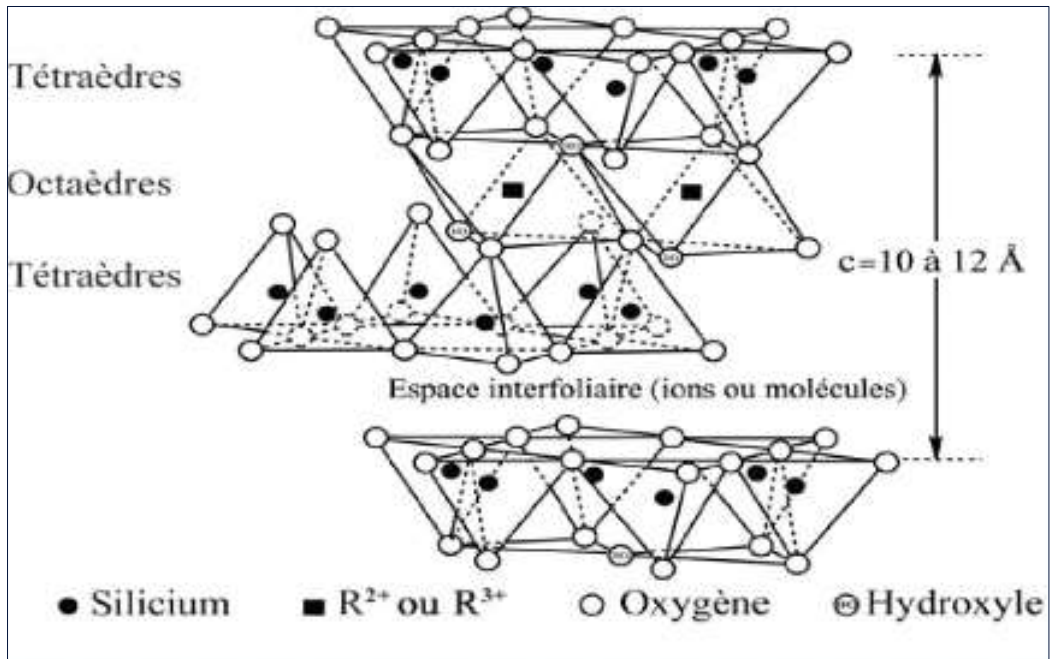


Figure 23: Structure en feuillet de Montmorillonite (<https://www.memoireonline.com>)

La présence de tanins est nécessaire pour la précipitation et la clarification des moûts (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). L'utilisation de caséine est délicate compte tenu de sa capacité à flocculer rapidement ; sa floculation intervient sous l'acidité du milieu. Une mauvaise répartition sur l'ensemble du moût tend ainsi à diminuer son efficacité. La caséine fait partie des substances classées comme allergènes, son utilisation est donc soumise à la réglementation européenne 579/2012. Cette dernière impose de mentionner sur l'étiquette des bouteilles la présence des produits allergènes utilisés lors de l'élaboration du vin. Une observation visuelle et une dégustation du moût de la cuve n° 4 ont aiguillé le choix de la colle et la dose à utiliser.

Un ajout de bentonite est réalisé le lendemain à 30 g/hL (Bento S Grains® de chez OenoFrance) de manière à déprotéiniser une première fois le vin au cours de la fermentation alcoolique. Les bentonites sont des silicates d'aluminium hydratés composés principalement de montmorillonite qui contiennent des cations échangeables (Figure 23). Mises en suspension, elles forment une dispersion colloïdale dont les particules chargées négativement ont la propriété de fixer les protéines qui, au pH du vin, sont chargées positivement (vignevin-occitanie.com). La bentonite sodique activée dispose d'un fort pouvoir déprotéinisant, destiné à la stabilisation et à la clarification des moûts et vins sur un large spectre de pH. Le traitement des moûts à la bentonite en début de fermentation permet d'éviter une manipulation supplémentaire du vin à un stade où il sera plus fragile. L'objectif est de diminuer la teneur en protéine du vin pour éviter des phénomènes de casse protéique. En cas d'instabilité protéique dans le vin, un trouble blanchâtre apparaît. Ce dernier est mal perçu par les consommateurs. Le temps de gonflement de la bentonite est d'une heure minimum. Celle utilisée au Clos Isidore nécessite une réhydratation avant d'être incorporée dans le moût : 24 heures pour son effet déprotéinisant, sinon quelques heures pour un simple collage. Une surveillance est à avoir sur cette bentonite qui n'est pas autorisée en NOP (National Organic Program).

Piste d'amélioration : *Il serait intéressant de réaliser des analyses œnologiques du moût avant fermentation de manière à doser l'azote minéral et organique. Cette mesure permettrait de corriger plus précisément les teneurs en azote des moûts en fonction des besoins et d'adapter la forme à utiliser (organique et/ou minéral).*

Le moût de la cuve n° 4 est assemblé avec celui du Vermentino (cuve n° 6), moins avancé dans sa fermentation. Les opérations de pressurage, flottation, levurage, remontage à l'air avec ajout de phosphate diammonique ont également été réalisées sur le Vermentino avant son assemblage.

- **Entonnage et poursuite de la fermentation**

Une partie du volume de l'assemblage de ces deux cuves (n° 4 et n° 6) a été prélevée, à une densité proche de 1,05 pour être entonnée dans deux barriques. Un creux d'environ 10 % est laissé dans la barrique de manière à prévenir les risques de débordement de mousse pendant la fermentation (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

Le jus et les composés du bois se retrouvent en contact. La poursuite de la vinification en barrique favorise l'intégration du bois dans le vin et permet ainsi de fondre et tempérer son expression (larvf.com).

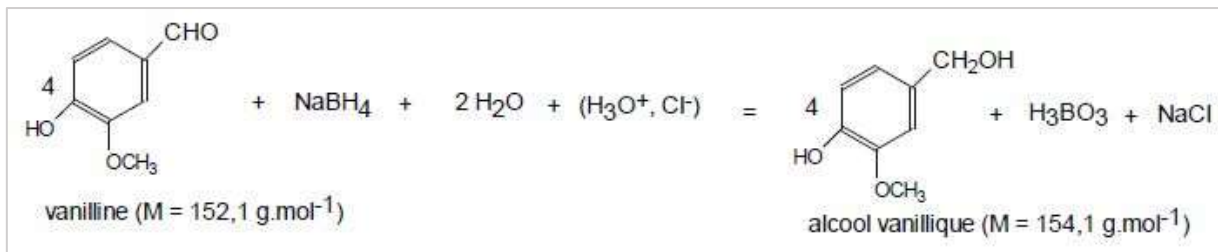


Figure 24: Réduction de la vanilline en alcool vanillique (<https://www.chimix.com>)

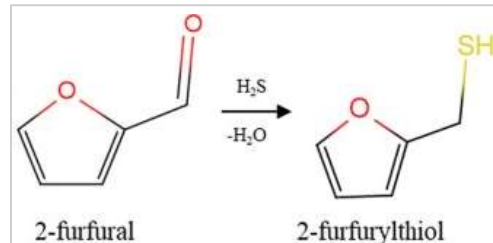


Figure 25: Formation du furfurylthiol à partir du furfural (Lui et al., 2021)

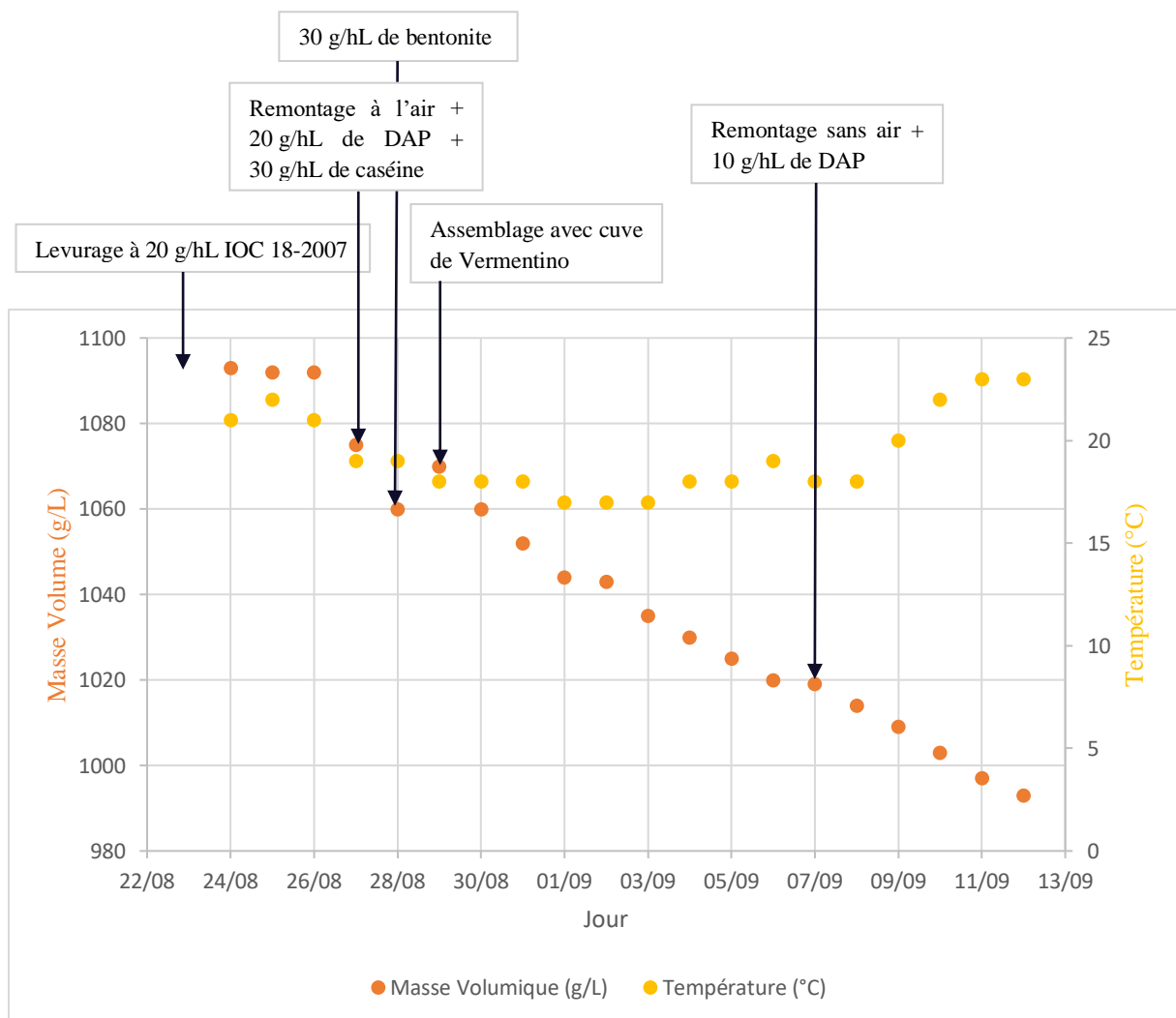


Figure 26: Courbe de fermentation de la cuve de blanc

L'arôme boisé d'un vin fermenté en barrique est plus fondu que celui élevé après fermentation. Les levures sont amenées à consommer certains composés du bois pendant la fermentation. Elles réduisent ainsi la vanilline en alcool vanillique (presque inodore, Figure 24), et les aldéhydes furaniques en alcool. A l'inverse, les levures peuvent former des composés aromatiques tel que le furfurylthiol (FFT, Figure 25) transformé à partir du furfural libéré par le bois (Blanchard et al., 2001). Ce composé aromatique est connu pour son arôme de café torréfié. Les vins fermentés dans des barriques neuves contiennent des quantités plus importantes de furfurylthiol (Blanchard et al., 2001). La présence de lies diminue également le caractère boisé, le rend plus fondu (Chatonnet et al., 1992). Les levures continuent de fixer et transformer des constituants libérés au fur et à mesure par le bois.

La cuve n° 4 étant concernée par cet entonnage, le traitement à la bentonite n'aurait pas dû être réalisé sur celle-ci. Le maintien du vin pendant plusieurs mois sur dépôt de bentonite, avec remise en suspension par bâtonnage des lies, tend à réduire les caractères organoleptiques des vins (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). De plus, l'élevage sur lies s'accompagne d'une stabilisation naturelle du vin vis-à-vis des précipitations protéiques. L'autolyse des levures libère progressivement dans le vin différentes mannoprotéines responsables de la casse protéique. La conservation de vin blanc sur lies permet ainsi de diminuer d'un facteur deux à quatre, la dose de bentonite nécessaire à sa stabilisation (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

Les conséquences organoleptiques sur le vin entonné semblent ici limitées. Les doses utilisées restent modérées et l'assemblage avec la cuve de Vermentino (non traité à la bentonite) réduit d'autant plus cette dose. S'ajoute à ces éléments le mode de prélèvement au moment de l'entonnage (vanne du haut de la cuve n° 4). La bentonite est connue comme étant une colle lourde qui chute facilement au fond des cuves (IFV Occitanie). L'utilisation de la vanne du haut limite le prélèvement de bentonite qui malgré l'activité fermentaire tend à se déposer au fond. L'ajout de bentonite avant entonnage est à éviter pour préserver les meilleures conditions d'élevage des vins en fûts.

Le volume non entonné poursuit sa fermentation dans la cuve n° 4. Cette dernière présente un léger ralentissement vers 1,020 de densité en perdant moins de 5 points de densité par jour (Figure 26). A ce stade, un ajout de phosphate diammonique a été réalisé à 10 g/hL. Il a pour but d'accompagner les levures jusqu'à la consommation de la totalité des sucres. Cet apport est fait au cours d'un remontage sans air qui conduit à un brassage des lies de manière à remettre en suspension les éléments favorables aux métabolismes des levures. Une fois la masse volumique passée en dessous de 1010, le froid est coupé pour favoriser l'activité fermentaire.

Quand la masse volumique ne diminue plus et se stabilise aux alentours de 993 g/L, une analyse œnologique est réalisée pour valider l'absence de sucres au sein du vin (< 1 mg/L). Une fois la fermentation alcoolique achevée, le chapeau flottant de la cuve est fermé peu après pour protéger le vin de l'air et des risques d'oxydation. Le haut de la cuve ne bénéficie plus du rôle protecteur du dioxyde de carbone se dégageant pendant la fermentation alcoolique. Au moment de la fermeture hermétique, il est préférable d'attendre au moins un ou deux jours après fin de fermentation, de manière à ce que le dioxyde de carbone se soit dissipé. Une fermeture trop précoce peut entraîner des phénomènes de débordement du vin.

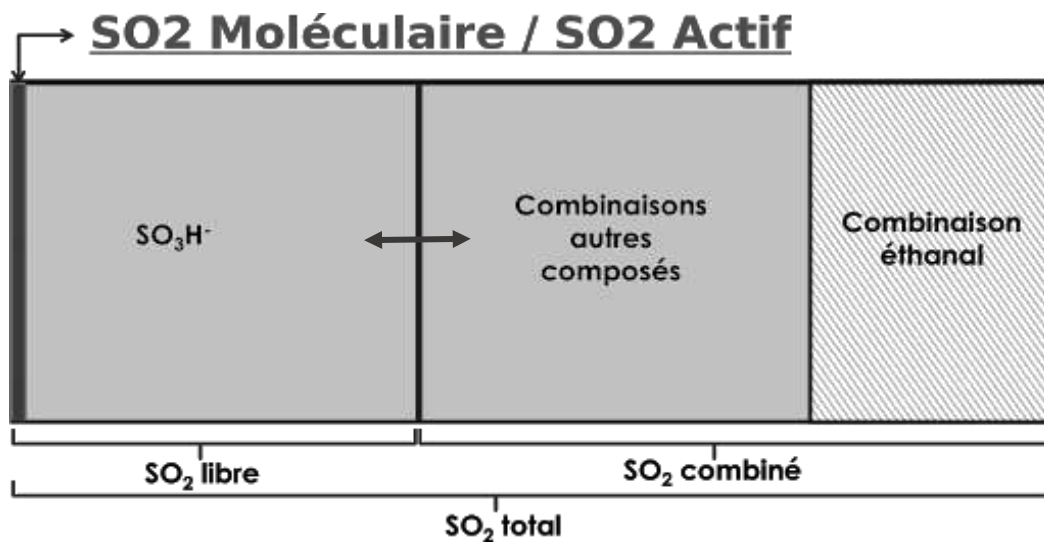


Figure 27: Schéma représentant les différents états du dioxyde de soufre dans le vin (<http://winehappened.eu>)

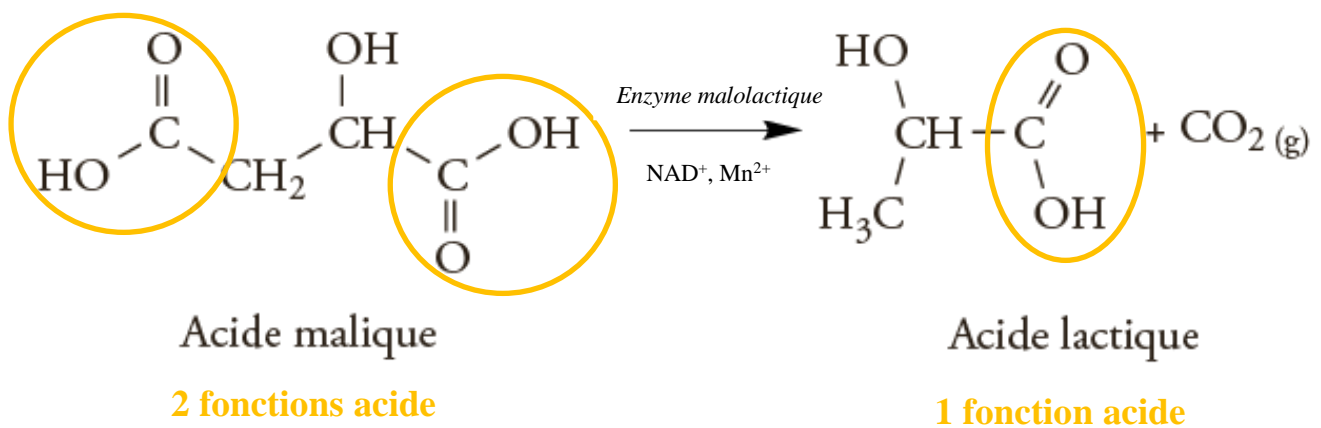


Figure 28: La fermentation malolactique des vins

Point de vigilance : *Le collage à la bentonite est à exclure pour les vins destinés à être élevés en barrique et/ou sur lies.*

La fermentation alcoolique s'est terminée le 12 septembre sur la cuve n° 4, elle a duré 20 jours.

- **Soutirage**

Une fois la fermentation alcoolique achevée sur la cuve n° 4, le processus d'autolyse des levures commence. Celles-ci vont peu à peu sédimenter et se déposer au fond des cuves, elles se retrouvent avec les lies. La fermentation malolactique n'étant pas souhaitée, un soutirage est réalisé 5 jours après la fin de la fermentation vers la cuve n° 11. Il est judicieux de réaliser cette opération quelques jours après la fin de la fermentation pour que les levures aient le temps de se déposer. Les lies restantes dans la cuve sont récupérées et conservées pour être envoyées à la distillerie.

Les résultats de l'analyse œnologique fournissent plusieurs renseignements qui permettent par la suite d'adapter les opérations à venir. Ils indiquent une teneur en alcool de 13,13 % vol., une acidité totale de 3,65 g d'H₂SO₄/L, un pH de 3,38, une acidité volatile de 0,09 g d'H₂SO₄/L et une teneur en éthanal total de 20 mg/L. Cette dernière donnée est intéressante dans le cadre du pilotage du sulfitage. L'éthanal dispose d'une forte affinité avec le dioxyde de soufre (SO₂) avec un taux de combinaison supérieur à 99 % (Figure 27). Il est estimé que 30 à 130 mg/L d'éthanal correspondent à des valeurs possibles combinées du SO₂ entre 44 et 190 mg/L. (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). L'éthanal principalement d'origine fermentaire doit donc être pris en compte au moment du sulfitage pour arriver à une teneur en SO₂ libre satisfaisante. Une teneur en éthanal plus élevée peut amener à réévaluer la teneur en SO₂ nécessaire pour protéger au mieux le vin.

Un sulfitage à 4 g/hL de SO₂ sous forme liquide est réalisé au moment du soutirage de manière à protéger le vin contre l'oxydation et le développement des micro-organismes. Cet ajout de SO₂ bloque le développement des bactéries lactiques et inhibe ainsi la fermentation malolactique. Le dioxyde de soufre sous sa forme libre (Figure 27) montre le plus d'efficacité vis-à-vis des propriétés œnologiques (antioxydant, anti oxydasique, antiseptique). La fraction la plus active du SO₂ libre est appelée SO₂ actif, il s'agit du SO₂ moléculaire (Figure 27). Ce dernier est fonction du pH, de la température et du degré alcoolique du vin (IFV Occitanie). Les bactéries lactiques présentent cependant une sensibilité au dioxyde de soufre à la fois sous sa forme libre mais également sous sa forme combinée. Dans certains vins, il est admis que des doses de SO₂ combinées de 80 à 120 mg/L peuvent rendre impossible la fermentation malolactique (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

La fermentation malolactique n'est pas souhaitée ici car l'objectif est de préserver l'acidité des vins. Cette fermentation consiste en la transformation de l'acide malique (acide fort) en acide lactique (acide faible) par les bactéries lactiques (Figure 28). Cette réaction tend ainsi à appauvrir l'acidité totale du vin.

Le vin de la cuve n°11 atteint un volume total de 18 hL après soutirage.

