



HAL
open science

Vinifications expérimentales sur le thème de l'irrigation de conservation en contexte pédoclimatique méditerranéen au domaine Lafage

Nathan Herent

► **To cite this version:**

Nathan Herent. Vinifications expérimentales sur le thème de l'irrigation de conservation en contexte pédoclimatique méditerranéen au domaine Lafage. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04814577

HAL Id: dumas-04814577

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04814577v1>

Submitted on 9 Dec 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.

Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du

DIPLOME NATIONAL D'ŒNOLOGUE

Vinifications expérimentales sur le thème de l'irrigation de conservation en contexte pédoclimatique méditerranéen au domaine Lafage



par Nathan Herent

Année de soutenance : 2023

Mémoire préparé sous la direction de :
Laeticia MOULS

Organisme d'accueil :
Domaine Lafage

Présenté le :
02/07/2024

Maitre de stage :
Sylvain Fita

Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du

DIPLOME NATIONAL D'ŒNOLOGUE

Vinifications expérimentales sur le thème de l'irrigation de conservation en contexte pédoclimatique méditerranéen au domaine Lafage



par Nathan Herent

Année de soutenance : 2023

Organisme d'accueil : Domaine Lafage

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Sylvain Fita, responsable œnologie au domaine Lafage et mon maître de stage, pour m'avoir suivi pendant les vinifications du millésime 2023. Travailler à ses côtés a toujours été un réel plaisir et l'occasion d'apprendre de nombreuses choses en termes de gestion d'une cave de vinification et d'élevage, de dégustations et d'analyses œnologiques. Je le remercie vivement pour sa confiance et pour les responsabilités qu'il m'a données, qui furent très valorisantes pour moi. Je remercie également Serge Cadelon, maître de chai et responsable des vins blancs pour son aide et son accompagnement.

Je remercie ensuite Eliane et Jean-Marc Lafage, co-proprétaires du domaine, pour m'avoir accueilli pendant la période des vinifications, et du temps passé à échanger sur des points œnologiques.

J'adresse également mes remerciements à tous les cavistes et tractoristes avec qui j'ai travaillé pendant ces vendanges, leur compagnie a été fort agréable et instructive. Je remercie Ludivine et Mathilde pour leur travail au laboratoire, avec lesquelles j'ai souvent travaillé et discuté sur des résultats d'analyses.

De plus, je tiens à remercier toutes les équipes des pôles viticulture, marketing, commercial, qualité et mise en bouteille pour le temps qu'ils ont su m'accorder, répondant à mes questions sur le fonctionnement interne du domaine : Pierre Audouard, Laïs Gonzalves, Diane Caillard, Ramuntxo Andonegui, Stéphanie Pinchon et Fabrice Saget.

Enfin, j'ai une pensée particulière pour Antoine Lespès, responsable R&D au domaine Lafage, ancien maître de stage ingénieur agronome, qui m'a grandement épaulé dans le cadre de mes vinifications expérimentales.

Pour finir, je souhaite vivement remercier ma famille, qui m'a soutenu et encouragé pendant toutes ces années d'études. C'est en partie à eux que je dois ce que je suis aujourd'hui et je leur en serai éternellement reconnaissant pour cela.

TABLES DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	5
TABLES DES MATIERES.....	7
TABLEAU DES SIGLES.....	11
TABLE DES FIGURES.....	13
TABLE DES TABLEAUX.....	17
TABLE DES ANNEXES.....	17
PARTIE A : LES VINIFICATIONS.....	19
I. Etude du milieu de production.....	19
I.1. Le vignoble des Pyrénées-Orientales : une mosaïque de terroirs méditerranéens en mutation face au dérèglement climatique.....	19
I.1.a. Les caractéristiques des unités paysagères des zones viticoles du Roussillon.....	19
I.1.b. La géologie des sols viticoles.....	19
I.1.c. Evolution de la demande climatique et climats des zones viticoles du Roussillon.....	21
I.2. Le vignoble du domaine Lafage : un parcellaire diversifié d’une entreprise emblématique du Roussillon.....	21
I.2.a. Histoire et développement du domaine Lafage.....	21
I.2.b. Les six terroirs des vignobles du domaine Lafage sur la zone du Roussillon.....	21
I.2.c. L’encépagement.....	23
I.2.d. La conduite du vignoble en fonction des appellations.....	23
I.2.e. La gestion du vignoble.....	25
II. Etude des moyens de production.....	25
II.1. Présentation du Mas Moutou dans le secteur du Crest et la parcelle « GN cave », parcelle expérimentale.....	25
II.1.a. L’historique du Mas Moutou.....	25
II.1.b. Présentation de la parcelle « GN cave ».....	27
II.1.c. Vendanges séquentielles et profil vin.....	27
II.2. Les différents sites de production vinicole.....	29
II.2.a. Le Mas Miraflor, le site de vinification principal.....	29
II.2.b. Le Château Saint-Roch et le Mas Llaro, les sites de production vinicole secondaires.....	35
II.3. La gestion du personnel.....	35
II.4. Gestion Financière et fonctionnement du domaine.....	37
II.5. Stratégies marketing, marchés visés et gammes de produits proposés.....	37
III. Etude de la production.....	41
III.1. Contrôle maturité et choix de la date de vendanges.....	41
III.1.a. Le suivi de cinétique de maturation pour les parcelles en production.....	41
III.1.b. Le protocole de contrôle maturité pour les parcelles en production.....	41

III.1.c. Le suivi de cinétique de maturation et protocole contrôle maturité pour la parcelle expérimentale GN cave	43
III.1.d. Décisions de la date de vendange en fonction du profil produit vin.....	43
III.2. Les étapes de vinifications	45
III.2.a. Caractéristiques des étapes de la réception de la vendange	45
III.2.b. Explications des choix d'analyses œnologiques pendant les vinifications & rappels théoriques de l'impact de certains paramètres sur la FA	45
III.2.c. La vinification des blancs et rosés.....	49
III.2.c. La vinification des rouges	53
<i>III.2.c.i. Les rouges en production</i>	53
<i>III.2.c.i. Les rouges expérimentaux – suivi de cinétique fermentaire</i>	65
PARTIE B : TRAVAIL AU CHAI – ELEVAGE DES VINS.....	73
I. Le travail du vin.....	73
I.1. Situation des locaux pour l'élevage des vins	73
I.1.a. L'élevage des blancs et rosés	73
I.1.b. Le Mas Llaro, site d'élevage pour les rouges et VDN	73
I.1.c. Les caractéristiques d'élevages des vins rouges du Mas Llaro	77
<i>I.1.b.i. Le contenant bois et ses effets sur l'élevage du vin</i>	77
<i>I.1.b.ii. Le nouveau contenant, les ovoïdes en polyéthylène permettant un micro-oxygénation</i>	79
I.2. Déroulement des analyses œnologiques de l'élevage à la MEB.....	79
I.3. Description des itinéraires d'élevages, de stabilisation et préparation du vin pour la MEB	81
I.3.a. Itinéraire pour les blancs et les rosés	81
I.3.b. Itinéraire pour les rouges.....	87
I.4. Suivi de l'élevage des modalités d'irrigation	89
I.5. Description des étapes de la mise en bouteilles.....	91
II. Etudes démarches qualité et sécurité.....	93
II.1. La traçabilité	93
II.2. Travail et hygiène aux chais de vinification et d'élevage	93
II.3. Gestion des déchets et effluents	95
II.4. Démarches environnementales	97
CONCLUSION	99
BIBLIOGRAPHIE.....	101
SITOGRAFIE	105
ANNEXES	106
RESUME & ABSTRACT	117

TABLEAU DES SIGLES

AA : acide aminé
AGIS : acide gras insaturé
AOP : appellation d'origine protégée
AOC : appellation d'origine contrôlée
AT : acidité totale
AV : acidité volatile
CHR : caviste hôtel restaurant
COFRAC : comité français d'accréditation
DAP : phosphate diammonique
DLUO : date limite d'utilisation optimale
ETo : évapotranspiration de référence
ETp : évapotranspiration potentiel
FA : fermentation alcoolique
FF : fruit frais
FM : fruit mûr
FML : fermentation malo-lactique
GDD : growing degree day
IGP : indication géographique protégée
ISO : international organization for standardization
IWCA : international wineries for climate action
LSA : levure *Saccharomyces cerevisiae*
LNSA : levure non *Saccharomyces cerevisiae*
MEB : mise en bouteille
MCR : moût concentré rectifié
NDVI : Normalized difference vegetation index
OF : open fermenteur
PhFB : potentiel hydrique foliaire de base
PVPP : polyvinylpyrrolidone
TAV : titre alcoométrique volumique (acquis)
TAVP : titre alcoométrique volumique potentiel
VDN : vin doux naturel
YAN : yeast assimilable nitrogen