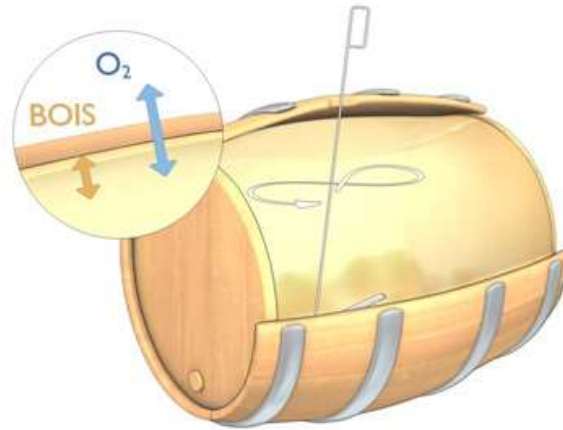


Figure 30: Brassage des lies dans un fût
 (<https://www.vins-bourgogne.fr>)

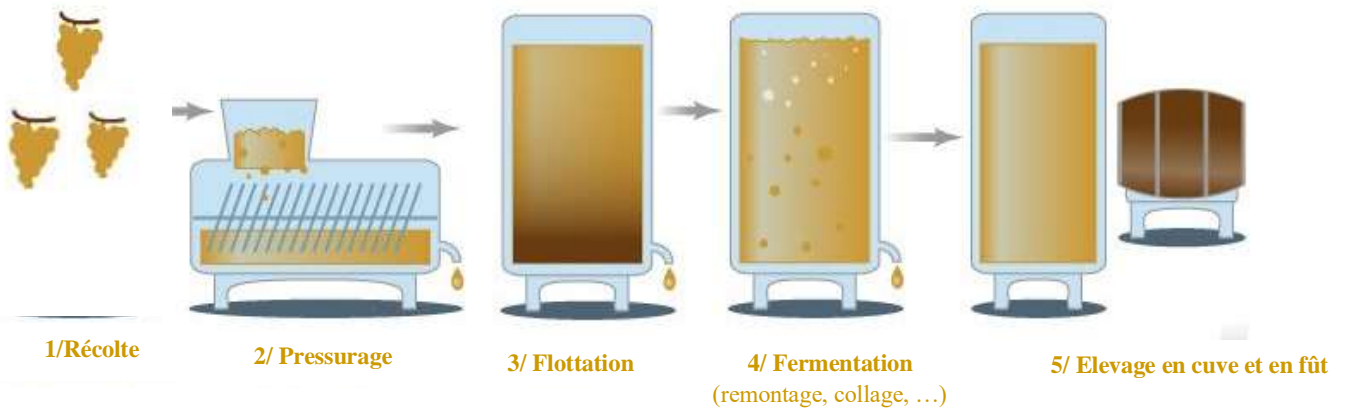


Figure 29 : Vinification en blanc au Clos Isidore
 (source image : <https://www.pinterest.fr>)

- **Elevage sur lies**

La fermentation des jus entonnés s'achève le 15 septembre, quelques jours après la cuve n° 4. Une fois la totalité des sucres consommés, un élevage sur lies débute et un bâtonnage est effectué tous les deux jours sur ces fûts de blanc.

Au cours de la fermentation alcoolique et principalement de l'élevage sur lies, les constituants macromoléculaires de la paroi des levures, particulièrement les mannoprotéines, sont libérés. Cette action est favorisée par la durée de contact, la température et l'agitation de la biomasse de levure (Llaubères et al., 1987). Le brassage des lies favorise la libération de ces molécules. Il permet également une homogénéisation du potentiel d'oxydo-réduction au sein du fût, le gradient étant décroissant de la surface du vin vers les lies. Il vise ainsi à protéger le vin de l'oxydation en bois neuf et à éviter sa réduction en bois plus âgé (Figure 29). Les fûts semblent perdre une partie de leurs propriétés oxydantes avec l'âge (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). L'oxygénation des vins élevés en fût intervient également par le trou de bonde des barriques ainsi qu'au moment de leur ouverture.

L'élevage sur lies présente plusieurs intérêts organoleptiques et de stabilisation des vins :

- Les polysaccharides libérés au cours de l'élevage des vins blancs sur lies sont capables de se combiner avec les composés phénoliques (Chatonnet et al., 1992). Ce phénomène permet d'expliquer la diminution de l'indice des polyphénols totaux et la couleur jaune du vin.
- Les lies limitent la teneur des vins en tanins ellagique issus du bois de chêne. Une partie se fixe directement sur les parois de levure et sur les polysaccharides libérés par les lies (Chatonnet et al., 1992).
- Elles cèdent des substances réductrices qui limitent les phénomènes oxydatifs subis dans le bois.
- Elles montrent une stabilisation naturelle du vin vis-à-vis des précipitations protéiques.

Au cours de l'élevage sur lies, l'opération de bâtonnage va peu à peu s'espacer dans le temps. En fonction des analyses et notamment de la teneur en éthanal, un sulfitage est réalisé de manière à éviter la fermentation malolactique. Les deux fûts sont ouillés régulièrement pour protéger le vin contre l'oxydation.

Le volume contenu dans chaque fût est de 2,25 hL soit un total de 4,5 hL.

La vinification du vin blanc au domaine du Clos Isidore se déroule en plusieurs grandes étapes (Figure 30). La fermentation est suivie avec attention par les vigneron qui réalisent les opérations nécessaires à son bon déroulement. Cette période de fermentation laisse place à celle consacrée à l'élevage du vin à la fois en cuve et en fûts.

Tableau 14.2 — Composés phénoliques, anthocyanes et couleur de différents types de vins rosés français (d'après Ribéreau-Gayon *et al.*, 1976).

	Indice de composés phénoliques totaux	Anthocyanes (mg·L ⁻¹)	Tanins (mg·L ⁻¹)	Intensité colorante *	Teinte **	Rapport tanins/anthocyanes
Anjou				0,10-2,00	0,50-1,80	
Béarn	7-14	14-74	150-430	0,76-1,18		4,3-10,4
Bordeaux rosé	7-11	35-41	440-850	0,69-1,67		10,0-21,1
Bordeaux clairnet	10-14	115-160	720-800	1,05-1,50		5,3-6,3
Côtes de Provence (pressurage)	7-11	14-55	80-320	0,38-1,19	0,80-1,98	5,6-15,8
Côtes de Provence (saignée)	7-15	11-62	63-270	0,51-1,76	0,58-1,62	2,1-7,8
Midi (pressurage)	10-14	13-35	180-320	0,63-1,19	0,80-1,17	5,6-15,8

* DO 420 + DO 520 sous 1 mm d'épaisseur.

** DO 420/DO 520 sous 1 mm d'épaisseur.

II.2.4.2 Vinification en rosé

Les vendanges se sont poursuivies par la récolte de quelques parcelles de syrah et de grenache pour la production de rosé. Celles-ci se sont effectuées en plusieurs fois, une première récolte mécanique a été réalisée le 31 août suivie d'une deuxième le 1^{er} septembre et une dernière le 4 septembre. Ces vendanges étalées dans le temps répondent aux exigences des maturités (Titre Alcoométrique Potentiel, TAP, entre 12,5 et 13 % vol.) et de la disponibilité du prestataire de service possédant la machine à vendanger.

- **Pressurage**

La méthode de vinification de vins rosés choisie ici est un pressurage direct. Celle-ci permet une extraction moins poussée des anthocyanes entre 7 et 50 mg/L contre 100 mg/L pour des vins obtenus par saignés après courte macération (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a), Figure 31). Tout comme pour la vinification en blanc, la première opération est un pressurage direct associé à un ajout dans la maie de 2 g/hL d'enzymes pectolytiques. Le programme de pressurage du rosé est identique à celui du blanc.

Au cours de cette opération, les jus présentaient une oxydation, un ajout de 100 g/hL de charbon a donc été réalisé directement dans la maie. L'emploi du charbon est reconnu pour ses propriétés adsorbantes vis-à-vis des colloïdes contenus dans le jus. Il agit notamment sur les tanins, les colorants et les protéines. Il est adapté à l'élimination des mauvaises odeurs, à la décoloration des vins blancs tachés ou des jus oxydés. Leur emploi est autorisé par la réglementation européenne à des doses inférieures à 100 g/hL. Son utilisation est en revanche interdite pour décolorer.

Après pressurage, la vendange du 31 août atteint un volume de 16 hL et celle du 1^{er} septembre 35 hL. Le jus est transféré dans la cuve n° 11 pour l'opération de flottation.

Piste d'amélioration : *Au cours du pressurage, l'élévation de la pression amène à une augmentation de l'extraction des composés phénoliques totaux (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Compte tenu de ce phénomène, il serait intéressant de séparer les premiers jus de presse des derniers de manière à garder des jus avec des extractions moins poussées, soit une couleur moins prononcée.*

- **Flottation**

Le jus issu de ce pressurage est clarifié par flottation de la même manière que les jus de blancs. Les moûts des différentes vendanges passent au fur et à mesure par l'étape de flottation puis sont assemblés ensemble dans la cuve n°10 (Figure 32). Ainsi, la seconde vendange du 1^{er} septembre vient compléter celle du 31 août déjà présente dans la cuve n°10. Pour finir, la troisième vendange du 4 septembre est introduite dans la cuve n°10 le jour même de sa récolte. Ces ajouts progressifs ne sont pas idéaux car ils tendent à perturber la fermentation. Ils permettent néanmoins de respecter la maturité des raisins et facilitent la gestion de la cuverie en pleine vinification.

Suite aux opérations de clarification, la vendange du 31 août atteint un volume de 15 hL, celle du 1^{er} septembre de 32,5 hL et celle du 4 de 18 hL, soit un total de 65,5 hL.

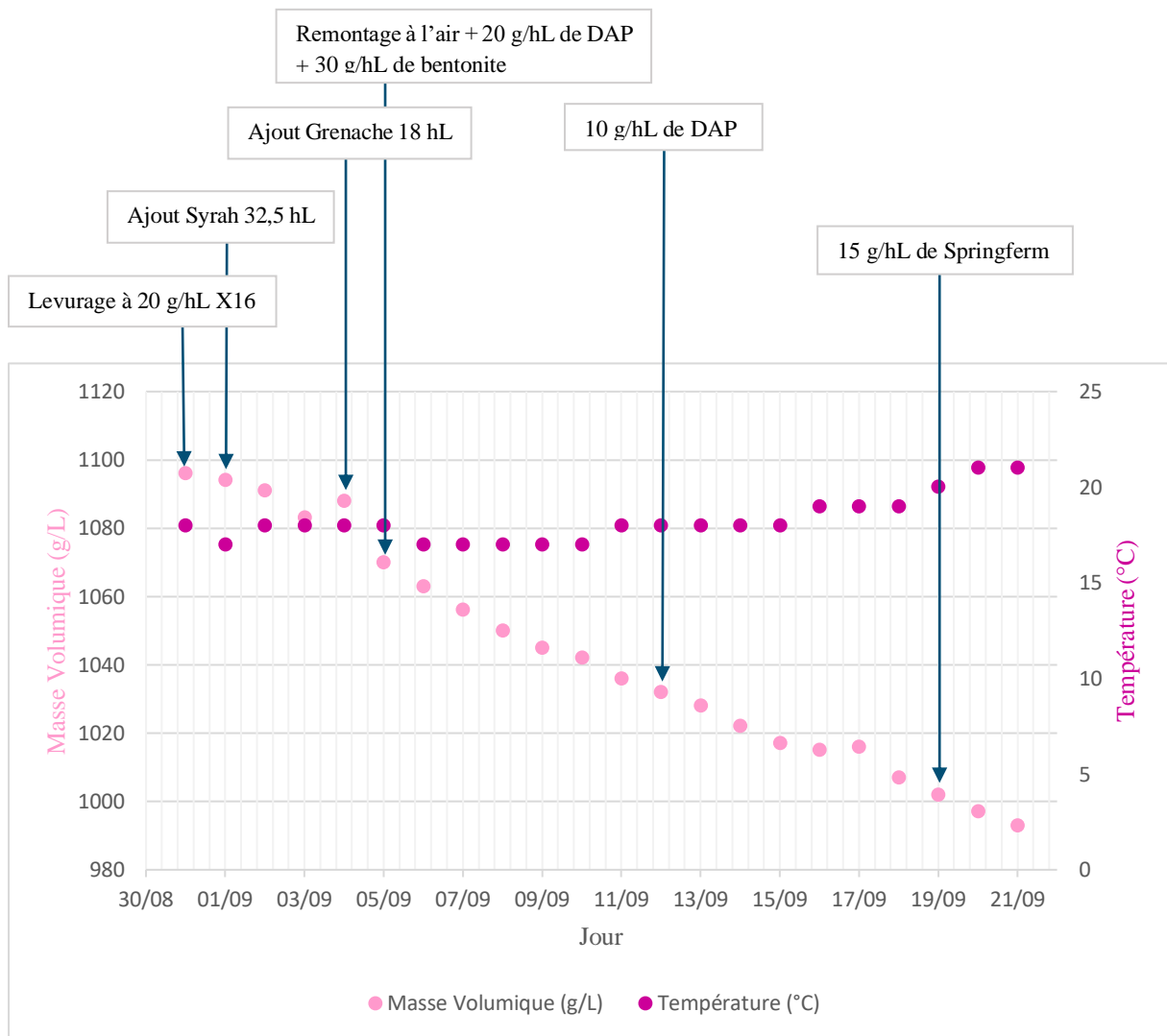


Figure 31: Courbe de fermentation de la cuve de rosé

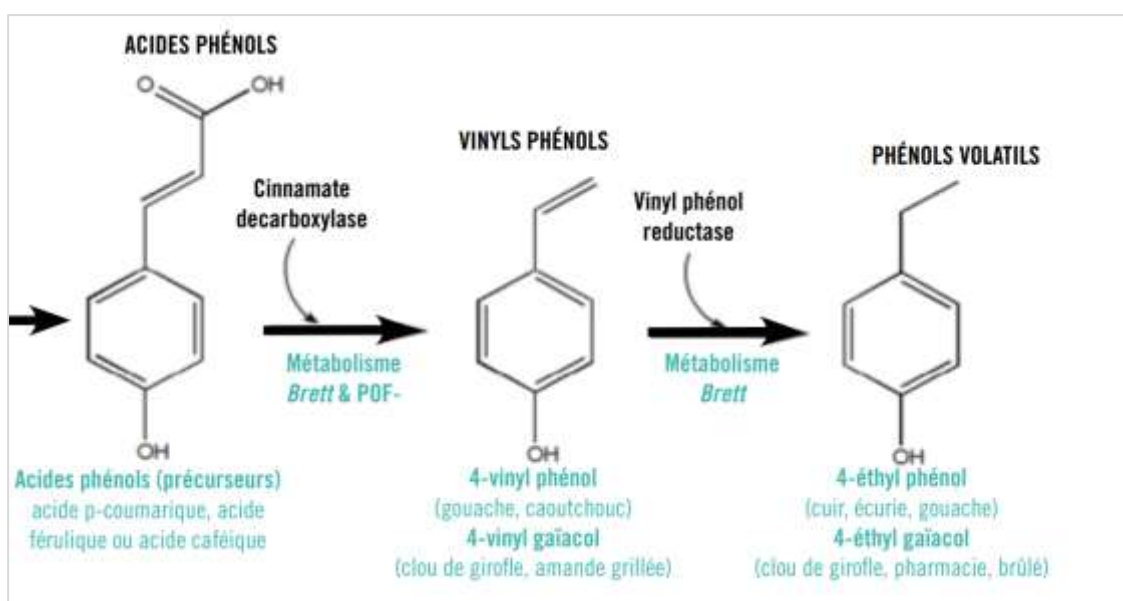


Figure 32: Formation de vinyl phénol par la cinnamate decarboxylase (<https://lamothe-abiet.com>)

- **Levurage**

Après clarification par flottation, le moût est directement levuré à 20 g/hL de levures sèches actives Zymaflore X16 (Laffort). Cette souche de *Saccharomyces cerevisiae var. bayanus* possède une bonne résistance à l'alcool (jusqu'à 16 % vol. d'éthanol) et des besoins en azote modérés. D'un point de vue aromatique, cette levure dispose d'un pouvoir élevé dans la production d'esters en cours de fermentation alcoolique. Les esters éthyliques sont souvent les plus abondants comptes tenus de la composition des vins (teneurs en éthanol et en alcool primaires réactifs), (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Des esters d'alcools supérieurs (acétate d'isoamyle, acétate de phényléthyle...) sont également produits au cours de la fermentation alcoolique. Ces derniers sont des arômes fermentaires connus pour leurs notes intenses de banane, bonbon anglais et pomme verte. Une autre caractéristique de cette levure est sa capacité à ne pas former de vinyl-phénols. Ces souches nommées POF - (negative phenolic off-flavor production capacity) possèdent une faible activité cinnamate décarboxylase, responsable de la formation de vinyli-phénols (Laffort). La cinnamate décarboxylase catalyse la transformation partielle des acides p-coumarique et férulique du moût en vinyl-4-phénol et vinyl-4-gaïacole (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a), Figure 33). Cette aptitude des souches POF-limite ainsi la production de composés à odeurs pharmaceutiques qui tendent au-delà d'une certaine concentration à alourdir l'arôme des vins. Seuls les vins blancs voir les rosés très clairs peuvent être impactés significativement par des concentrations de vinyli-phénols, l'enzyme cinnamate décarboxylase étant inhibée par les composés phénoliques.

Tout comme pour la vinification en blanc, cette levure nécessite une opération de réhydratation et d'acclimatation avant ensemencement à la surface de la cuve.

- **Correction des moûts et suivi de la fermentation alcoolique**

La fermentation de cette cuve de rosé démarre doucement avec l'ajout progressif de jus issus d'autres parcelles (Figure 32). La température est maintenue autour de 17-18°C ce qui permet d'assurer une bonne fermentation. Ces conditions thermiques favorisent la révélation des arômes variétaux tout en permettant la formation des esters (IFV Occitanie)

Une fois la fermentation lancée et l'ensemble des jus des vendanges ajouté à la cuve n°10, une aération est réalisée vers 1070 g/L de masse volumique. Un ajout de phosphate diammonique (DAP) à 20 g/hL est effectué au cours de ce remontage à l'air associé à un ajout de bentonite à 30 g/hL (Bento S Grains® de chez OenoFrance). Tout comme pour la vinification en blanc, cette aération joue un rôle clé dans le maintien du bon fonctionnement métabolique des levures. Le collage à la bentonite permet quant à lui de déprotéiniser une première fois le vin au cours de la fermentation alcoolique. Il conduit à la fixation d'une partie des anthocyanes ce qui entraîne une légère diminution de la couleur (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

La tendance du marché vers les vins rosés clairs amène les vignerons à s'orienter de plus en plus vers la production de ce type de produit. Pour atteindre cet objectif, différents collages peuvent être réalisés pour atténuer la couleur des moûts. Sur une des cuves de rosé, la n°12, un ajout de 50 g/hL de caséinate de potassium et 50 g/hL de colle de pois a été réalisé directement sous la maie du pressoir.

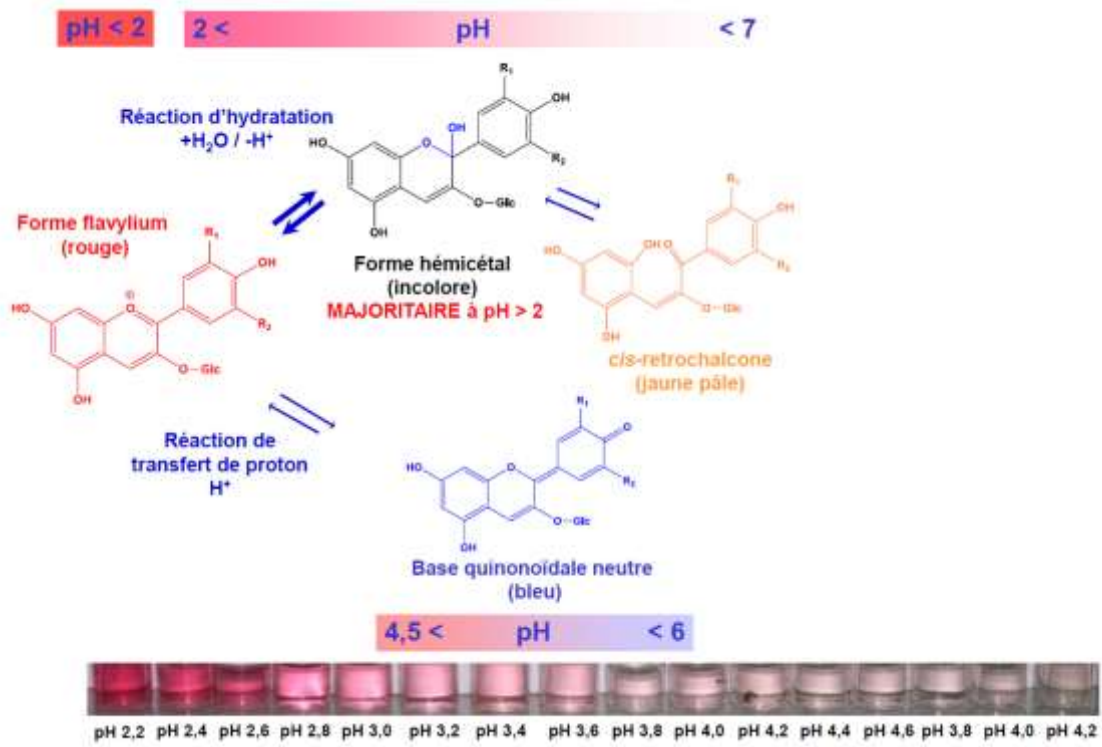


Figure 33: Différentes formes des anthocyanes, en solution dans de l'eau, en fonction du pH (Mouls L., 2018)

Le caséinate de potassium, ici celui de chez IOC, joue un rôle sur la composante jaune de la couleur du moût (Béguin et al., 2015) et freine les phénomènes oxydatifs (Sapis et Ribéreau-Gayon, 1969). Le polymust Nature® de chez Laffort à base de protéines végétales de pois et de bentonites calcique et sodique a également été utilisé. Ce produit a une action sur les composés phénoliques et la couleur des rosés. Les protéines de pois seules ou en mélange avec de la bentonite ont peu d'efficacité sur les polyphénols totaux. Elles amènent, en revanche, à une nette diminution des acides phénols et de la couleur jaune (Béguin et al., 2015). Dans certains cas, les protéines de pois permettent également de corriger l'astringence des vins et d'améliorer leur profil organoleptique (Béguin et al., 2015).

Un autre facteur influençant la couleur des vins est le pH (Figure 34). Au pH des moûts, les anthocyanes sont en grande partie sous forme incolore (Mouls L., 2018). Toutefois des phénomènes tendent à stabiliser et augmenter la couleur des vins (He et al., 2012)

- **Fin de fermentation**

La fermentation alcoolique de la cuve n°10 a été marquée par quelques ralentissements. Entre le 10 et le 11 septembre, les mesures au mustimètre restent fixées vers 1042 g/L de masse volumique avec une perte de seulement 2 points de densité en un jour (Figure 32). Après cet épisode, la température est relevée pour arriver à 18 °C et un ajout de phosphate diammonique à 10 g/hL est réalisé le 12 septembre.

Un autre ralentissement est observé autour du 15 septembre, un remontage sans air est alors effectué le 17 associé à un ajout de 15 g/hL de Springferm Xtrem® de chez Fermentis. Les nutriments qui le constituent sont d'origine levurienne, riches en acides aminés (dont l'acide pantothénique), minéraux et oligo-éléments (Mn, Mg, Zn, Fe...). Un apport de 15 g/hL est équivalent à 10 mg/L d'azote assimilable.

A l'approche de la fin de la fermentation, quand la masse volumique du vin de la cuve n°10 atteint 1010 g/L, le froid est arrêté de manière à faciliter l'activité des levures.

La fermentation alcoolique s'est achevée le 22 septembre, elle a duré 23 jours.

- **Soutirage**

Une analyse physico-chimique est réalisée le 24 septembre pour vérifier l'absence de sucres résiduels. En fin de fermentation, les résultats d'analyse indiquent une teneur en alcool de 13,95 % vol., un pH de 3,35, une acidité totale de 3,42 g d'H₂SO₄/L, une acidité volatile d'à peine 0,07 g d'H₂SO₄/L et la consommation de la totalité des sucres. La teneur mesurée en éthanal est proche de celle du blanc soit 19 mg/L.

Le rosé est soutiré quelques jours plus tard, le 28 septembre et est accompagné d'un sulfitage à 4 g/hL. Ce dernier tend à éviter le départ de la fermentation malolactique et le développement de certains micro-organismes néfastes pour le vin.

Le vin de la cuve n°10 est transféré dans la cuve n°5 après soutirage et atteint un volume total de 65 hL.

CONTROLE DE TEMPERATURES

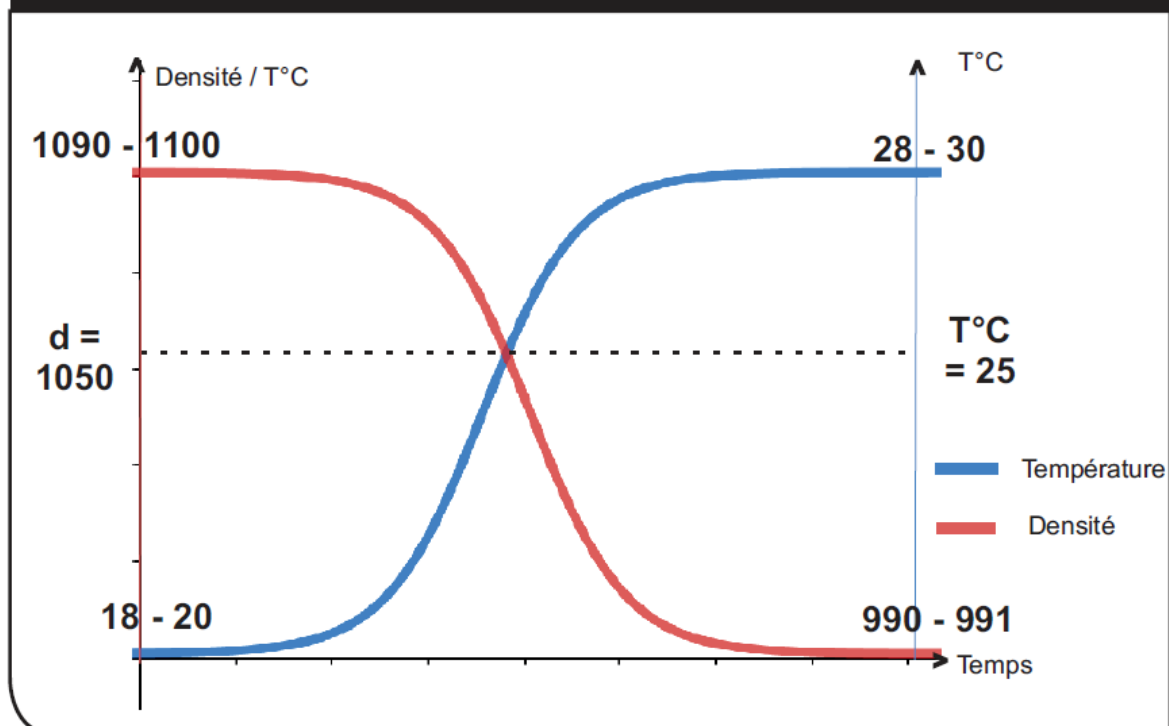


Figure 34: Contrôle des températures dans le cas d'une vinification en rouge (laboratoire Natoli & associés)

Tout comme la vinification en blanc, celle du rosé suit des étapes similaires. Les mêmes précautions sont mises en place pour protéger le moût contre des phénomènes d'oxydation.

II.2.4.3 Vinification en rouge

II.2.4.3.1 Vinification traditionnelle

Les vendanges en rouge se sont faites plus tardivement, une partie des Grenaches a été récoltée mécaniquement entre le 3 et le 4 septembre. La vendange est transportée par benne et est transférée directement dans la cuve n°3. Un échantillon est prélevé avant levurage pour une analyse de moût de manière à mesurer la teneur en azote assimilable. L'enclenchement de la fermentation alcoolique ne permet ensuite plus l'analyse de ce paramètre.

- **Levurage**

Un levurage est réalisé directement après remplissage des raisins dans la cuve n°3. La levure utilisée à 20 g/hL est une *Saccharomyces bayanus* : la BCS 103 de chez Fermentis. Cette souche est très adaptée aux conditions extrêmes, elle présente une très forte résistance à l'alcool jusqu'à 18 % vol. d'éthanol (Fermentis). Elle produit peu d'alcools supérieurs et d'acidité volatile (inférieure à 0,2 g/L selon Fermentis). Ses besoins en azote sont considérés comme faibles, ce qui est intéressant pour ce vin au vu des analyses de moût. Celle réalisée sur la vendange de grenache indique une teneur en azote assimilable de 109 mg/L pour un taux d'alcool probable de 15,15 % vol. d'éthanol. Il est considéré que le niveau de carence d'un moût se situe vers 140 mg/L (IFV Occitanie), en-dessous le bon fonctionnement de la fermentation alcoolique est compromis.

Cette levure est réhydratée avant d'être ajoutée au moût, néanmoins, il est possible de les utiliser sans réhydratation préalable sans affecter leur viabilité, leur cinétique fermentaire ou leur profil (Fermentis).

- **Interventions au cours de la fermentation alcoolique**

Contrairement aux blanc et rosé, la vinification en rouge se déroule à des températures plus élevées. En début de fermentation, l'idée est de maintenir la température autour de 20 °C et de la laisser monter progressivement pour optimiser les phénomènes de macération. Les basses températures favorisent la viabilité des levures à travers une modification de leur composition lipidique. Le degré d'insaturation des lipides cellulaire de la levure va ainsi augmenter en début de fermentation (Beltran et al., 2008). Une température trop élevée (25 à 30°C) pendant la phase de multiplication des levures affecte leur viabilité et favorise les arrêts de fermentation (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Les températures augmentent ensuite peu à peu avec comme objectif d'atteindre les 25 °C pour une densité de 1,050 (Figure 35). Le caractère fruité de ce vin souhaitant être préservé, la cuve n°3 ne dépasse pas les 25°C tout au long de la vinification excepté à partir d'une masse volumique de 995 g/L. En effet, la température de fermentation joue un rôle important dans le profil aromatique des vins (Molina et al., 2007).

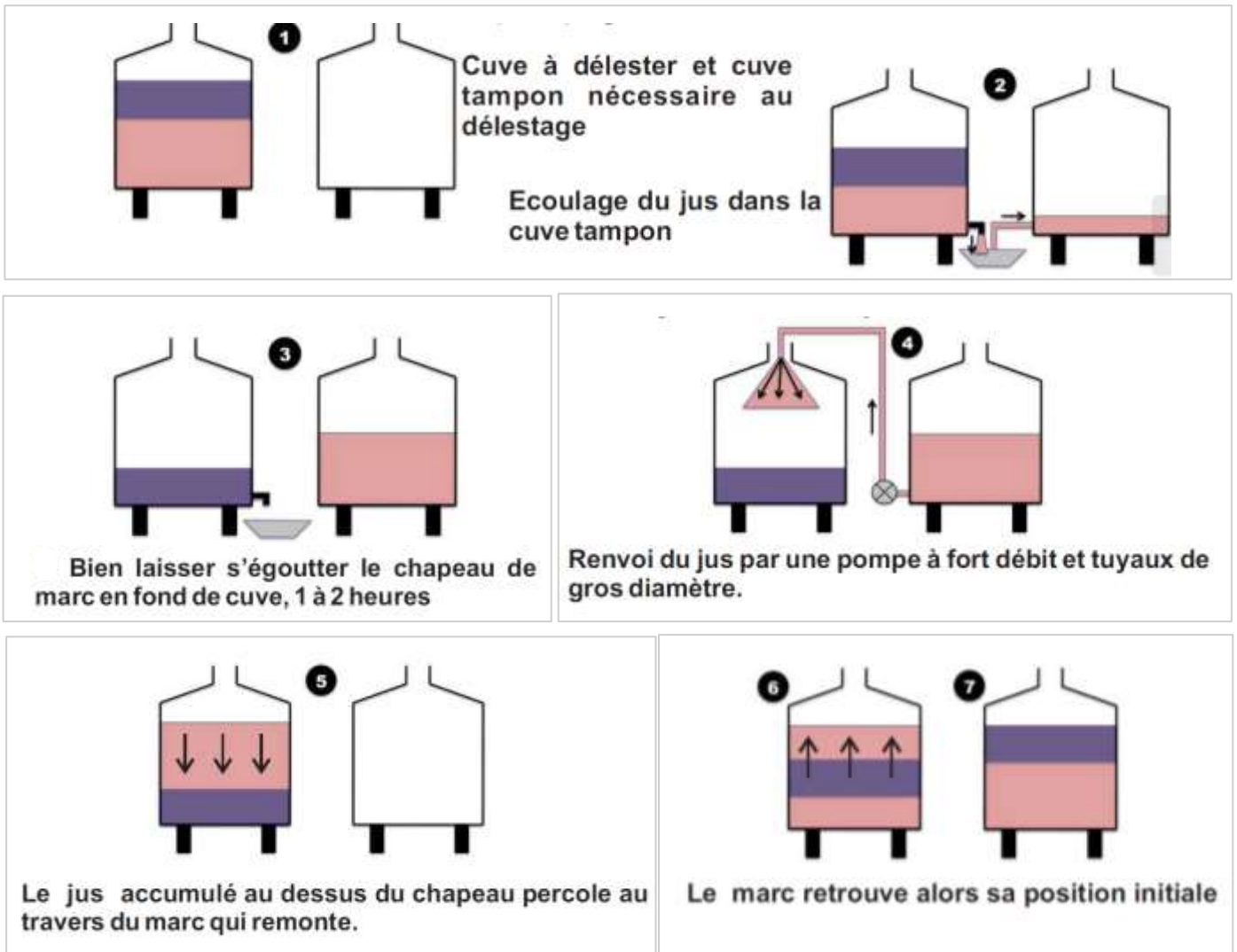


Figure 36: Opération de délestage (Laboratoire Natoli & associés)

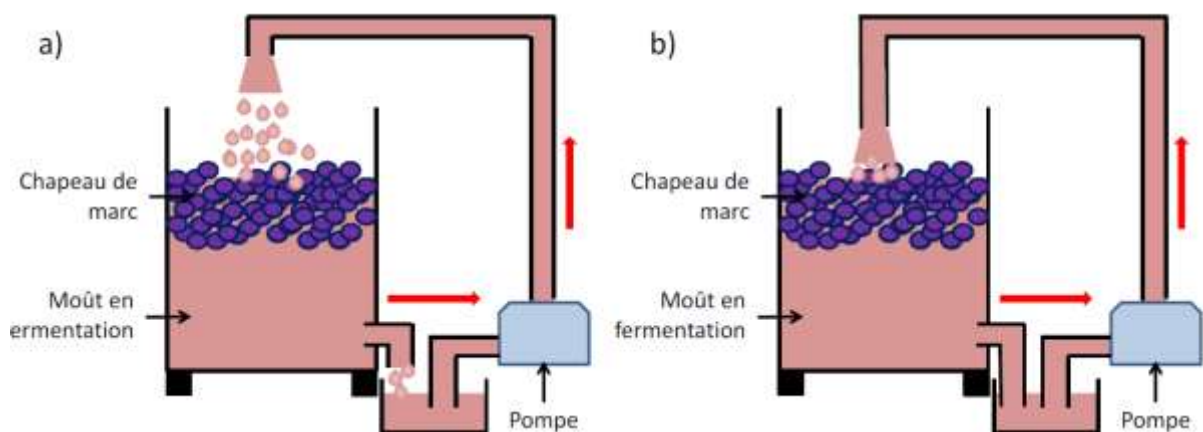


Figure 35: Opération de remontage avec aération (a) ou sans aération (b) (Mouls L., 2018)

Une fois la fermentation bien enclenchée avec une perte de densité de 20 points, un premier délestage est réalisé. La totalité du jus est transférée par le bas de la cuve dans une autre cuve de réception (Figure 36). Le jus tombe au préalable dans un bac pour permettre une oxygénation. Il est ensuite pompé à travers une crépine pour éviter l'absorption des éléments grossiers et est envoyé dans la cuve de réception par une pompe à rotor. Le jus du marc se retrouve ainsi seul dans la cuve et va s'écraser sous son propre poids. L'objectif est de le laisser s'égoutter pendant au moins 1 à 2 heures pour permettre la diffusion des éléments du raisin (pigments, tanins facilement diffusables, polysaccharides...). Le jus est ensuite renvoyé dans sa cuve d'origine ce qui permet de casser et de mouiller intégralement le chapeau de marc. Le plus souvent, le jus accumulé au-dessus du chapeau percole au travers du marc qui remonte favorisant les échanges entre jus et marc sans trituration (Figure 36).

Cette oxygénation au début de l'activité fermentaire, en phase de croissance des levures, est essentielle pour améliorer leur croissance et leur survie (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

Cette opération de délestage est suivie par un remontage à l'air quotidien de 15 minutes, les deux jours suivants (Figure 37). Il consiste à arroser avec le jus en fermentation le chapeau de marc par le haut. Le jus s'écoule à travers un coude au niveau de la vanne du bas de la cuve et tombe directement dans un bac, c'est à ce moment-là qu'il est aéré. Au moment où le jus est renvoyé par le haut, l'opérateur arrose le chapeau de marc sur l'ensemble de sa surface de manière à bien le mouiller. Cette opération permet une homogénéisation de l'ensemble de la cuve en termes de température, de teneur en sucres et en levures (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). La fermentation est connue pour être plus active au sein du marc et juste en dessous. Ce procédé permet également une oxygénation favorable aux levures et une extraction des constituants du marc tels que les tanins et les anthocyanes.

Un second délestage est ensuite effectué le 8 septembre, trois jours après le premier. Les délestages sont le plus souvent réalisés au cours du premier tiers de la fermentation de manière à limiter les sur-extractions. En effet, l'alcool est un solvant puissant qui a tendance à augmenter les extractions des composés contenus dans le raisin. Un ajout de phosphate diammonique (DAP® de chez Laffort) à 20 g/hL a été réalisé au cours de cette intervention pour pallier aux carences azotées observées à l'analyse de moût. Cet apport a pour objectif de favoriser le bon fonctionnement de l'activité métabolique des levures. En fonction de la masse volumique du moût (entre 1060 et 1050 g/L ici) et du profil souhaité, ce délestage sera le dernier réalisé (Figure 38).

Des remontages avec aération quotidien ont été fait sur cette cuve les deux jours suivants avec un pompage du volume dégressif (15 minutes le 9 septembre et 5 minutes le lendemain).

Des remontages sans aération sont réalisés une fois la densité sous le seuil des 1,010. Il s'agit le plus souvent de petit remontage de 5 minutes de manière à arroser le chapeau et éviter une quelconque déviation (oxydation et développement de micro-organismes aérobies). Pour ce faire, le jus s'écoule par la vanne du bas de la cuve à travers un tuyau qui plonge directement dans le bac ce qui limite la prise d'aire du jus (Figure 37). Cette opération est renouvelée quotidiennement.

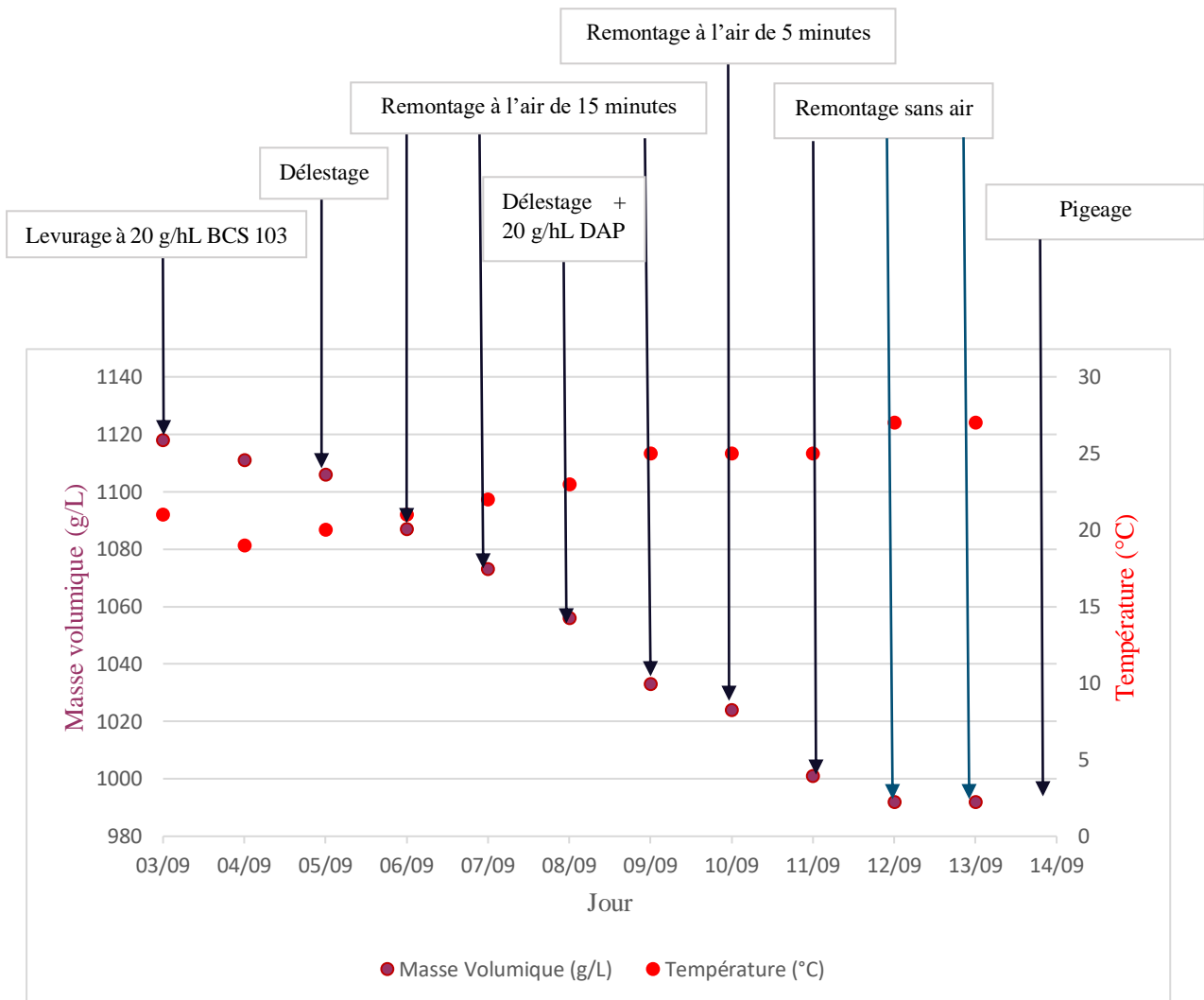


Figure 37: Courbe de fermentation de la cuve de rouge en vinification traditionnelle

La fin de la fermentation s'accompagne d'une augmentation de la température à 27°C. La chaleur tend à accentuer la dissolution des constituants du marc et accélère la macération. Une élévation de la température post-fermentaire entraîne également une meilleure extraction des mannoprotéines et participe ainsi à la stabilisation tartrique des vins (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Les mannoprotéines sont des inhibiteurs de la cristallisation, elles ne bloquent pas la nucléation mais limitent leur croissance (IFV Occitanie).

La fermentation alcoolique s'achève le 13 septembre, elle aura duré 12 jours. Au vu de la dégustation du vin et de sa matrice, il a été décidé de poursuivre l'extraction à l'aide de pigeages. Ces derniers réalisés manuellement et quotidiennement commencent le 17 septembre jusqu'au décuvage. Ils viennent remplacer les remontages sans aération de 5 minutes. Cette intervention consiste en l'enfoncement du chapeau de marc dans le jus à l'aide d'un outil appelé pigeur. Le premier pigeage est un des plus difficile physiquement, le chapeau de marc étant dur. Au fur et à mesure des pigeages, le chapeau tend à se fragiliser. Le pigeage a une double fonction, il permet de continuer l'extraction tout en mouillant quotidiennement le chapeau de marc. Cette macération post-fermentaire favorise l'extraction des tanins des pépins.

- **Décuvage et pressurage**

La date de décuvage est déterminée en fonction de la dégustation. Cette opération est réalisée une fois que le vin semble avoir atteint la structure tannique souhaitée. Le 28 septembre, la cuve n°3 est coulée dans un bac sans aération par la vanne du bas puis le vin est pompé vers la cuve n°2 en limitant la prise d'air. Le vin de goutte contenue dans la cuve n°2 est recouvert par le chapeau flottant qui sera fermé hermétiquement un peu après. Le vin de goutte est considéré comme plus qualitatif, moins astringent et plus délicat.

Quand le jus ne s'écoule plus de la vanne du bas, la porte de la cuve est ouverte progressivement de manière à laisser s'écouler le reste du vin. Une fois la totalité du vin retirée de la cuve, la porte est entièrement ouverte et le marc commence à être sorti à l'aide d'un râteau ou d'un croc. Le marc est poussé vers la maie de la pompe à marc située en dessous de la porte. La maie contient une vis sans fin qui va acheminer le marc jusqu'à la pompe, ce dernier passe ensuite par des tuyaux pour arriver jusqu'au pressoir. Ce procédé tend à limiter le plus possible les phénomènes de triturations et d'oxydation.

Au cours du remplissage du marc dans le pressoir, une phase d'égouttage statique et/ou dynamique est réalisée. Le jus est ensuite pompé pour être transféré directement en cuve. Le programme de pressurage est lancé, le gonflement de la chambre à air va écraser le marc contre la cage. Après décompression, la rotation de la cage permet l'émiettage (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Les montées en pression se font progressivement avec un dégonflement de la membrane entre chaque palier. Les vins de presse obtenus à l'issus de ce pressurage sont souvent plus tanniques, colorés et astringents que ceux de goutte.

Au moment du pressurage, des enzymes pectolytiques (Extasym Crystal® de chez Soufflet Vigne) sont ajoutées à 2 g/hL directement dans la maie. Le vin issu du pressurage du marc est envoyé dans la cuve n°13 où il est sulfité à 3 g/hL de SO₂. Après 24 h, le vin de presse est soutiré de la cuve n°13 de manière à éliminer les lies grossières. Ces dernières sont toutes regroupées ensemble dans un bac et seront amenées avec le marc séché à la distillerie pour être traitées.

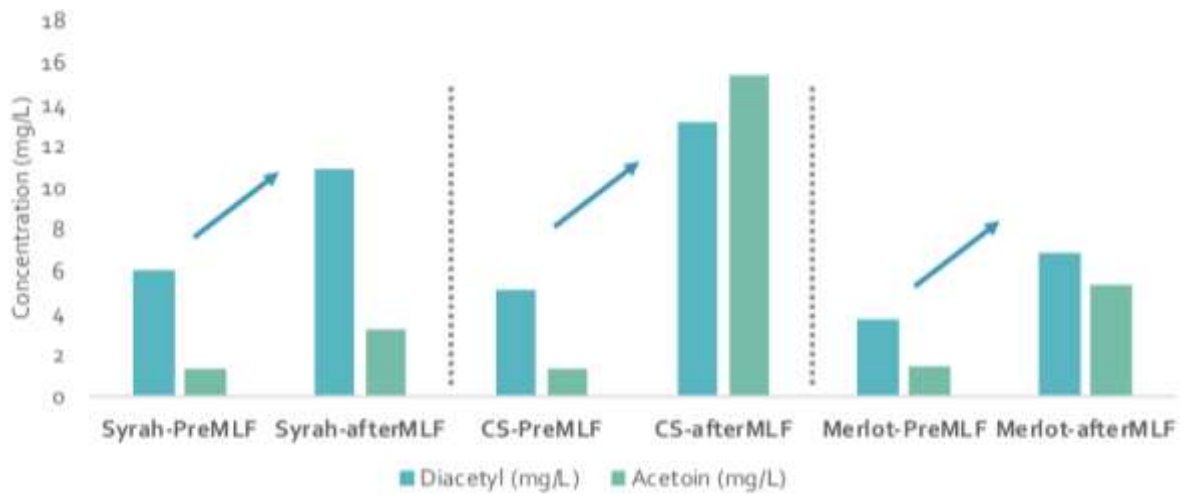


Figure 38: Augmentation du diacétyl et de l'acétoïne (ou 3-hydroxybutanone) dans le vin après fermentation malolactique (Riuz et al., 2012)

La réglementation européenne oblige les producteurs à éliminer leurs sous-produits de vinification (marcs, lies et bourbes). En fonction des données contenues dans les déclarations de production, une quantité minimale est attendue et doit être amenée à la distillerie. Cette quantité se base sur l'alcool à obtenir à partir de ces sous-produits (douane.gouv).

Après ces opérations, le volume de vin de goutte atteint 18 hL et celui du vin de presse 4,5 hL. Les coules et les presses sont séparées, les coules étant souvent plus qualitatives.

- **La fermentation malolactique**

La fermentation malolactique est une seconde fermentation réalisée par les bactéries lactiques (*Oenococcus oeni*). En milieu anaérobie, ces bactéries consomment l'acide malique pour former de l'acide lactique (Figure 28). Cette fermentation tend à diminuer l'acidité totale des vins et permet leur assouplissement. Un autre avantage est l'amélioration de la stabilité biologique du vin. La réalisation de la fermentation malolactique permet une meilleure maîtrise des problèmes microbiens et tend ainsi à diminuer à long terme l'acidité volatile.

A l'inverse, sur des vins à pH élevé, elle accentue à nouveau le risque microbien (Davis et al., 1985 ; Bauer & Dicks, 2004). Elle s'accompagne également d'une augmentation de l'acidité volatile causée en partie par une hausse de l'acide acétique au cours de la dégradation de l'acide citrique (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Elle peut entraîner des changements de couleur et la formation d'amines (Davis et al., 1985). Il a été constaté une couleur et une teneur en pigments plus faibles après réalisation de cette fermentation (Burns & Osborne, 2013).

La fermentation malolactique accroît la complexité aromatique des vins rouges (Sumbly et al., 2014). En parallèle de la transformation de l'acide malique se forme du lactate d'éthyle associé à une sensation de volume en bouche (Henick-Kling, 1993) ainsi que du diacétyl (profil beurré et fumé, Figure 39). Le 3-hydroxybutanoate d'éthyle (aromatique fruitée, groseille, framboise), le 2-phényléthanol (odeur de rose), le méthionol (odeur de chou cuit) et la γ -butyrolactone (odeur crémeuse) se retrouvent en quantité plus importante après cette fermentation (Ugliano & Moio, 2005). C'est également le cas des esters éthyliques d'acides gras et de l'acétate de 3-méthylbutyle (ou acétate d'isoamyle à odeur de banane), (Ugliano & Moio, 2005). D'autres composés aromatiques peuvent également augmenter notamment ceux liés aux glycosides. Une élévation de la teneur en linalol (terpénols à odeur de rose), en farnésol (odeur de tilleul) et en β -damascénone (norisoprénoïdes exhausteur de l'arôme fruité) ont ainsi été observés au cours de la fermentation malolactique (Ugliano & Moio, 2006).

Les fermentations malolactiques se sont déroulées spontanément dans la cave, le pH des cuves a facilité leur activation naturelle. En effet, celle-ci se réalise plus facilement à partir d'un pH supérieur à 3,3 ce qui est le cas sur la cuve n°2 avec un pH de 3,61. La fin de la fermentation malolactique est validée par analyses physico-chimiques en vérifiant la consommation de la totalité de l'acide malique. Cette dernière a été réalisée le 4 novembre et présente un abaissement de l'acidité totale de plus d'1 g/L et d'une légère augmentation de l'acidité volatile d'environ 0,10 g d' H_2SO_4 /L. La fermentation malolactique s'accompagne également d'une baisse de la teneur en éthanal avec une consommation totale par les bactéries lactiques (Vitisphère 06/2014). Après validation de la fin de la fermentation malolactique, un soutirage suivi d'un sulfitage à 3 g/hL est réalisé quelques jours après. Cette étape conclut les dernières opérations de vinification, le vin entre ensuite dans une phase d'élevage.

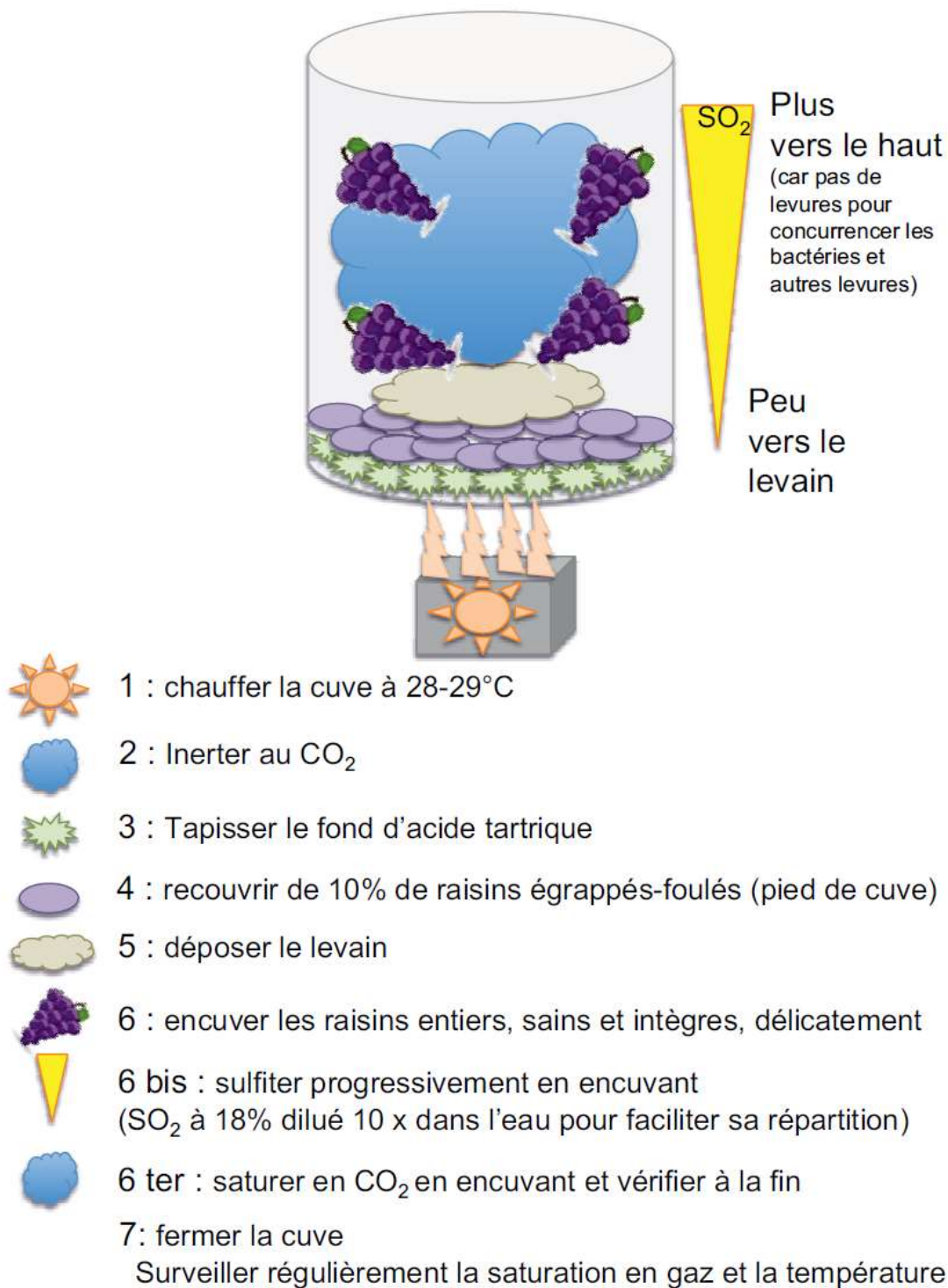


Figure 39: Vinification en macération carbonique (Laboratoire Natoli & associés)

II.2.4.3.2 Macération carbonique

Dans le cas d'une vinification en macération carbonique, la vendange est manuelle. Elle est réalisée ici à partir d'une parcelle de syrah. Les raisins sont ramassés dans des petits contenants de manière à limiter les phénomènes d'écrasement et de préserver l'intégrité des baies.

Contrairement à une vinification traditionnelle, il est intéressant de vendanger à des heures chaudes. Des températures plus élevées au niveau des raisins sont favorables à ce type de vinification et limitent l'utilisation de chauffage au moment de l'encuvage dans la cuve n°7.

- **Encuvage**

L'encuvage commence par le remplissage du fond de la cuve avec des raisins en grappe entières ou égrappés. Ces raisins sont foulés soit au pied soit après égrappage pour faire ressortir le jus. Des levures LSA de BCS 103 de chez Fermentis sont ensuite incorporées, après réhydratation, en fond de cuve avec une proportion de 500 g de levures pour 100 hL de cuverie (Figure 40).

Une acidification est faite pour éviter de potentielles déviations bactériennes. L'acide tartrique vient tapisser le fond de la cuve à une proportion de 40 g/hL de jus sur la base de 15 % du volume total. Le reste de la récolte est ajouté progressivement dans la cuve manuellement en sulfitant au fur et à mesure la vendange à 4 g/hL de SO₂, calculé à partir du volume de vin final à obtenir. Le SO₂ est légèrement dilué au préalable pour être plus facilement répartie sur toute la vendange. L'ajout des sulfites est effectué en suivant un gradient de concentration. Un petit volume de SO₂ est mis au fond de la cuve puis tend à augmenter au fur et à mesure du remplissage (Figure 40). En cas de surestimation du volume total vendangé, il est ainsi possible de ne pas mettre l'intégralité des sulfites. L'acidification et le sulfitage ont pour objectif de limiter voire d'inhiber le développement des bactéries lactiques favorisées par la macération carbonique. Le risque d'accident bactérien est accentué dans le cadre d'une macération carbonique où il reste encore des sucres fermentescibles.

Une fois la cuve remplie en laissant un espace suffisant pour éviter des risques de débordement, le milieu est saturé immédiatement en CO₂. Le dioxyde de carbone utilisé pour la cuve n°7 provient d'une bouteille de gaz mais il pourrait également provenir d'une cuve voisine en fermentation. Après saturation, le chapeau flottant est gonflé et vient se poser comme une cocotte-minute sur la cuve.

Pour finir la cuve est chauffée, une couverture chauffante entoure celle-ci si nécessaire et un petit chauffage électrique soufflant est mis en dessous. L'objectif est de préserver tout au long de cette fermentation une température entre 28 et 29°C. Des températures proches de 35°C améliorent la vitesse de fermentation mais tendent néanmoins à diminuer le taux maximum d'alcool formé (Flanzy et al., 1987). De plus, le transfert des substances phénoliques dans les cellules de la pulpe est d'autant plus important et rapide que la température est élevée (Flanzy et al., 1987). Des températures égales ou supérieures à 35°C sont néanmoins à éviter pour préserver les populations levuriennes se trouvant dans le fond de la cuve. La destruction des levures pourrait laisser la place à une croissance bactérienne non voulue.

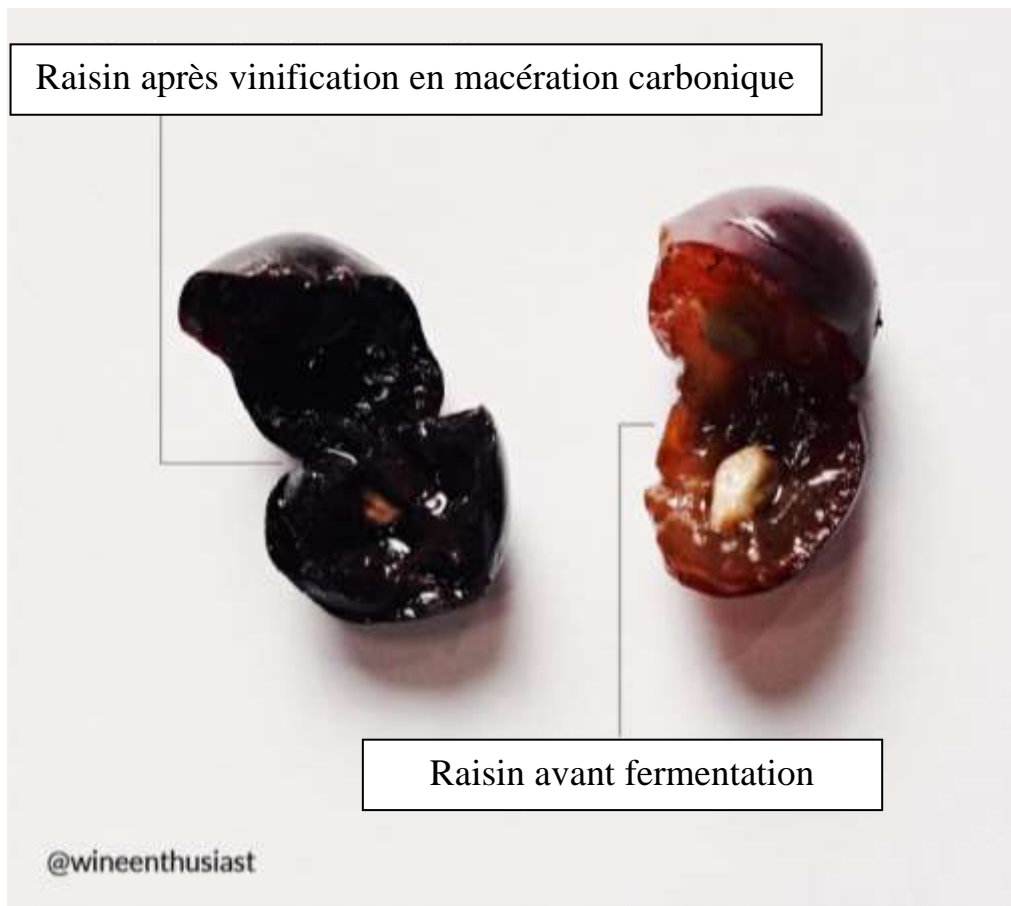


Figure 40: Evolution de la couleur de la pulpe au cours de la macération carbonique
(source photo: <https://www.lapassionduvin.com>)

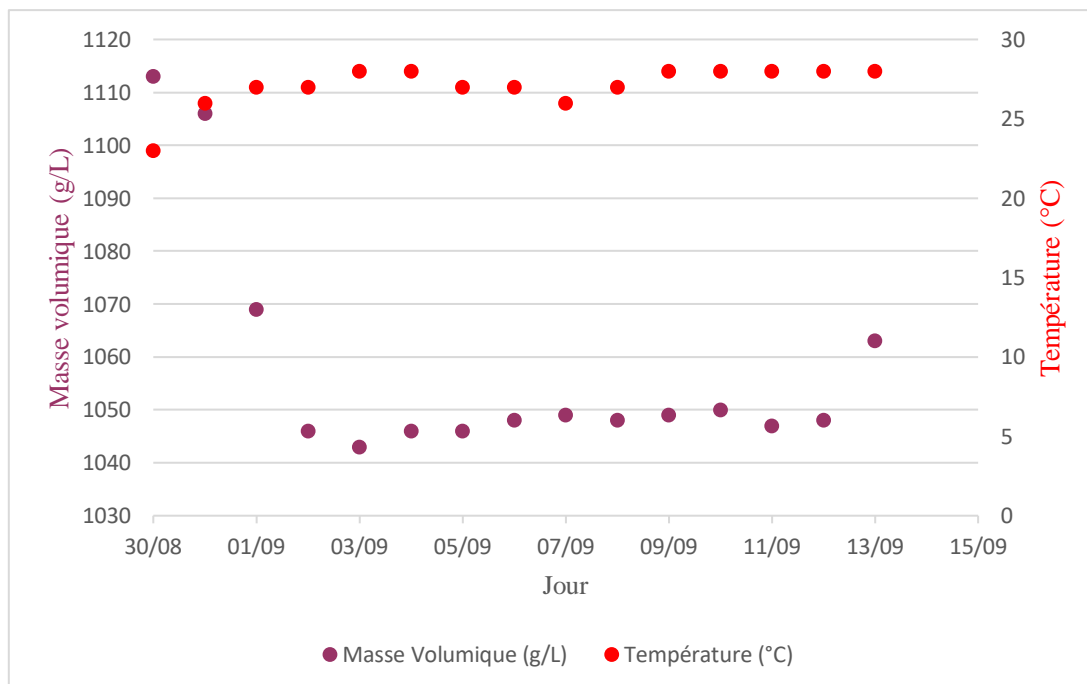


Figure 41: Courbe de fermentation de la cuve de rouge en macération carbonique

- **Suivi de la fermentation**

Dans ces conditions de cuvaision, la baie de raisin adopte un comportement anaérobie qui se traduit par la production d'éthanol à partir des sucres (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Cette réaction fait appel aux systèmes enzymatiques de la cellule de la baie en particulier l'alcool déshydrogénase. Cette production d'éthanol reste limitée entre 1,2 à 2,5 % vol. Elle s'accompagne de la formation de produits secondaires tels que le glycérol, l'éthanal, l'acide succinique et l'acide acétique (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). La macération carbonique entraîne une disparition de l'acide malique par double décarboxylation se traduisant par une production d'éthanol.

Le métabolisme anaérobie amène à une hydrolyse des pectines qui tend à déstructurer les parois cellulaires. Des phénomènes de macération interviennent ainsi en parallèle avec la diffusion des composés phénoliques et d'autres constituants des parties solides vers le jus de la pulpe (Figure 41 ; Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

Tout au long de cette fermentation, une surveillance est réalisée sur la cuve. Des mesures de densité et de température du jus en fond de cuve sont faites matin et soir (Figure 42). En fonction des données, la température est régulée en augmentant ou diminuant le chauffage sous la cuve pour rester proche des 28-29°C. L'élévation de la température est moins importante dans le cas de la macération carbonique, la fermentation alcoolique en fond de cuve est en effet moins active que pour une vinification dite traditionnelle. Les analyses œnologiques sont également plus fréquentes au vu du risque de développement microbien, elles ont lieu tous les deux jours. La première analyse est faite deux à trois jours après le début de la fermentation pour que l'acide et les sulfites ajoutés en fond de cuve ne détériorent pas les appareils de mesure. Tout au long de cette fermentation, on constate une augmentation progressive du pH combiné à une baisse de l'acidité totale, une diminution de la teneur en SO₂ et un léger relargage de sucres. Ces évolutions s'expliquent par un écrasement des raisins au cours de la fermentation qui amènent à une libération de jus. La diminution de l'acidité totale est liée à une baisse de l'acide malique sans production simultanée d'acide lactique (Flanzy et al., 1987). La teneur en acidité volatile est en hausse tout au long de cette fermentation et atteint les 0,33 g d'H₂SO₄/L juste avant décuvage. Cette production plus importante d'acidité volatile est souvent observée dans le cas de macération carbonique en comparaison à des vinifications traditionnelles (Flanzy et al., 1987).

Quelques jours après le début de la fermentation, des dégustations de baies et des observations visuelles du haut de la cuve sont réalisées de manière à suivre la macération carbonique et détecter de potentielles déviations (odeur d'acétate d'éthyle).

La densité diminue progressivement jusqu'à stagner entre 1040 et 1050 à partir du cinquième jour de cuvaision.

- **Décuvage et pressurage**

Le décuvage a été décidé pour partie par la dégustation des baies, il a été réalisé le 14 septembre, soit 16 jours après la récolte de la vendange. Tout comme pour la vinification traditionnelle, le jus de coule est transféré dans une autre cuve (n°6) et les raisins restants tombent dans la maie de la pompe à marc pour être amenés jusqu'au pressoir. Au moment du pressurage, le jus de presse est enzymé à 2 g/hL dans la maie puis transporté jusqu'à la cuve n°13.

Tableau 2: Composés odorants apportés par le bois (<https://www.vignevin-occitanie.com>)

Famille/origine	Composé	Descripteur	Seuil de perception dans le vin
Lactone	cis-whiskylactone	noix de coco	790 µg/l
	trans-whiskylactone		67 µg/l
Aldéhydes-phénols	vanilline	vanille	995 µg/l
	méthyl-vanillate	vanille	3000 µg/l
	éthyl-vanillate	vanille	990 µg/l
	syringaldéhyde	planche	50000 µg/l
Phényles-cétones	acétovanillone	vanille	1000 µg/l
	propiovanillone	boisé	-
	syringol	épices	1800 µg/l
Phénols	eugénol	clou de girofle	6 µg/l
	galaïcol	fumé, brûlé	10 µg/l
	4-méthyl-galaïcol	fumée, suie	-
	4-éthyl-galaïcol	poivre, épice	100 µg/l
	4-vinyl-galaïcol	oeillet, girofle	1100 µg/l
	4-éthyl-phénol	cuir, écurie	500 µg/l
	4-vinyl-phénol	herbes froissées	180 µg/l
	phénols	encre, phénolées	-
	crésol	pharmaceutiques	31-58 µg/l
Composés de chauffe	furfural	amande grillées	3000 µg/l
	méthyl-5-furfural	amande amère	
	cyclotène	pain grillé	3100 µg/l
	maltol	fumée	11400 µg/l
FA à partir du furfural	furfurylthiol	café	1 ng/l

Une fois décuvé, le jus de coule comprend 1,5 hL à une densité de 1,034 et le jus de presse 8 hL à une densité de 1,064.

- **Poursuite de la fermentation alcoolique**

La vinification alcoolique se poursuit entre 25 et 26°C. Le 16 septembre, les jus de coules et de presses sont entonnés dans quatre barriques. Trois barriques sont constituées des vins de presses et une autre des presses et des coules. La fin de la fermentation alcoolique est ainsi réalisée en fûts. Elle s'achève autour du 23 septembre. Le taux d'alcool le plus faible fixé à 14,93 % vol. est retrouvé sur la barrique B 16.2 composé d'une majorité de jus de coule.

Les trois autres se situent plus proches des 15,85 % vol. avec une acidité légèrement plus faible (3,50 g d'H₂SO₄/L contre 3,84 pour le fût B16.2) et un indice des polyphénols totaux (IPT) proche de 72 contre 118 pour la barrique composée en majorité de coule. En comparaison aux presses de vinification traditionnelle, celles de macération carbonique ont un degré alcoolique plus élevé, une acidité plus basse et sont moins riches en composés phénoliques (Flanzy et al., 1987). Ce jus de presses est ainsi considéré comme plus qualitatif.

- **Fermentation Malolactique**











La fermentation malolactique s'est déroulée en barrique. Elle s'est enclenchée vers le 22 octobre et s'est achevée autour du 10 novembre. Elle s'est accompagnée d'une baisse de l'acidité totale d'environ 0,40 g d'H₂SO₄/L.

La fermentation malolactique en barrique se déroule plus rapidement qu'en cuve avec une perte de couleur également moins importante (Izquierdo-Cañas et al., 2016). Les vins dont la fermentation malolactique est faite en barrique sont souvent plus doux avec des notes boisées et fumées et des notes d'alcool moins prononcées (Hernandez-Orte et al., 2009). Certains composés volatils sont plus présents après fermentation malolactique en barrique. C'est notamment le cas des méthoxyphénols (gaïacol, 4-méthylgaïacol, 4-éthylgaïacol, ...). Ils vont même à doubler pour le whisky-lactone (odeur de noix de coco) et quelques composés furaniques (Tableau 2, Izquierdo-Cañas et al., 2016). Les vins fermentés en cuves sont perçus comme plus boisés et ceux en barrique ont une aromatique vanillée plus intense (González-Centeno et al., 2017).

Une fois la fermentation malolactique validée par analyse œnologique, un soutirage suivi d'un sulfitage à 3 g/hL de SO₂ est effectué. Une analyse œnologique est à nouveau réalisée après cette opération de manière à vérifier la présence de SO₂ libre au sein du vin.

En fonction de la nature des raisins et des attentes aromatiques et gustatives du produit finale, le choix s'oriente vers différentes méthodes de vinification : celle dite traditionnelle, celle en macération carbonique avec élevage en fût ou non. S'ajoute la possibilité de réaliser la fermentation malolactique soit en fût soit en cuve. L'ensemble de ces méthodes de vinification conduit à une diversité de profil de vin. La richesse et la complexité des vinifications réside dans cette capacité d'adaptation des processus œnologiques. L'idée est d'orienter la qualité des raisins vers les objectifs souhaités tout en préservant la spécificité du millésime.

Tableau 3: Pictogramme de danger (<https://www.cchst.ca>)

	Bombe explosant (pour les dangers d'explosion ou de réactivité)		Flamme (pour les dangers d'incendie)		Flamme sur un cercle (pour les matières comburantes)
	Bouteille à gaz (pour les gaz sous pression)		Corrosion (peut être corrosif pour les métaux ainsi que la peau ou les yeux)		Tête de mort sur deux tibias (peut être toxique ou mortel après une courte exposition à de petites quantités)
	Danger pour la santé (peut avoir ou est présumé avoir de graves effets sur la santé)		Point d'exclamation (peut entraîner des effets moins sévères sur la santé ou couche d'ozone*)		Environnement* (peut être nocif pour le milieu aquatique)
	Matières infectieuses présentant un danger biologique (pour les organismes ou les toxines susceptibles de causer des maladies chez l'humain ou chez l'animal)				

* Le SGH établit également un groupe de dangers pour l'environnement. Ce groupe et les classes qu'il englobe n'ont pas été adoptés dans le SIMDUT 2015. Cependant, les différentes classes liées à l'environnement peuvent figurer sur les étiquettes et les fiches de données de sécurité (FDS). Le SIMDUT 2015 permet de fournir des renseignements concernant les dangers pour l'environnement.

II.2.5 Hygiène et nettoyage de la cave et des équipements

L'hygiène de cave est un point essentiel pour le bon déroulement des vinifications et la bonne conservation des vins au cours de l'élevage. La cave est ainsi conçue de manière à faciliter les opérations de nettoyage avec des espaces accessibles et une bonne aération des locaux (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Tout le matériel vinaire est nettoyé après utilisation avec un mélange d'eau, de soude à 5% et de peroxyde à 3%. Au cours de cette opération, un équipement approprié (habits, gants et lunettes de protection) est utilisé par le manipulateur des produits, ces derniers étant classés comme corrosifs. Pour tous produits et matériels utilisés, il est important de vérifier les différents pictogrammes associés pour adopter les bonnes pratiques (Tableau 3). La soude est un détergent alcalin qui a notamment une action de détartrage. Le peroxyde d'hydrogène appelé également eau oxygénée a quant à lui une activité dérougissante et désinfectante. Pour le nettoyage des tuyaux et des pompes, un montage est réalisé de manière à raccorder les tuyaux ensemble ainsi que la pompe. Ce circuit est dans un premier temps ouvert de manière à enlever le vin restant dans les tuyaux, suivi d'un circuit fermé avec un bac d'eau contenant le mélange de soude et peroxyde. L'eau est pompée pendant plusieurs minutes dans ce bac et ressort ensuite dans ce même bac. Ce nettoyage permet à la fois de décolorer et de désinfecter les équipements. Pour finir, les tuyaux sont vidés et un nouveau circuit fermé est réalisé avec de l'eau pour un dernier rinçage. Après cette opération, les tuyaux sont à nouveau vidés et sont suspendus de manière à éviter que l'eau stagne à l'intérieur. Ce système permet d'éviter le développement de micro-organismes. Après chaque utilisation, les vannes et les robinets de dégustation sont rincés à l'eau.

Le domaine est particulièrement vigilant sur le nettoyage en cave, des *Brettanomyces* étant apparues en 2019 sur une syrah avant fermentation malolactique. Une analyse microbiologique avait mis en évidence la présence de cette levure. Un traitement à base de chitosan à 10 g/hL de OENOBrett Org® (de chez Laffort) avait été utilisé. Le chitosan est un polysaccharide naturel extrait du champignon *Aspergillus niger* (Laffort). Ce composé présente une efficacité notable sur les *Brettanomyces* et a un impact sur les bactéries lactiques.

Une deuxième analyse microbiologique après traitement avait conclu à la présence de *Brettanomyces* ce qui a conduit à un second traitement. La présence de cette levure n'a plus été détectée par la suite et ce vin a pu être intégré aux assemblages.

Une attention particulière est apportée à l'entretien des barriques. Une fois vidées, elles sont nettoyées et méchées (combustion de soufre) pour éviter toute forme de contamination en l'absence de vin. Il est nécessaire que le bois sèche pour éviter des contaminations microbiologiques par la suite. De plus, la combustion de soufre dans un milieu humide présente un effet stérilisant moins important (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Il est donc recommandé de mécher les fûts lorsque le bois est sec. La bonde est remise après cette opération. Il est admis qu'un fût ne doit pas être conservé vide plus de deux à trois mois (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Si ce délai est dépassé, il est nécessaire de réaliser un nouveau méchage. Avant sa prochaine utilisation, surtout dans le cas d'une fermentation alcoolique en barrique, le fût doit être rincé à l'eau. Il est également important de s'assurer de son étanchéité avant utilisation.



*Figure 42: Echantillons de vin pour analyse par IRTF
(source photo : Laboratoire Natoli & associés)*

II.2.6 Bilan du millésime 2020

Après l'achèvement des fermentations, le laboratoire Natoli & associés réalise une "photo de famille". Il s'agit d'analyser l'ensemble des cuves vinifiées en 2020 (Figure 42). Celle du domaine a été effectuée le 8 octobre.

Les fermentations alcooliques se sont bien déroulées sur l'ensemble des cuves et il ne reste aucuns sucres résiduels au sein des vins à cette période. Les degrés alcooliques sont confortables avec plusieurs profils : des bases plus fraîches (entre 12 et 13% vol.) et des maturités plus poussées 14 à 15,9 % vol.). Les équilibres acidités totales et pH sont frais, c'est particulièrement le cas sur les barriques de blancs (acidité totale à 3,93 g d'H₂SO₄/L et pH de 3,23). Les acidités volatiles sont modérées sur toutes les cuves (inférieures à 0,38 g d'H₂SO₄/L) traduisant un bon état sanitaire des vignes ainsi qu'une bonne gestion des fermentations. La fermentation malolactique a été bloquée sur les cuves de blancs et rosés. Elle se poursuit sur les rouges au moment de l'analyse. L'indice de Folin est un indicateur de la concentration en polyphénols des vins. Ceux du domaine présentent une diversité de profils avec des niveaux toutefois plus marqués sur la syrah vinifiée en macération carbonique ainsi que sur les presses de mourvèdre. Les teneurs en SO₂ totales restent faibles sur l'ensemble des cuves à cette période (inférieures à 45 mg d'H₂SO₄/L).

La robe de la cuve de blanc est pâle avec des reflets argents. Au niveau aromatique, elle est sur la retenue mais s'ouvre rapidement avec des notes citronnées et de lys. La bouche est ample avec une finale vive. Les profils des deux barriques sont différents : la barrique B18.1 dévoile des notes de pâte d'amande, d'anis et de poire avec une bouche onctueuse et vive en finale. Le fût B19.1 est plus discret sur des parfums floraux typés chèvrefeuille. La bouche reste également vive.

Le rosé de la cuve n°5 présente une robe pâle avec des reflets argents. Il se profile sur des arômes de pêche et de fraise des bois. La bouche est gourmande et onctueuse.

Le grenache montre une robe rubis, il s'exprime sur des arômes kirchés de cerise avec un côté poivré. La bouche est ample et onctueuse.

La syrah de macération carbonique a une robe légèrement violine. La barrique B16.2 est sur un nez un peu tapenade et moka avec des notes confiturées sur le cassis. La bouche est gourmande. La barrique B20.1 tend vers des notes de fruits rouges plus acidulés (griotte). Les barriques B20.1, B20.2 et B20.3 sont très proches. Les fûts B20.2 et B20.3 se profilent sur des notes de mûres. Le nez est un peu fermé pour le moment. La bouche présente une belle sucrosité. Ces fûts gagneront à être soutirés.

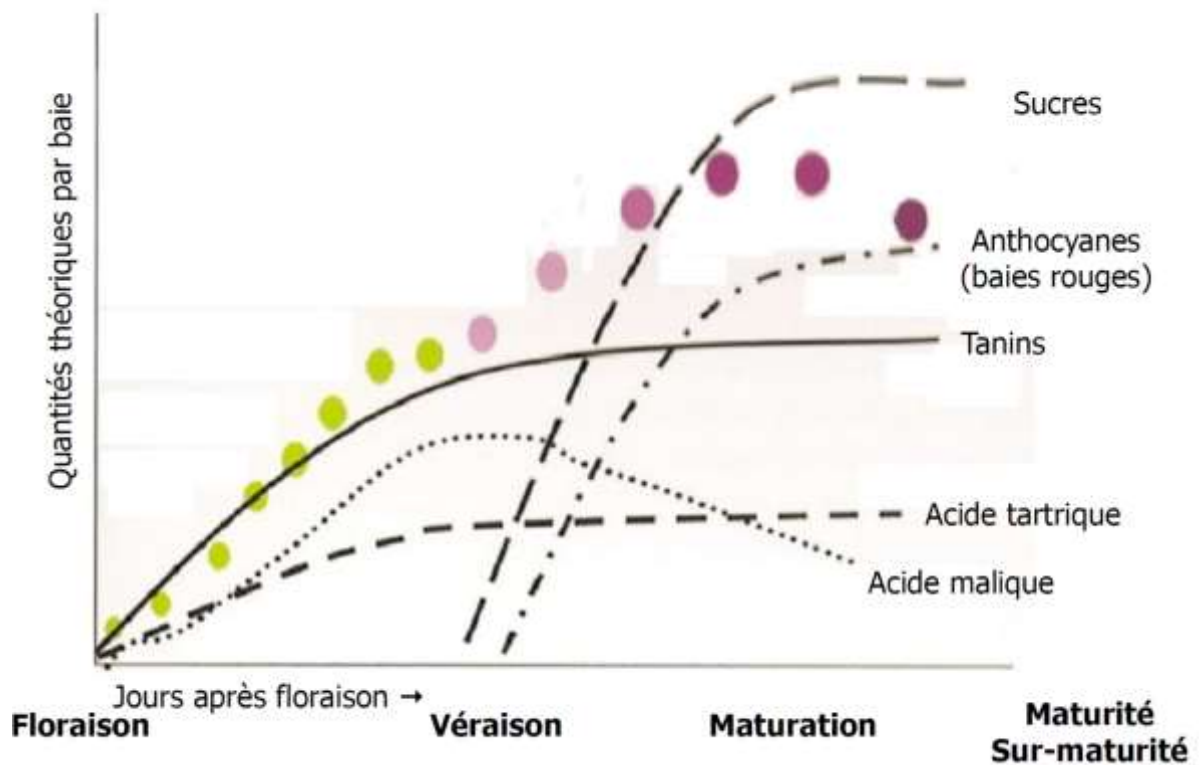


Figure 43: Évolution des composés tout au long de la maturation (Mouls L., 2019)

$$V_{MCR} = \frac{V_{Cuve} \times 16,83}{M_{MCR}}$$

V_{MCR} = Volume nécessaire de MCR (en L)

V_{Cuve} = Volume de la cuve à enrichir (en L)

M_{MCR} = Teneur en sucre de la MCR (850 g/L)

Figure 44: Calcul du volume de MCR nécessaire pour réaliser un enrichissement

II.3 Etude d'autres processus de vinification

Cette partie décrit des processus de vinification rencontrés au cours du suivi œnologique d'autres domaines.

II.3.1 Enrichissement

L'enrichissement d'un moût tend le plus souvent à répondre à des problèmes issus de la maturité des raisins. Une sous maturité amène à un niveau en sucres dans la baie faible associé à des acidités élevées (Figure 43). Elle peut s'expliquer par un phénomène d'arrêt de maturation des raisins, d'un problème de chargement en sucres lié à la charge importante de grappes sur une même souche, du climat en association avec l'état sanitaire qui oblige à une vendange précoce.

Dans le cas rencontré au cours du suivi œnologique, le domaine en question présentait un arrêt de maturité sur une parcelle de cinsault avec une charge importante de raisin. Une fois la vendange rentrée, le taux d'alcool probable à l'analyse se trouvait à 9,77 % vol. soit bien en dessous des attentes fixées autour de 12,5 % vol. pour la production de rosé. Il a été décidé de réaliser un enrichissement sur cette cuve pour corriger cette teneur.

L'enrichissement est l'action d'augmenter le titre alcoométrique par addition de produits enrichissants tel que le moût concentré rectifié (MCR). Ce dernier est un liquide incolore contenant un mélange équimolaire de glucose et de fructose, obtenu par déshydratation du moût et élimination de tous les composés autres que les sucres par passage sur des résines échangeuses d'ions (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Cet ajout doit être réalisé en début de fermentation. Pour les vins AOP et IGP, cette opération ne doit pas dépasser une augmentation de plus de 1,5 % vol. du titre alcoométrique naturel ou 6,5 % du volume initial.

L'enrichissement est soumis à une réglementation précise. Il est nécessaire de réaliser, au moins 48 h avant la première opération, une déclaration préalable unique d'enrichissement auprès des douanes sur le site Prodouane. Cette déclaration est admise seulement si le déclarant tient un registre de manipulation sur lequel est inscrite chacune des opérations d'enrichissement (date, zone viticole, n° de cuve, produit et quantité utilisés, titre alcoométrique volumique naturel...). L'utilisateur du moût concentré rectifié doit s'assurer auprès de son fournisseur de la conformité du produit au regard de la réglementation européenne.

La dose de moût concentré rectifié à ajouter est calculée de manière à augmenter la teneur en alcool de 1° soit environ 16,83 g/L de sucre. La concentration de MCR est quant à elle fixée à 850 g/L de sucre. Le volume total de la cuve est ainsi multiplié par 16,83 puis divisé par la teneur en sucre de MCR (Figure 44). Pour une cuve de 100 hL, l'ajout de MCR avoisine ainsi les 200 L. L'enrichissement est une opération délicate et précise qui doit être réalisée en tout début de fermentation. Un ajout tardif peut entraîner des phénomènes de ralentissement de la fermentation, les levures étant gênées par l'alcool. Une telle intervention a néanmoins l'avantage de limiter l'échauffement (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)).

Une analyse certifiée doit être réalisée sur le moût concentré rectifié utilisé et sur le vin enrichi avant et après enrichissement de manière à prouver l'enrichissement dans les limites légales.

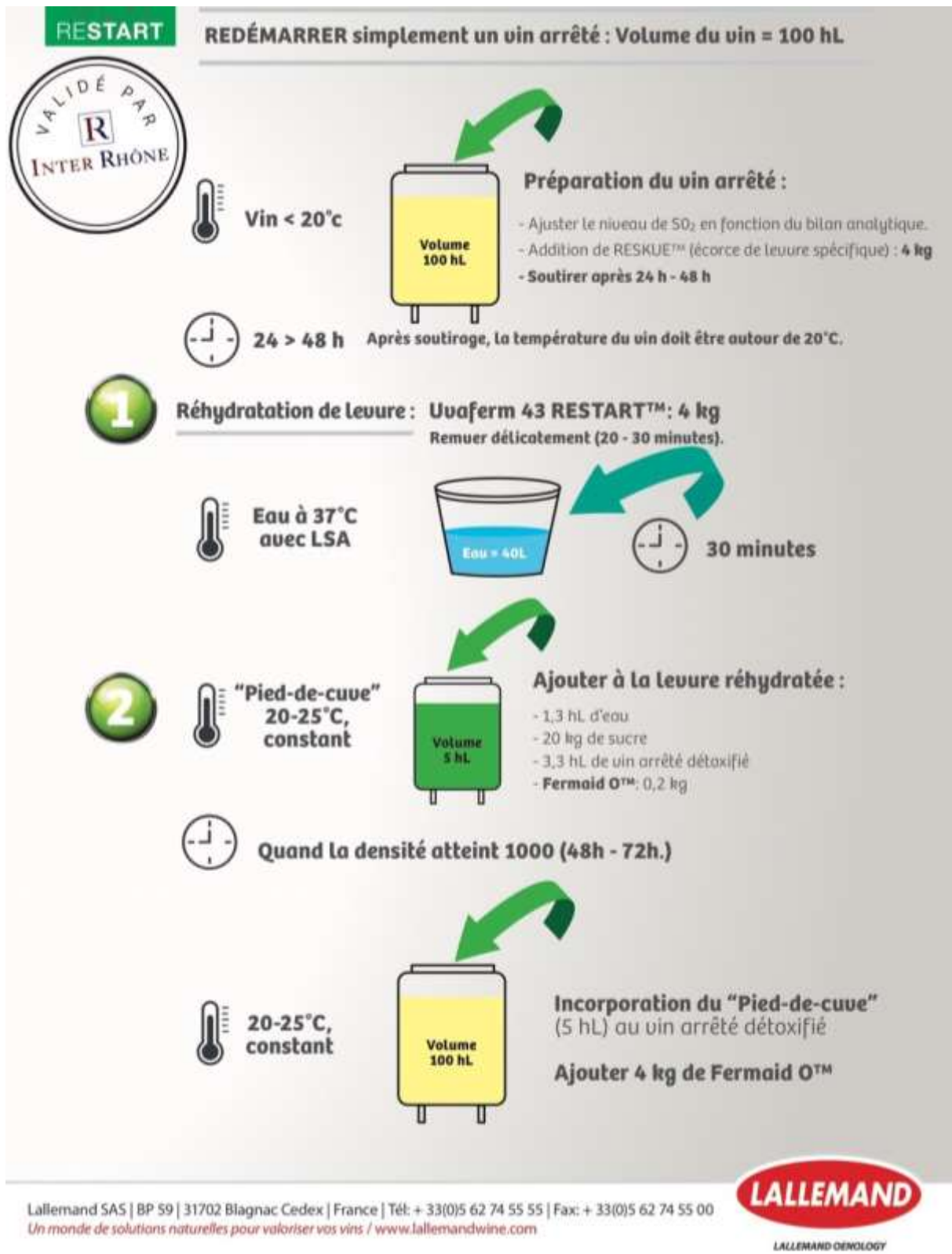


Figure 45: Protocole de relance de fermentation (Lallemand)

L'enrichissement réalisé au sein de ce domaine a permis de passer d'un titre alcoométrique volumique potentiel de 9,45 % vol. à 10,71 % vol. sur une première cuve et sur une deuxième de 9,77 % vol. à 11,11 % vol.

La problématique inverse a été rencontrée avec une teneur en sucre très élevée qui complique le bon déroulement des fermentations. Ce phénomène peut notamment conduire à un arrêt de fermentation.

II.3.2 Relance de fermentation

Le millésime 2020 a été marqué par des teneurs en sucre élevées qui dans certaines caves ont conduit à un arrêt de fermentation. Celui-ci peut avoir plusieurs origines, outre une teneur en sucre élevée. Il peut s'expliquer par des carences en azote, en vitamine et en acide gras (notamment avec des débourbages trop poussés sur blanc et rosé), de brusques changements de températures, une aération insuffisante ou bien encore la présence de micro-organismes indésirables. Les levures se retrouvent ainsi dans des conditions de développement et de fonctionnement défavorables.

Au cours des vinifications du millésime 2020, les arrêts de fermentation rencontrés sont en grande majorité liés à la forte teneur en sucre. Dans ce contexte, le décuvage peut être réalisé précocement de manière à finir la fermentation en phase liquide.

Dans un des domaines vinicoles, le choix d'une levure, la ZYMAFLORE® XPure (de chez Laffort) a entraîné un arrêt de fermentation. En effet, celle-ci ne résiste pas à des teneurs en alcool supérieures à 15 -16 % vol.

Une fois l'arrêt de fermentation constaté (absence de perte de densité pendant 48h), le décuvage a été effectué sur cette cuve. Les vins de coules et de presses ont été séparés. Les presses sont enzymées à 2 g/hL au moment du pressurage.

En phase liquide, la fermentation est repartie spontanément sur les vins de presse ce qui n'a pas été le cas sur les coules. Un sulfitage a donc été réalisé sur la cuve de coules et la température a été élevée de manière à favoriser le développement et l'activité levurienne. Le sulfitage effectué a pour but d'éviter la prolifération d'autres micro-organismes susceptibles de dégrader les sucres en composés indésirables. C'est notamment le cas des bactéries lactiques. La fermentation malolactique ayant déjà été réalisée en cuve, le risque était bien présent.

Dans un premier temps, une partie des presses en pleine fermentation a été intégrée au volume de coule pour essayer de relancer sa fermentation. Cette opération n'a malheureusement pas aboutie à la consommation de la totalité des sucres.

Un autre protocole de relance a alors été mis en place. La première étape consiste à ajouter des écorces de levures dans le vin en arrêt de fermentation (Figure 45). Celles-ci ont pour fonction de capter les composés toxiques capables d'inhiber la fermentation. Un soutirage du vin est réalisé 24 à 48 h après ajout de ces écorces.



La deuxième étape porte sur la constitution d'un levain avec une levure tolérante à l'alcool (>16 % vol.) et une forte affinité pour le fructose. Le choix s'est porté sur Uvaferm 43 Restart™ de chez Lallemand, une *Saccharomyces cerevisiae (ex bayanus)*. Cette dernière est réhydratée dans de l'eau à 37°C pendant 30 minutes (Figure 45). Un pied de cuve est réalisé avec la levure réhydratée ainsi qu'un certain volume d'eau, de sucre, de nutriment azoté et de vin arrêté calculés en fonction du volume total. Le pied de cuve démarre sa fermentation à une température maintenue entre 20 et 25°C. Une fois qu'il atteint 1000 g/L de masse volumique, il est réintégré dans le vin arrêté avec un ajout d'azote organique. L'ensemble de la cuve est maintenu à une température avoisinant les 20-25°C pour favoriser la reprise de fermentation.

Les protocoles de relance de fermentation sont longs et fastidieux avec un taux de réussite très incertain.

Malgré l'ensemble des procédés mis en œuvre, la fermentation de cette cuve de coule n'est malheureusement pas correctement répartie. Les analyses œnologiques présentent une teneur en sucres résiduels de l'ordre de 4 g/L. Le risque de développement microbien a en revanche été bien maîtrisé avec une acidité volatile ne dépassant pas les 0,45 g d'H₂SO₄/L.

Avec l'augmentation de la teneur en sucre des raisins, les fermentations languissantes et les arrêts sont de plus en plus fréquents (article de Abellan A., Vitisphere le 23/01/2019). A l'inverse l'enrichissement est de moins en moins pratiqué.

Les protocoles de vinification sont donc à réfléchir avec soin de manière à intégrer ce risque. En fonction du raisin récolté, le choix des levures, intrants, températures et process sont adaptés au mieux. L'objectif est de réaliser la fermentation alcoolique dans les meilleures conditions possibles pour permettre la consommation de la totalité des sucres.

La fermentation alcoolique est une étape clé dans la vie d'un vin. Elle demande une attention et une énergie toute particulière pendant la période des vendanges. L'élaboration du vin se poursuit à travers les travaux de chai. Le but est de préparer le vin à la mise en bouteille.



Les Immortelles

IGP Collines de la Moure Blanc



L'Esprit d'Héloïse

AOP Saint Georges d'Orques Rosé



Histoire de Jean

AOP Languedoc Rouge

Figure 46: Présentation des cuvées du Clos Isidore (1)
(source photo: <http://le-clos-disidore.com>)

III. Les travaux de chai

La gamme du domaine du Clos Isidore se compose d'un total de six vins comprenant un blanc, un rosé et quatre rouges.

III.1 Présentation des vins

III.1.1 Blanc

La cuvée de blanc est nommée "Les Immortelles", vendue à 10 euros. Elle est revendiquée sous l'appellation IGP Collines de la Moure (Figure 46). Il s'agit d'un assemblage de Viognier, Grenache blanc et Vermentino. Une partie de cette cuvée est composée de 20 % de vin élevé en fûts pendant 5 mois.

Le millésime 2019 se dévoile sur une couleur jaune pâle. Le nez est citronné avec des notes de fruits à chair blanche ainsi que des arômes de verveine et tilleul. La bouche est à la fois ample et vive avec une finale légèrement iodée.

III.1.2 Rosé

La cuvée de rosé, "L'Esprit d'Héloïse" est vendue autour de 7 euros. Elle est revendiquée sous l'appellation AOP Saint Georges d'Orques (Figure 46). Elle est élaborée à partir de Syrah et Grenache.

Le millésime 2019 se présente sur une robe pâle de couleur pêche. Le nez a des arômes de fraise. La bouche est ronde tout en préservant une sensation de fraîcheur, la finale garde une belle acidité sans amertume.

III.1.3 Rouges

La cuvée "Histoire de Jean" se place en entrée de gamme et est vendue à 6 euros prix caveau (Figure 46). Sous l'appellation Languedoc, elle se compose d'un assemblage de Syrah, Mourvèdre et Grenache.

Le millésime 2019 d'une couleur rouge rubis s'exprime sur les fruits rouges types cassis frais associés à des notes de garrigue et de réglisse. La bouche est souple avec une belle vivacité, la finale apporte une aromatique légèrement balsamique.

La cuvée "Dolia" se place juste après l'entrée de gamme en termes de prix, elle est vendue 8 euros prix caveau. Elle est également revendiquée au sein de l'appellation Languedoc (Figure 47). Il s'agit d'un assemblage de Carignan et Mourvèdre.

En 2019, elle dévoile une robe légèrement plus prononcée que la cuvée Histoire de Jean. L'aromatique porte sur des fruits noirs tels que la mûre et la myrtille avec une pointe épicée. La bouche présente un beau volume avec des tanins bien présents, un peu crayeux.

La cuvée "Murs Murets" est vendue à 11 euros prix caveau et appartient à l'appellation Languedoc Grès de Montpellier (Figure 47). Elle est élaborée à partir de Grenache et Mourvèdre.

En 2019, la robe est intense, le nez se dessine sur une aromatique fruitée côté cassis avec des notes balsamiques. La bouche est à la fois fluide et tannique.



Dolia
AOP Languedoc Rouge



Murs Murets
AOP Languedoc Rouge



Les Sentiers Pourpres
AOP Saint Georges d'Orques Rouge

Figure 47: Présentation des cuvées du Clos Isidore (2)
(source photo: <http://le-clos-disidore.com>)

La cuvée haute gamme nommée “Sentiers Pourpres” est revendiquée en AOP Saint Georges d’Orques (Figure 47). Elle est vendue à 15 euros prix caveau. Elle se compose de Syrah et Grenache avec une partie élevée en fût.

Cette cuvée de 2018 se dévoile sur une robe sombre avec des reflets bleutés. Le nez se dessine sur une aromatique fruitée et boisée avec des notes de cassis, moka, tapenade et un côté poivré. La bouche est dense et équilibrée avec une bonne longueur.

III.2 Suivi du travail de chai

III.2.1 Assemblage

La réunion d’assemblage des vins s’est réalisée le 7 décembre 2020 au laboratoire Natoli & associés avec les œnologues conseils et les vignerons. Au cours de cette réunion, tous les vins présents dans la cave sont dégustés. Des échantillons d’au moins 75 cl sont réalisés pour chaque cuve.

Le rendez-vous d’assemblage débute sur le bilan des ventes du domaine concernant l’année 2020. Cette rétrospective tend à identifier les baisses ou les progressions commerciales en fonction des cuvées. L’objectif est d’identifier les besoins à venir notamment en termes de volume sur chaque cuvée. L’année 2020 marquée par la crise sanitaire liée au Covid 19 n’a pas facilité les ventes. Les salons ayant été annulés, il n’a pas été possible de développer de nouveaux clients. S’ajoute à cela, les périodes de confinement et de couvre-feu qui ont conduit à une diminution des ventes chez les cavistes et dans le secteur de la restauration. Ce contexte particulier se poursuit malheureusement sur l’année 2021. Il met ainsi à mal de potentielles prédictions d’évolution des ventes, ce qui complique les estimations de volumes nécessaires. Compte tenu de cette situation, le domaine du Clos Isidore a préféré préserver les mêmes volumes à embouteiller pour chaque cuvée.

Les vins embouteillés au cours du dernier millésime sont dégustés à cette occasion. Cette dégustation permet d’identifier les spécificités de chaque cuvée et de les garder en mémoire tout au long de l’assemblage. L’idée est de préserver une identité olfactive et gustative sur chacune d’elle pour le millésime à venir. Les cuvées de blanc et de rosé déjà assemblées sont redégustées. Au fil de la dégustation des cuves et des barriques, des profils et des qualités sont mis en avant.

Les assemblages de rouge commencent par la cuvée haute gamme “Sentiers Pourpre” millésime 2019 qui se compose d’une partie élevée en fûts. Pour préparer la cuvée du millésime 2020, un volume comprenant les cuves de syrah et de grenache 2020 les plus qualitatives est réservé pour l’élevage en barrique. Les assemblages se poursuivent ensuite avec la cuvée “Murs Muret” 15 hL (soit 2000 bouteilles), “Dolia” 20 hL (soit 2666 bouteilles) et “Histoire de Jean” 40 hL (soit 5 333 bouteilles).

Une fois les assemblages établis, les mouvements des vins sont réalisés en cave. Chaque cuvée est ainsi élevée dans une cuve correspondante. L’ensemble des vins est prélevé pour être soumis à des essais de collage.

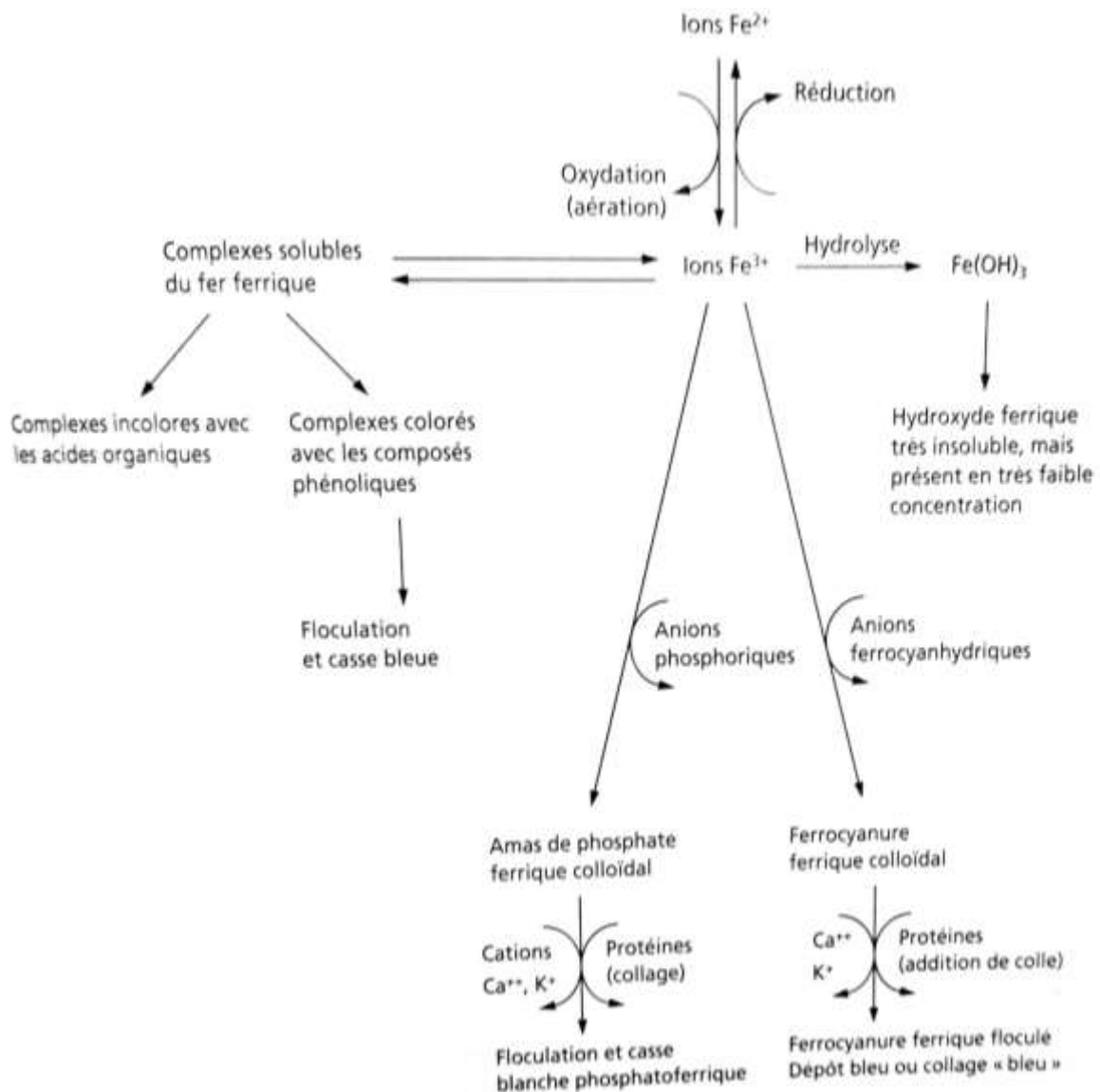


Figure 48: Réactions du fer dans les vins aérés (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b))

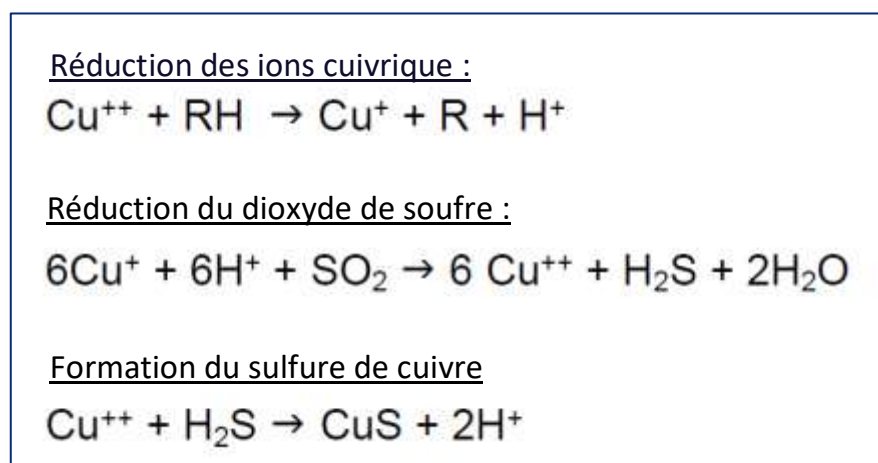


Figure 49: Un des mécanismes de la casse cuivrique (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b))

III.2.2 Collage des vins

Les essais de collage sont associés à des analyses œnologiques ainsi qu'à des tests protéiques pour les vins blancs et rosés. Ces derniers tendent à forcer la précipitation des protéines de manière à mettre en évidence leur instabilité. Le laboratoire Natoli & associés met en place deux tests complémentaires :

- Test 1 : Chauffage du vin à 80°C pendant 30 min
 - Test 2 : Chauffage du vin à 80°C pendant 30 min après ajout de 5 % de tannins
- Après chauffage, chacun de ces vins est soumis à une analyse visuelle.

L'objectif de ces mesures est d'identifier un risque de casse protéique. Cette dernière est causée par l'association des tanins avec les protéines à travers des liaisons hydrogène et des interactions hydrophobes. Ces interactions tanins-protéines donnent lieu à des processus d'agrégation et de précipitation qui peuvent se traduire par un trouble ou un dépôt en bouteille.

Dans le cadre de ces études de collage, deux paramètres supplémentaires sont mesurés. Il s'agit de la teneur en fer et en cuivre pour identifier des risques de casse ferrique et cuivrique.

Une teneur en fer supérieure à 10 mg/L peut engendrer une casse blanche dans le cas de vin blanc et une casse dite bleue pour les vins rouges (Figure 48). La casse blanche résulte de la réaction des ions Fe^{3+} avec l'acide phosphorique qui forme ainsi un colloïde instable. Ce dernier est amené à flocculer et précipiter en présence de protéines. La casse bleue est quant à elle liée à la réaction du fer ferrique avec les composés phénoliques. Ces derniers forment un complexe soluble qui conduit à une augmentation de la coloration et son évolution vers le bleu et le noir (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)).

Une teneur en cuivre supérieure à 1 mg/L peut être à l'origine d'une casse cuivrique qui s'explique par deux mécanismes. Le premier consiste en la réduction des ions cuivriques suivi de la réduction du dioxyde de soufre. Il s'ensuit la formation du sulfure de cuivre pour finir par sa floculation sous l'action des protéines (Figure 49). Le deuxième est dû à la réduction des ions cuivriques jusqu'au stade Cu métal où une partie précipite à l'état colloïdale et une autre réduit SO_2 en H_2S avec formation de SCu (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Les colloïdes sont ensuite flocculés. Dans les vins blancs, cette casse est à l'origine de l'apparition d'un trouble évoluant en dépôt brun-rouge. Cet aspect est mal perçu par les consommateurs.

Ces analyses œnologiques sont suivies par des essais de collage sur les trois couleurs. Pour ce faire plusieurs collages sont utilisés à plusieurs doses pour choisir les collages les plus adaptés à chaque produit et leur matrice. Les essais de collage des vins blancs et rosés ont été effectués le 9 décembre 2020 et ceux des rouges le 4 janvier 2021.

Après analyses, les vins blanc et rosé du Clos Isidore ne contiennent pas de protéines. Les teneurs en fer sont inférieures à 2,5 mg/L sur tous les vins du Clos Isidore et celles en cuivre sont toutes en dessous du seuil de détection.

III.2.2.1 Blanc

Sur la cuve de blanc, le choix s'est porté sur un collage à base de colle de poisson à 0,5 g/L et de bentonite à 20 g/hL.

1 PRÉPARATION DES COLLES

• **Les gélatines** : sous forme liquide, elles peuvent être utilisées soit pures, soit diluées dans une fois leur poids d'eau. Sous forme poudre, il faut les solubiliser à chaud (cf. protocole du fabricant).

Toutes les gélatines ne sont pas équivalentes. Nous précisons la marque exacte de celle à utiliser ainsi que de ses correspondances éventuelles.

• **Les bentonites** : la préparation reste une étape primordiale pour l'efficacité de cette colle. Bien respecter les préconisations du fournisseur.

Les essais en laboratoire sont réalisés avec la bentonite Microcol Alpha. Les bentonites Sodibent, Natura Bent et Bentonite S donnent des résultats similaires au niveau de la déprotéinisation.

• **La colle de poisson** : acidifier cette colle avec de l'acide citrique si celle-ci n'en contient pas déjà.

• **L'albumine d'œuf** : dissoudre dans 10 fois son poids d'eau et laisser reposer 1 à 2 heures.

• **La caséine** : dissoudre dans 10 à 20 fois son poids d'eau et laisser reposer 1 à 2 heures.

• **La PVPP** : dissoudre dans 6 fois son poids d'eau et laisser reposer 1 à 2 heures.

• **La colle de pois** : dissoudre dans 10 fois son poids d'eau tiède en remuant. Incorporer au cours d'un remontage.

2 SOUTIRAGE

► Cette opération doit être **systématique** pour ne pas coller sur les lies. Elle sera facultative uniquement dans le cas de soutirage très récent.

► Il est indispensable d'utiliser des **pompes à corps inox**, particulièrement sur les petits volumes, les vins blancs et les rosés, pour éviter de charger le vin en cuivre.

► L'inertage est quasi **systématique** en blanc et rosé. Il peut être recommandé sur les rouges (voir consignes personnalisées).

3 INCORPORATION

Elle se fait lors du **soutirage, progressivement** et si possible à l'aide d'un injecteur ou d'une pompe doseuse.

L'ordre d'incorporation des différentes colles ainsi que les **intervalles** entre chaque incorporation sont **capitaux** :

► Chaque apport doit être réalisé **4 à 5 heures** après le précédent.

► Homogénéiser au moins **30%** du volume de la cuve à chaque ajout.

► Au-delà de **30 g/hl** de bentonite, l'apport doit être **fractionné en 2 fois** ; au-delà de **60 g/hl**, il sera fractionné en **3 fois**. Respecter le délai de **4 à 5 heures** entre chaque apport de bentonite.

4 LEVÉE DE COLLE

Bien respecter la **durée** de collage préconisée pour avoir une **sédimentation optimale** des colles et donc limiter les pertes. La levée de colle se fera **très délicatement**.

Figure 50: Quelques règles de base pour réussir son collage (Laboratoire Natoli & associés)

La colle de poisson ou ichtyocolle apporte de la brillance aux vins blancs et renforce leur couleur jaune. Bien qu'elle ne surcolle pas les vins en raison de sa facilité à flocculer avec peu de tanins, elle donne néanmoins des lies légères et volumineuses. Ce phénomène complique alors le soutirage et peut amener à colmater les surfaces filtrantes (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Pour faciliter son utilisation, il est nécessaire d'acidifier cette colle avec de l'acide citrique si celle-ci n'en contient pas déjà (Figure 50).

La bentonite a pour rôle de déprotéiniser de manière à éviter les phénomènes de casse protéique en bouteille (Figure 50). Elle permet également de clarifier et de stabiliser le vin.

Chaque apport (colle de poisson puis bentonite) est espacé de 4 à 5 heures et une homogénéisation d'au moins 30% du volume est réalisée entre chaque ajout. Un sulfitage à 1 g/hL a également été effectué lors du collage avant incorporation de la première colle. Ces opérations ne nécessitent pas de soutirage, ni d'aération préalable dans le cas de ce vin. A l'inverse il est important de réaliser un bon inertage pour éviter des phénomènes d'oxydation. La levée de colle est ensuite réalisée 15 à 20 jours après son incorporation dans le vin pour permettre une sédimentation optimale des colles et ainsi limiter les pertes.

III.2.2.2 Rosé

Le collage du rosé est proche de celui du blanc, les colles utilisées sont identiques seules les doses sont différentes. La colle de poisson est ainsi ajoutée à une dose de 1 g/hL et la bentonite à 25 g/hL. Le collage est par la suite réalisé dans les mêmes conditions à l'exception d'un sulfitage légèrement plus important à 1,5 g/hL.

III.2.2.3 Rouges

Le collage des vins rouges est à base de gélatine. Celles-ci sont issues de l'hydrolyse du collagène des animaux (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Elles ont la capacité de précipiter certains composés phénoliques du vin. La dose et la nature de la gélatine utilisées doivent être choisies avec soin en fonction de la richesse en composé phénolique du vin. Un collage adéquat permet d'assouplir et d'affiner le vin, au contraire une teneur trop élevée peut le durcir et l'amaigrir (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Ces choix sont des points clés, les gélatines avec des charges importantes étant considérées comme plus actives vis-à-vis des familles différentes de tanins. Il est ainsi conseillé de choisir une gélatine peu ou moyennement chargée dans le cas de vin pauvre en composés phénoliques. Cette dernière aura une action sur les tanins les plus chargés et les plus réactifs, sans trop impacter l'ensemble de la matrice tannique du vin.

Au Clos Isidore le choix s'est porté sur une gélatine liquide avec une charge faible et beaucoup de peptides chargés (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Les doses ont été adaptées pour chaque vin. Un collage à 4 cl/hL est conseillé sur la cuve "Dolia" et à 3 cl/hL sur les autres. Ces opérations ne nécessitent pas de soutirage, aération ou inertage. La mise en œuvre du collage est proche de celle des vins blancs et rosés avec une homogénéisation d'au moins 30 % du volume de la cuve. Quelques corrections de sulfitage sont réalisées lors du collage. Cela correspond à un ajout de 1,5 g/hL de SO₂ pour la cuve "Dolia", 2,5 g/hL de SO₂ pour celle "Les Sentiers Pourpres" et 2 g/hL de SO₂ sur les deux restantes. La levée de colle est faite 15 à 20 jours après leur incorporation dans le vin. Les vins continuent ensuite leur période d'élevage.

III.3 Elevage

Au sein du domaine, une partie des vins sont élevés en cuve et une autre en barrique (2 fûts de blancs et 10 de rouge). L'élevage des vins en fûts demande une certaine maîtrise technique. Le risque de contaminations microbiennes et l'apparition de défauts organoleptiques sont des phénomènes bien connus depuis plusieurs siècles. Un élevage en barrique s'accompagne généralement d'une augmentation de l'acidité volatile plus marquée en comparaison à celui réalisé en cuve. Celle-ci peut s'expliquer par une légère activité des bactéries lactiques anaérobies ou le développement des bactéries acétiques à proximité de la bonde (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). La production d'acidité volatile est légèrement supérieure sur fût neuf ce qui s'explique par la présence d'acide acétique. Ce dernier est formé à partir des groupements acétyles des hémicelluloses du bois lors du chauffage du fût (Marsal, 1992). Toutefois, si l'élevage en fût est bien mené, il présente de nombreux avantages à la fois pour les vins blancs et pour les rouges.

Le vin blanc vinifié en barrique est conservé sur lies de levure tout au long de l'élevage avec un bâtonnage régulier. Cette opération associée à l'oxydation ménagée du fût permet de limiter le développement de composés soufrés nauséabonds. Une diminution des thiols volatils du vin est en revanche associée à ce phénomène. Elle est d'autant plus rapide sur des fûts neufs (Lavigne, 1996). L'élevage de ce volume de blanc en fût est maintenu jusqu'à sa mise en conditionnement avant embouteillage soit jusqu'à mi-mars.

Un élevage des vins rouges en barrique participe à l'amélioration de leur qualité au cours du temps. Tout comme pour l'élevage des vins blancs, l'oxydation ménagée tend à modifier la composition phénolique des vins rouges. Il impacte notamment sa couleur qui tend à s'intensifier en raison de l'interaction entre les tanins et les anthocyanes. De plus, les tanins ellagiques originaires du bois sont capables de modifier la structure des tanins du vin et de combiner les anthocyanes (Vivas & Glories, 1996). Cet élevage amène ainsi à une stabilisation de la couleur dans le temps ainsi qu'un assouplissement des tanins (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). La limpidité du vin est également améliorée grâce au phénomène d'adsorption lié au bois et au faible volume contenu.

L'élevage en fût contribue à l'apport de substances odorantes extraites du bois. Celles-ci sont variables en fonction de l'origine et de l'âge de la barrique, de sa chauffe et du temps d'élevage du vin. Ce type d'élevage peut néanmoins extraire des composés considérés comme responsables de la perception amère, c'est le cas d'un énantiomère du lyonirésinol (Marchal et al., 2015). A l'inverse, d'autres molécules libérées par le bois, des triterpènes édulcorants nommés quercotriterpénosides, participent à la saveur sucrée (Marchal et al., 2010).

Au cours de l'élevage, une surveillance est réalisée sur ces fûts à travers des analyses œnologiques (environ une fois par mois). Un ouillage régulier est effectué de manière à compenser les pertes de vin par évaporation ou adsorption par le bois. Cette opération limite la surface de contact vin - air et par conséquent les phénomènes d'oxydation (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). La teneur en SO₂ libre est maintenue au-dessus de 15 mg d'H₂SO₄/L (variable en fonction du pH).

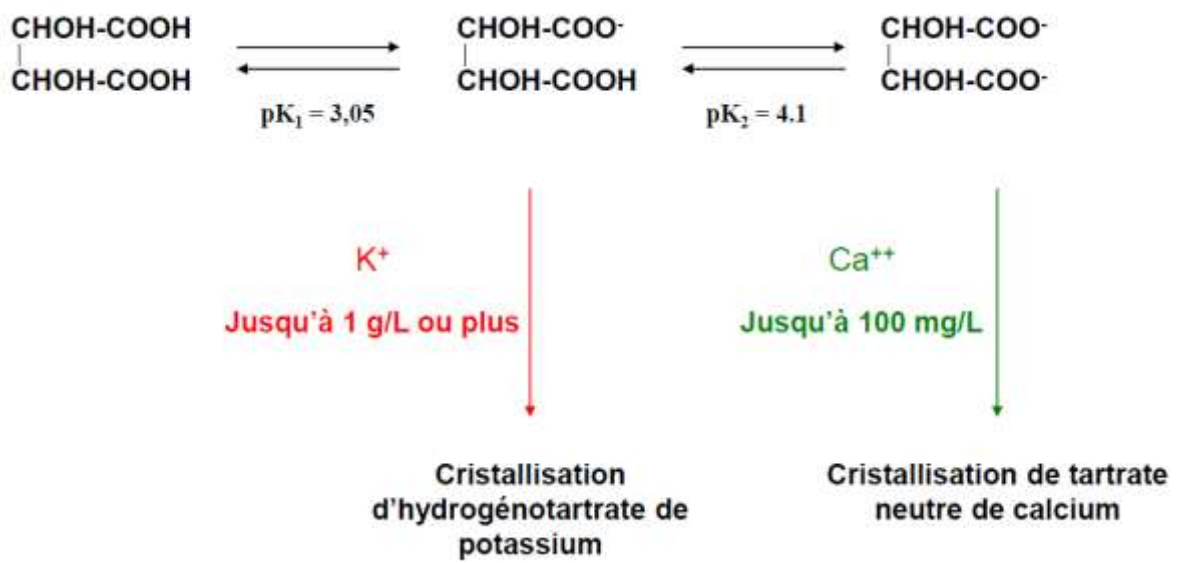


Figure 51: Instabilité tartrique des vins (Vernhet A., 2020)

A l'arrivée du printemps, de plus amples précautions sont prises et la surveillance visuelle se resserre sur les barriques. En effet, cette période marque une augmentation progressive des températures. Elle s'accompagne d'une évaporation plus rapide du vin au sein des barriques et d'un milieu ambiant favorable aux développements des micro-organismes (levures, bactéries, champignons...).

Une majorité des vins est conservée dans les cuves en fibre de verre à chapeau flottant. Ils sont contrôlés régulièrement à travers des analyses œnologiques (environ une fois par mois). Les cuves de blancs et de rosés ont été soutirées une première fois peu après la fin de la fermentation alcoolique. Cette opération a permis l'élimination d'une partie des lies grossières et tend ainsi à limiter le développement d'odeurs de réduction au cours des premiers mois d'élevage. Un des dangers de la conservation des vins blancs sur lies de levures est l'apparition d'odeurs d'hydrogène sulfuré et de mercaptans (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (a)). Ce phénomène est d'autant plus marqué sur des grands volumes de vin conservés dans des cuves de grande capacité.

Dans le cas du Clos Isidore, les volumes de vin en cuve restent modérés ce qui tend à abaisser ce risque de réduction. Au contraire, le blanc est parfois soumis à des phénomènes d'oxydation.

Concernant les cuves de rouge, un soutirage est effectué à l'occasion de l'assemblage de chaque cuvée ainsi qu'au moment des collages. Ces opérations permettent une clarification par élimination du dépôt.

La période d'élevage en cuve et en barrique touche à sa fin et amène à une préparation des vins avant la mise en bouteille.

III.4 Conditionnement avant la mise en bouteille

Avant chaque mise en bouteille, une étude de mise est faite au laboratoire Natoli & associés. Des analyses œnologiques sont réalisées à cette occasion en intégrant un paramètre supplémentaire par rapport à celle faite au moment du collage. Il s'agit de la tenue au froid du vin qui correspond à un test de stabilité tartrique. Ce dernier a pour objectif d'anticiper le risque de précipitations tartriques en bouteille et d'y associer un traitement adapté pour l'inhiber voire l'éliminer.

Les troubles cristallins proviennent des précipitations des sels de l'acide tartrique. Dans le vin, l'acide tartrique se lie avec les ions K^+ et Ca^{2+} pour former des complexes susceptibles de précipiter à basse température. Ces derniers sont aux nombres de cinq : hydrogénotartrate de potassium, le tartrate neutre de calcium (Figure 51), le tartrate neutre de potassium, le tartrate double de potassium et de calcium ainsi que le sel mixte tartromalate de calcium ((Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b))). Le processus de précipitation de ces sels se déroule en deux étapes :

1. La nucléation est l'étape de formation des premiers cristaux.
2. La croissance des cristaux est suivie par leurs précipitations. Ce processus peut être inhibé par des molécules colloïdales telles que les tanins. En raison de ce phénomène, le laboratoire Natoli & associés recommande de tester la stabilité tartrique après la réalisation des collages. Ce dernier modifie l'équilibre colloïdal du vin en éliminant les tanins.



Figure 52: Filtre à plaque
(source photo :<https://www.terroirdumondeeducation.com>)

Les facteurs principaux influençant ce phénomène sont la concentration en sels de l'acide tartrique et la température du vin. Les cristaux de tartrate formés au cours de ce processus n'ont pas d'incidence organoleptique mais ils sont néanmoins souvent mal perçus par les consommateurs.

Le test mis en place par le laboratoire Natoli & associés est une tenue au froid. Il consiste à mesurer la différence de teneur en acide tartrique et d'acidité totale entre deux échantillons de 50 mL. Le premier est le témoin conservé à température ambiante, le deuxième est placé au congélateur à -18°C pendant 12h. Une observation visuelle s'ajoute à cette mesure de manière à observer un potentiel dépôt formé sur l'échantillon après décongélation. Elle permet d'évaluer la stabilité de la matière colorante (Laboratoire Natoli & associés).

III.4.1 Blanc

Au vu des analyses et des tests de stabilité, ce vin ne montre pas de problème particulier. La tenue au froid est correcte, les teneurs en fer et en cuivre sont sans danger et le vin ne contient pas de protéines instables ni de sucres résiduels.

Quelques corrections sont néanmoins à effectuer avant la mise en bouteille. Bien que la teneur en dioxyde de carbone soit correcte de l'ordre de 800 mg/L, elle nécessite d'être remontée de manière à assurer 900 mg/L en bouteilles.

Un ajout de 10 g/hL d'acide métatartrique permet de prévenir une précipitation des sels de l'acide tartrique au moins au cours des six prochains mois. L'acide métatartrique résulte de l'estérification intermoléculaire de l'acide tartrique. Il peut être utilisé à une dose maximale de 10 g/hL selon la réglementation européenne. Il est employé pour éviter les précipitations des sels d'hydrogéntartrate de potassium et tartrate neutre de calcium (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Son action porte sur la répression de l'étape de nucléation. Les molécules d'acide métatartrique s'intercalent au cours de la formation du cristal de sel tartrique bloquant ainsi le grossissement de ce dernier. Le principal désavantage de l'emploi de l'acide métatartrique est son instabilité avec un risque d'hydrolyse des fonctions esters. Cette dernière est fortement modulée par les températures. Il a été observé pour une solution à 2% d'acide métatartrique, une hydrolyse complète en trois mois à 23°C et en 10 mois à 5°C (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Les conditions de conservation des vins en bouteille sont donc déterminantes dans le choix de l'utilisation de ce produit vis-à-vis de la stabilité tartrique.

Au vu du pH de ce vin, le SO₂ actif est correct, néanmoins le SO₂ libre est un peu faible pour une mise en bouteille. Un ajout de 1,5 g/hL de SO₂ est conseillé pour atteindre un minimum de 25 mg/L de SO₂ libre.

La stabilisation du vin est permise par plusieurs opérations de filtration. La première, de clarification, est effectuée sur plaque de 1 µm. Les plaques de filtration sont élaborées par dépôt d'une suspension épaisse de fibre de cellulose parfois combinée avec des adjuvants (diatomées, perlites, résines ...). Ces fibres sous agitation se déposent en formant un réseau tridimensionnel. Le vin sera ainsi filtré dans le sens du dépôt des fibres, soit du côté rugueux vers le côté lisse.

Le choix des plaques est un critère important et doit être adapté en fonction du vin. L'objectif est d'éviter l'accumulation de particule en surface qui aura pour conséquence un colmatage du filtre. La surface interne d'un filtre peut retenir un volume important de liquide (jusqu'à 3 L/m², (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b))).

Avant toute filtration de vin, les plaques sont affranchies par passage d'eau au travers des filtres. Cette opération permet d'éliminer le goût de papier et de vérifier la bonne étanchéité du filtre (éviter les fuites). L'arrêt de l'affranchissement se fait par dégustation de l'eau à la sortie du filtre. Si le goût de papier a disparu, il est possible d'évacuer l'eau et de commencer la filtration du vin. L'eau est poussée par le vin. Un mireur placé à la fin du filtre permet de changer la cuve de réception pour ne récupérer que le vin. Les débits et les pressions maximales indiqués par le fournisseur des plaques sont à respecter. Il est recommandé de travailler à faible pression proche de 0,5 bar pour éviter la casse des plaques et risquer un relargage. Dans ce contexte, la pression est surveillée tout au long de la filtration pour éviter d'atteindre la pression maximum indiquée par le fournisseur.

Cette première filtration est suivie d'une deuxième dite stérilisante ou de finition à 0,65 µm avant le tirage. Cette dernière a pour but de limiter les risques de développement microbien. En effet, ce vin blanc n'ayant pas réalisé sa fermentation malolactique, les conditions du milieu sont plus propices à des développements microbiens.

Une fois la mise en bouteille réalisée, une analyse pour contrôle après embouteillage est effectuée. Les bouteilles de blanc sont conformes avec la réglementation des vins issus de l'agriculture biologique. La teneur en SO₂ total se situe bien en-dessous des 150 mg/L avec 50 mg/L en bouteille. En revanche, la teneur en SO₂ libre est basse pour assurer une bonne conservation dans le temps avec 17 mg/L de SO₂. La teneur en CO₂ est également un peu basse de l'ordre de 750 mg/L.

Piste d'amélioration : Au vu de l'oxydation précoce du vin *Les Immortelles* du précédent millésime, il serait intéressant de réaliser des mesures d'oxygène à plusieurs étapes de l'élaboration de ce vin : conservation en cuve, collage, filtration, embouteillage... Ces mesures permettraient d'identifier les opérations entraînant le plus d'apport d'oxygène et d'y associer des solutions pour limiter ces prises d'air.

III.4.2 Rosé

Tout comme la cuvée de blanc, le rosé ne présente pas de problème particulier en termes de stabilité. Des collages ou des traitements thermiques ne sont pas nécessaires ici. De plus, la teneur en CO₂ est suffisante et avoisine les 900 mg/L nécessaire en bouteille.

Quelques corrections sont néanmoins à réaliser pour assurer au vin une bonne conservation une fois embouteillée. Un ajout de 10 g/hL d'acide métatartrique est effectué pour préserver le vin vis-à-vis de l'instabilité tartrique. Le rosé dispose d'une acidité moins marquée que le blanc, à dose équivalente de SO₂ libre, la teneur en SO₂ actif est plus faible.

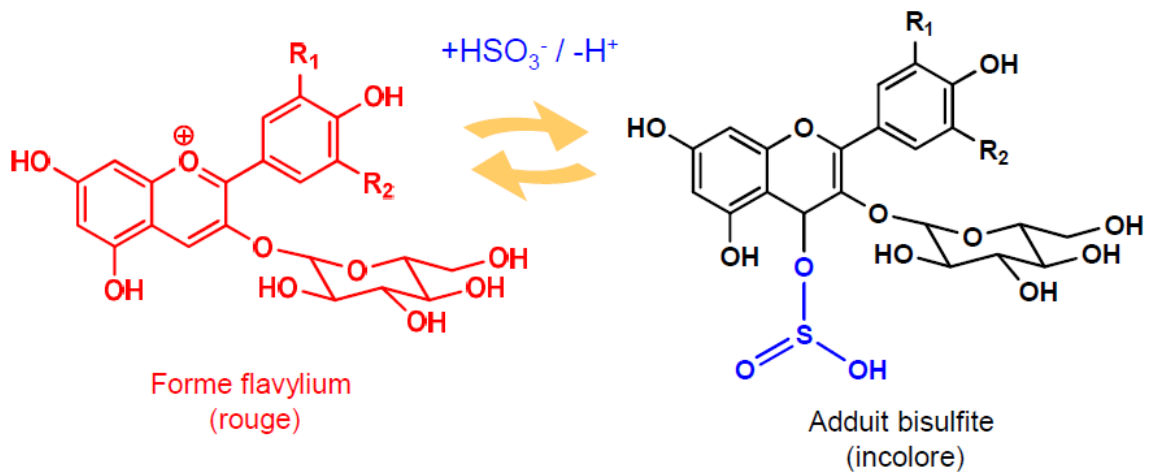


Figure 53: Décoloration partielle des anthocyanes par les sulfites dans le vin (Mouls L., 2019)

Le rosé nécessite donc un ajout de SO₂ légèrement plus élevé que le blanc, soit 2 g/hL de SO₂. Cet ajout plus conséquent permettra de protéger les vins contre l'oxydation. Cet apport a des répercussions sur le plan aromatique et visuel. La présence de SO₂ entraîne une décoloration des anthocyanes et tend à sous-évaluer la couleur rouge (Figure 53).

Les opérations de filtration sont similaires à celle du blanc : une première clarifiante à 1 µm et une deuxième de finition à 0,65 µm.

L'analyse après mise en bouteille montre un SO₂ total et libre à nouveau un peu faible à 50 g/L et 20 g/L. Ces teneurs de SO₂ sont conformes avec la réglementation des vins bio. Le CO₂ est très bas pour un vin rosé à 470 mg/L. Le CO₂ contribue à moduler le profil sensoriel des vins. Il accroît la sensation de fraîcheur. Cette baisse de CO₂ peut être liée à l'embouteillage des premières et dernières bouteilles. Le vin en début de tirage est mis en contact avec l'air présent dans les tuyaux et les filtres tandis que les derniers litres sont plus exposés à l'air de la cuve. Ces conditions favorisent la migration du CO₂ vers l'air et un appauvrissement dans le vin (Nomacorc).

III.4.3 Rouges

Au vu des paramètres analytiques, les teneurs en cuivre et en fer sont sans danger sur l'ensemble des vins rouges. La tenue au froid est en revanche mauvaise sur toutes les cuves et une stabilisation spécifique est préférable avant la mise en bouteille.

La cuvée *Dolia* 2020 montre de rares traces de sucres à des teneurs qui restent sans conséquences (<1,0 g/L) si la stabilisation est soignée. Les teneurs en CO₂ de l'ordre de 460 mg/L sont correctes et ne nécessitent pas d'ajustement.

Un ajout d'acide métatartrique à 10 g/hL est préconisé sur ce vin ainsi que l'emploi de gomme arabique. Ce dernier d'origine végétal est un colloïde macromoléculaire reconnu dans la prévention des précipitations des composés phénoliques et de la matière colorante des vins rouges. En effet la matière colorante des vins conservés au froid est considérée pour partie à un état colloïdale capable de précipiter. Contrairement à des collages tels que ceux à la gélatine, qui éliminent les polyphénols instables, la gomme arabique les maintient dans le temps en empêchant leur floculation. Par ce mode d'action, la gomme arabique ne diminue ainsi pas la couleur du vin. Il tend même à la stabiliser en comparaison aux collages où la matière colorante peut redevenir instable quelques mois après embouteillage et stockage au froid. Un des inconvénients de ce produit est principalement rencontré dans le cas de vin de garde dont le vieillissement en bouteille s'étale sur une longue durée. La gomme arabique s'opposant aux phénomènes de précipitation des colloïdes instables, les dépôts dans le fond des bouteilles disparaissent. En revanche, le vin perd de sa limpidité au fil du temps avec des colloïdes qui restent en suspension malgré leur instabilité (Ribéreau-Gayon et al., 2020 (b)). Son utilisation est donc souvent privilégiée pour des vins dont les temps de garde sont limités. D'autres actions préventives sont attribuées à la gomme arabique vis-à-vis de la casse cuivrique et dans une moindre mesure la casse ferrique. Il existe deux types de gomme arabique : celle enrobante et celle stabilisatrice. La première est ajoutée à la cuvée *Dolia* à une dose de 20 cl/hL et celle stabilisatrice est ajoutée, si possible, après la filtration de finition à une dose de 8 cl/hL.

Tableau 4: Doses maximales de SO₂ totale autorisées en agriculture biologique en Europe

Types de Vin	Doses maximales de SO ₂ totale (mg/L) autorisées par la réglementation Européenne
Rouges < 2 g/L sucre	100
Blancs secs et rosés < 2 g/L	150
Rouges entre 2 g/L et 5 g/L de sucre	120
Blancs et rosés entre 2 g/L et 5 g/L de sucre	170
Rouges > 5 g/L de sucre	170
Blancs et rosés > 5 g/L de sucre	220
Effervescents : crémants	100
Moelleux/liquoreux peu botrytisés ou passerillés	270
Blancs IGP de TAVT > 15% vol et > 45 g/L sucre	270

Quelques corrections supplémentaires sont faites au niveau du SO₂ avec un ajout de 1 g/hL pour atteindre une teneur en SO₂ total proche de 60 mg/L et en SO₂ libre proche de 30 mg/L.

La cuvée *Murs Murets* 2020 a été embouteillée en Mars. Les teneurs en CO₂ recherchées, identiques pour tous les rouges, sont de l'ordre de 400 mg/L. Cela a nécessité une augmentation du niveau de CO₂ initialement de 330 mg/L. Un ajout de gomme arabique stabilisatrice a été fait à 20 cL/hL et un de gomme arabique stabilisatrice à 10 cl/hL dans les mêmes conditions que pour la cuvée *Dolia*. Un apport de SO₂ est réalisé à 2 g/hL de manière à approcher les 30 mg/L de SO₂ libre.

Histoire de Jean a été embouteillée à la même période que *Murs Murets*. La teneur en CO₂ a été abaissée de 710 à 400 mg/L, des ajouts de 25 cl/hL de gomme arabique enrobante et 10 cl/hL de gomme arabique stabilisatrice ont été faits. 1,5 g/hL de SO₂ a également été ajouté.

La mise en bouteille du vin *Les Sentiers Pourpres* 2019 est réalisée au même moment. Des ajouts de 30 cl/hL de gomme arabique enrobante, 8 cL/hL de gomme arabique stabilisatrice et 1 g/hL de SO₂ ont été réalisés.

Les conditions de filtrations sont identiques pour ces quatre cuvées. Une préfiltration sur plaque est faite à 3 µm suivi d'une filtration avant embouteillage à 1,2 µm.

Après embouteillage, toutes les cuvées sont analysées. *Dolia* dispose d'un SO₂ bien ajusté à 28 mg/L de SO₂ libre pour 54 mg/L de SO₂ total. Le CO₂ est en revanche un peu bas à 290 mg/L.

Murs Murets dévoile une bonne teneur en SO₂ proche de celles de *Dolia* (52 mg/L de total et 27 mg/L de libre). Le niveau en CO₂ est en revanche très bas avec 140 mg/L.

Les Sentiers Pourpres dispose d'un bon niveau de SO₂ : 28 mg/L de libre et 68 mg/L de total. Le CO₂ est également bas de l'ordre de 220 mg/L.

L'ensemble de ces cuvées respectent les teneurs en SO₂ définies par la réglementation des vins biologiques (Tableau 4). Les rouges contiennent tous moins de 100 mg/L de SO₂.

Les analyses après embouteillage sont certifiées COFRAC. Elles reconnaissent les échantillons de vin conforme aux critères analytiques de la réglementation européenne. Elles valident également le respect des cahiers des charges de chaque appellation (AOP et IGP) revendiquées par les cuvées.

CONCLUSION

La récolte du millésime 2020 a été particulièrement précoce. Les conditions climatiques ont été propices à une maturation rapide des raisins. Le domaine le Clos Isidore a ainsi débuté les vendanges autour du 20 août. Les rendements se sont néanmoins retrouvés en-dessous des attentes, en partie lié à une période de sécheresse sur ce secteur. La qualité est cependant au rendez-vous. Les raisins sont sains et les maturités sont belles. Les vinifications dans les trois couleurs combinées à différentes méthodes de vinification ont été très bien maîtrisées par les vignerons. Les analyses œnologiques témoignent de la rigueur et du travail bien fait en cave, les acidités volatiles sont modérées et les sulfites sont très bien maîtrisés. Aucun défaut organoleptique n'est rencontré dans les vins. La diversité des méthodes de vinification se retrouve à la dégustation avec des profils bien distincts. Une fois les fermentations terminées à la fois alcoolique et malolactique sur les rouges, les vignerons ont continué leur surveillance des cuves tout au long de la période d'élevage. Les opérations de conditionnement du vin ont bien été anticipées. Cela a ainsi permis de réaliser des collages adéquats avec un temps sur colle suffisant. Les étapes de filtration et de stabilisation ont été étudiées pour chaque cuvée. Les préconisations ont ensuite été réalisées par les vignerons de manière à assurer les meilleures conditions de conservation en bouteille.

Malgré des conditions de commercialisation difficiles, conséquence de la crise du Covid 19, les vignerons ont choisi de préserver le même nombre de bouteille à commercialiser pour le millésime 2020 que celui de 2019. Leurs principaux circuits de vente se composent des cavistes, des CHR (café, hôtel, restaurants) et de la vente directe.

Le Clos Isidore souhaite à l'avenir augmenter sa capacité de production en priorisant et en adaptant les opérations au vignoble (notamment la taille). L'arrivée en production des nouvelles plantations et le renouvellement des parcelles vieillissantes devraient faire progresser les rendements dans les années à venir.

Cette expérience de conseil œnologique au sein du laboratoire Natoli & associés pendant les vinifications 2020 a été très enrichissante. Elle permet en un court laps de temps de suivre plusieurs caves avec des méthodes et du matériel de vinifications divers et variés. S'ajoute les situations problématiques qui nous obligent à nous dépasser de manière à trouver les solutions les plus appropriées (blocage de maturité, arrêt de fermentation, ...). Le suivi de domaine sur un large bassin viticole (de St-Chinian jusqu'à Ales) amène à découvrir un large éventail d'expression aromatique typique des cépages et du terroirs.

Références Bibliographiques

Articles Scientifiques

- Alexandre, H., Nguyen Van Long, T., Feuillat, M., & Charpentier, C. (1994). Contribution à l'étude des bourbes : influence sur la fermentescibilité des moûts. *Revue française d'oenologie*, 34(146), 11-20.
- Bauer, R., & Dicks, L. M. (2004). Control of malolactic fermentation in wine. A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 25(2), 74-88.
- Bely, M., Sablayrolles, J. M., & Barre, P. (1990). Automatic detection of assimilable nitrogen deficiencies during alcoholic fermentation in oenological conditions. *Journal of fermentation and bioengineering*, 70(4), 246-252.
- Beltran, G., Novo, M., Guillamón, J. M., Mas, A., & Rozès, N. (2008). Effect of fermentation temperature and culture media on the yeast lipid composition and wine volatile compounds. *International journal of food microbiology*, 121(2), 169-177.
- Boulton, R. (2001). The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. *American journal of enology and viticulture*, 52(2), 67-87.
- Joëlle Béguin(1), Laurence Guérin(1), Charlotte Anneraud(1), Laure Cayla(2), Eric Meistermann(1), Philippe Cottureau(1) (1) : IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin)-(2) : Pôle National Rosé. Centre du Rosé <https://techniloire.com/sites/default/files/collage.pdf> Colloque Euroviti_Angers_14 janvier 2015
- Blanchard, L., Tominaga, T., & Dubourdieu, D. (2001). Formation of furfurylthiol exhibiting a strong coffee aroma during oak barrel fermentation from furfural released by toasted staves. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(10), 4833-4835.
- Bocker, C. (2014). *Recherche sur les précurseurs du 3-sulfanylhexanol des vins de Sauvignon blanc* (Doctoral dissertation, Université de Bordeaux).
- Buttrose, M. S., Hale, C. R., & Kliever, W. M. (1971). Effect of temperature on the composition of Cabernet Sauvignon berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 22(2), 71-75.
- Burns, T. R., & Osborne, J. P. (2013). Impact of malolactic fermentation on the color and color stability of pinot noir and merlot wine. *American journal of enology and viticulture*, 64(3), 370-377.
- Canal-Llauberes, R. M. (1993). Enzymes in winemaking. *Wine microbiology and biotechnology*, 886, 477-506.
- Chatonnet, P., Dubourdie, D., Boidron, J. N., & Pons, M. (1992). The origin of ethylphenols in wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 60(2), 165-178.
- Cheynier, V., Rigaud, J., & Moutounet, M. (1990). Oxidation kinetics of trans-caffeoyltartrate and its glutathione derivatives in grape musts. *Phytochemistry*, 29(6), 1751-1753.
- Cholet, C., Claverol, S., Claisse, O., Rabot, A., Osowsky, A., Dumot, V., ... & Gény, L. (2016). Tartaric acid pathways in *Vitis vinifera* L.(cv. Ugni blanc): a comparative study of two vintages with contrasted climatic conditions. *BMC plant biology*, 16(1), 1-18.

-
- Davis, C. R., Wibowo, D., Eschenbruch, R., Lee, T. H., & Fleet, G. H. (1985). Practical implications of malolactic fermentation : a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36(4), 290-301.
 - De Faria Baricelli B., (2019). La production des vins des Domaines Paul Jaboulet Aîné: Les vinifications du millésime 2018, l'étude de l'élevage et des discussions sur le conditionnement des vins. *Diplôme National d'Œnologie*
 - Dokoozlian, N.K. (1999). Chilling Temperature and Duration Interact on the Budbreak of 'Perlette' Grapevine Cuttings. *Hortscience*, vol. 34(6), october.
 - Dubourdieu, D., & Lavigne, V. (1990). Incidence de l'hyperoxygénation sur la composition chimique et les qualités organoleptiques des vins blancs secs du Bordelais. *Revue française d'œnologie*, 30(124), 58-61.
 - Flanzy, C., Flanzy, M., & Benard, P. (1987). *La vinification par macération carbonique*. Editions Quae.
 - Galeote, V., Novo, M., Salema-Oom, M., Brion, C., Valerio, E., Gonçalves, P., & Dequin, S. (2010). FSY1, a horizontally transferred gene in the *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 wine yeast strain, encodes a high-affinity fructose/H⁺ symporter. *Microbiology*, 156(12), 3754-3761.
 - Guillaume, C., Delobel, P., Sablayrolles, J. M., & Blondin, B. (2007). Molecular basis of fructose utilization by the wine yeast *Saccharomyces cerevisiae*: a mutated HXT3 allele enhances fructose fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(8), 2432-2439.
 - González-Centeno, M. R., Chira, K., & Teissedre, P. L. (2017). Comparison between malolactic fermentation container and barrel toasting effects on phenolic, volatile, and sensory profiles of red wines. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(16), 3320-3329.
 - Haselgrove, L., Botting, D., Van Heeswijck, R., Høj, P. B., Dry, P. R., Ford, C., & Land, P. G. I. (2000). Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L cv. Shiraz grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 141-149.
 - He, F., Liang, N. N., Mu, L., Pan, Q. H., Wang, J., Reeves, M. J., & Duan, C. Q. (2012). Anthocyanins and their variation in red wines I. Monomeric anthocyanins and their color expression. *Molecules*, 17(2), 1571-1601.
 - Henick-Kling, T. H. O. M. A. S. (1993). Malolactic fermentation. *Wine microbiology and biotechnology*, 289-326.
 - Henschke P. A., Jiranek V., 1992, in *Wine Microbiology and Biotechnology*, G.H. Fleet, Editeur, Harwood Academic Publishers, Chur, Suisse.
 - Hernández-Orte, P., Lapena, A. C., Escudero, A., Astrain, J., Baron, C., Pardo, I., ... & Ferreira, V. (2009). Effect of micro-oxygenation on the evolution of aromatic compounds in wines: Malolactic fermentation and ageing in wood. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 391-401.
 - Llaubères, R. M., Dubourdieu, D., & Villettaz, J. C. (1987). Exocellular polysaccharides from *Saccharomyces* in wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 41(3), 277-286.
 - Lavigne V., 1996, *Revue française d'œnologie*, 155, p36
-

-
- Liu, H., Wang, Z., Hui, T., Fang, F., & Zhang, D. (2021). New insight into the formation mechanism of 2-furfurylthiol in the glucose-cysteine reaction with ribose. *Food Research International*, 143, 110295.
 - Martiniere, P., & SAPISE, J. C. (1967). Essais de pressurage et de vinification sous atmosphere de gaz carbonique en bordelais. *OENO One*, 1(2), 64-72.
 - Marsal F., 1992, *Rev. Oenologues*, 63, p22
 - Marchal, A., Cretin, B. N., Sindt, L., Waffo-Téguo, P., & Dubourdieu, D. (2015). Contribution of oak lignans to wine taste: chemical identification, sensory characterization and quantification. *Tetrahedron*, 71(20), 3148-3156.
 - Marchal, A. (2010). *Recherches sur les bases moléculaires de la saveur sucrée des vins secs: approches analytique et sensorielle* (Doctoral dissertation, Bordeaux 2).
 - Molina, A. M., Swiegers, J. H., Varela, C., Pretorius, I. S., & Agosin, E. (2007). Influence of wine fermentation temperature on the synthesis of yeast-derived volatile aroma compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 77(3), 675-687.
 - Moulis L., (2017). Vinifications et travaux de chai au Domaine Haut-Lirou. *Diplôme National d'Œnologie*
 - Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., & Hashizume, K. (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of experimental botany*, 58(8), 1935-1945.
 - Nikolantonaki, M., Magiatis, P., & Waterhouse, A. L. (2014). Measuring protection of aromatic wine thiols from oxidation by competitive reactions vs wine preservatives with ortho-quinones. *Food chemistry*, 163, 61-67.
 - Ollivier, C., Stonestreet, T., Larue, F., & Dubourdieu, D. (1987). Incidence de la composition colloïdale des moûts blancs sur leur fermentescibilité. *OENO One*, 21(1), 59-70.
 - Pellegrino, A., Rogiers, S., Deloire, A. (2020). IVES Technical Review
 - Parra, C. S., Aguirreolea, J., Sánchez-Díaz, M., Irigoyen, J. J., & Morales, F. (2010). Effects of climate change scenarios on Tempranillo grapevine (*Vitis vinifera* L.) ripening: response to a combination of elevated CO₂ and temperature, and moderate drought. *Plant and soil*, 337(1), 179-191.
 - Roland, A. (2010). *Influence des phénomènes d'oxydation lors de l'élaboration des moûts sur la qualité aromatique des vins de Melon B. et de Sauvignon Blanc en Val de Loire* (Doctoral dissertation, Montpellier, SupAgro). Rossini G., Federici F., Martini A., 1982, *Microbial Ecology*, 8, p83.
 - Ruiz, P., Izquierdo, P. M., Seseña, S., García, E. and Palop, M. L. (2012), Malolactic Fermentation and Secondary Metabolite Production by *Oenococcus oeni* Strains in Low pH Wines. *Journal of Food Science*, 77: M579-M585.
 - Sablayrolles, J. M., & BLATEYRON, L. (2001). Les arrêts de fermentation. *Bulletin de l'OIV*, 74(845-46), 463-472..
 - SAPISE, J. C., & RIBEREAU-GAYON, P. (1969). Etude du brunissement des vins blancs. *OENO One*, 3(3), 215-225.
 - Sudraud P., 1963, *Etude expérimentale de la vinification en rouge*, Thèse Docteur Ingénieur, Faculté des Sciences de Bordeaux.
-

-
- Sumbly, K. M., Grbin, P. R., & Jiranek, V. (2014). Implications of new research and technologies for malolactic fermentation in wine. *Applied microbiology and biotechnology*, 98(19), 8111-8132.
 - Tipper, D. J., & Bostian, K. A. (1984). Double-stranded ribonucleic acid killer systems in yeasts. *Microbiological reviews*, 48(2), 125..
 - Ugliano, M., & Moio, L. (2005). Changes in the concentration of yeast-derived volatile compounds of red wine during malolactic fermentation with four commercial starter cultures of *Oenococcus oeni*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(26), 10134-10139.
 - Ugliano, M., & Moio, L. (2006). The influence of malolactic fermentation and *Oenococcus oeni* strain on glycosidic aroma precursors and related volatile compounds of red wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14), 2468-2476.
 - Vasconcelos, M. C., Greven, M., Winefield, C. S., Trought, M. C., & Raw, V. (2009). The flowering process of *Vitis vinifera*: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4), 411-434..
 - Vivas, N., & Glories, Y. (1996). Role of oak wood ellagitannins in the oxidation process of red wines during aging. *American journal of enology and viticulture*, 47(1), 103-107

Ouvrage

- (a) Ribéreau Gayon, 2020. *Traité d'œnologie Tome 1, 7^e édition*. Edition Dunod, Paris
- (b) Ribéreau Gayon, 2020. *Traité d'œnologie Tome 2, 7^e édition*. Edition Dunod, Paris
- Guide pratique de la vinification en blanc et rosé, Claude Gros et Stéphane Yerle

Webographie

- <http://www.languedoc-aoc.com/fr/decouvrez/laoc-languedoc/notre-histoire>, consulté le 12 nov. 2020
- https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/p_chiffres_cles_vitilr_potentiel_pr od_2015-03-24_cle814b11.pdf, consulté le 12 nov. 2020
- <https://occitanie.chambre-agriculture.fr/productions-techniques/viticulture/agricopie-2020-viticulture/>, consulté le 12 nov 2020
- <https://dico-du-vin.com/languedoc-le/>, consulté le 8 dec. 2020
- https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/MemSta2019/V1_MementoFrance%202019_SITE.pdf, consulté le 10 dec. 2020
- <https://www.isvin.fr/la-filiere-vin/la-filiere-vin-dans-le-sud-de-la-france/>, consulté le 15 dec. 2020
- <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/Agriculture-Biologique,36>, consulté le 15 dec 2020
- <http://www.saint-georges-d-orques-en-languedoc.com/fr/appellation>, consulté le 4 nov 2020
- <https://www.inao.gouv.fr/produit/13724>, consulté le 4 nov 2020
- <https://www.vitisphere.com/actualite-90799-Phtalates-dans-les-vins-les-3-sources-contaminantes-revelees.htm>, consulté le 17 mars 2021.
- <https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/profil-thermique-de-fermentation-des-vins-blancs-et-roses/>, consulté le 21 mars 2021

-
- <https://www.vignevin-occitanie.com/outils-en-ligne/so2-actif-ou-moleculaire/#:~:text=La%20fraction%20la%20plus%20active,alcoolique%20et%20du%20SO2%20libre.> , consulté le 28 mars 2021
 - <https://www.vitisphere.com/actualite-88885-Difficultes-fermentaires-inedites-sur-les-vins-rouges-2018.htm> , consulté le 24 mai

1. *Suivi œnologique de domaines vinicoles du Languedoc-Roussillon au sein d'une société de conseil : le laboratoire Natoli & associés*

Résumé :

Le laboratoire Natoli & associés basé à St-Clément-de-rivière réalise un conseil œnologique auprès de domaines vinicoles dans le Languedoc-Roussillon. Parmi eux, le domaine Le Clos Isidore, avec ses 18 hectares, est situé sur la commune de Murviel-Lès-Montpellier (dans l'Hérault). Depuis 2010, ce domaine est conduit en agriculture biologique. Il élabore des vins blancs, rosés et rouges selon plusieurs méthodes de vinification et d'élevage. Le millésime 2020 marqué par une faible pluviométrie sur le domaine a conduit à une baisse de rendement et une récolte précoce. La qualité des raisins est néanmoins au rendez-vous et les vinifications se sont déroulées dans de bonnes conditions. L'élevage en cuve et en fût amène une complexité supplémentaire sur ces vins. Les opérations de préparation du vin avant mise en bouteille ont été correctement anticipées. Les vins produits sont équilibrés, d'une belle qualité avec une identité propre à chacun.

Mots-clés : Vinification, élevage, analyse.

2. *Oenological advice of Languedoc-Roussillon wineries within a consulting company: the Natoli & associés laboratory*

Abstract:

The Natoli & associés laboratory based in St-Clément-de-rivière provides oenological advice to wineries in Languedoc-Roussillon. Among them, the Domaine Le Clos Isidore, with its 18 hectares, is located in the municipality of Murviel-Lès-Montpellier (in the Hérault). Since 2010, this area has been conducted in organic farming. It produces white, rosé and red wines using several vinification and aging methods. The 2020 vintage marked by low rainfall on the vineyard led to a drop in yield and an early harvest. The quality of the grapes was there anyway and the vinification took place in good conditions. The ageing in vats and in barrels brings additional complexity to these wines. The operations on the wine before bottling were correctly anticipated. The wines produced are balanced, of good quality with an identity specific to each.

Keywords : Winemaking, ageing, analysis, conditioning

Pour citer cet ouvrage : Lucie Laville (2021). Suivi œnologique de domaines vinicoles du Languedoc-Roussillon au sein d'une société de conseil : le laboratoire Natoli & associés. Diplôme National d'Œnologie, Montpellier SupAgro. p 110.

Montpellier SupAgro, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques de Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02. <http://www.supagro.fr>



2 place Pierre Viala F 34060 MONTPELLIER cedex 2
tel: 33(0)4 99 61 22 00