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Les zones viticoles des Pyrénées-Orientales (Marty, 2021, adaptée du CIVR, 2021)....	8
Signet non défini.	
Figure 2. Comparaison de l'évapotranspiration de référence et de la pluviométrie de divers sites viticoles (Aquistat, 2021) : la flèche rouge montre la tendance vers un climat de plus en plus aride, observée pour la zone du Roussillon.	20
Figure 3. Les six terroirs viticoles du domaine Lafage (Pôle marketing, domaine Lafage).	20
Figure 4. L'encépagement du domaine Lafage (Pôle viticulture, domaine Lafage).	22
Figure 5. Image satellite de la parcelle GN cave, avec des 3 modalités d'irrigation (Herent, 2023).	26
Figure 6. Modèle de prédiction de la date de vendange en fonction du profil de vin souhaité : modèle fondée sur l'accumulation de sucre par baie chez la Syrah et le Cabernet Sauvignon (Herent, 2023 ; adapté de Antalick et al., 2021).	28
Figure 7. Images du chai et cave de vinification (zones 1, 2.A, 2.B, 3.B et 4).	28
Figure 8. Vue aérienne du Mas Miraflor, site de production principale.	29
Figure 9. Plan de la cave du site de production du Mas Miraflor.	30
Figure 10. Images des deux pressoirs (pressoir 1 à gauche et pressoir 2 à droite) situé dans la zone 4. Ces deux pressoirs sont côte-à-côte. La partie en dessous de ces pressoirs appartient toujours à la zone 4 et correspond à la zone où l'on récupère le marc sec après un pressurage.	32
Figure 11. Images de l'OVI de transports de vendange ou de marc (à gauche) et le rail permettant de transporter cet OVI (à droite).	32
Figure 12. Equipements du laboratoire : pH-mètre (a) ; Oeno Foss (b) ; Sulfidoseur (c) ; Appareil de mesure enzymatique (d).	34
Figure 13. Pyramide de l'ensemble des gammes du domaine Lafage avec quelques exemples de cuvées pour chaque catégorie (la totalité des cuvées n'est pas représentée ici, vu le très grand nombre de ces dernières, mais le classement représenté sur ce schéma permet de comprendre la construction des gammes au domaine Lafage).	38
Figure 14. Evolution des AT, pH et degré alcoolique moyen sur un échantillon de vins rouges du Languedoc-Roussillon depuis 1984 (Source : Laboratoire Dubernet (Dubernet, 2021))	40
Figure 15. Formule du GDD : Le GDD est fondé sur la somme des températures moyennes au-delà d'une valeur thermique de développement végétatif fixée à 10 °C pour la vigne, considéré comme le zéro de végétation. Ici T_m est la température moyenne journalière.	40
Figure 16. Représentation schématique de la zone de réception de la vendange avec les deux voies possibles : P1 et P2 correspondent respectivement au pressoir 1 et 2 explicités précédemment.	44
Figure 17. Etapes de vinifications des blancs et des rosés au domaine Lafage.	48
Figure 18. Schéma explicatif du principe de l'inertage pour le pressoir Buscher-Vaslin Inertys (source : Buscher-Vaslin).	51
Figure 19. Action de l'éthanol sur la membrane plasmique des levures : perturbation de la plasticité membranaires, gradient protonique dysfonctionnel et production d'ATP réduite (Blondin, 2022).	52
Figure 20. Etapes de vinifications des rouges au domaine Lafage.	52
Figure 21. Principe du remontage avec air (a) et sans air (b) (Mouls, 2018).	58
Figure 22. Etapes des processus de décuvaage, pressurage et pré-assemblage avant élevage.	62
Figure 23. Modèle de production énergétique par la fermentation malolactique chez la bactérie lactique <i>Cenococcus æni</i> (d'après Olsen et al. 1991).	62

Figure 24. Demi-muids de FA pour les modalités expérimentales avec les drapeaux inox pour la gestion du froid.	65
Figure 25. Effets de la complémentation en azote et oxygène sur la cinétique fermentaire des LSA (Blondin, 2022)	66
Figure 26. Cinétique fermentaire (masse volumique et température) des trois modalités d'irrigation au profil FF. Une complémentation azotée a été réalisée pour les trois modalités le même jour, au 1/3 de la FA.	69
Figure 27. Chai à barrique blancs et rosés au Mas Mirafior.....	72
Figure 28. Localisation du Mas Llaro, site d'élevage des vins rouges et des VDN (vue google satellite)	72
Figure 29. Quelques pièces du Mas Llaro : (a et b) chai d'élevage des rouges avec quelques contenants ; (c) cuves à chapeau flottant en PRFV pour les assemblage ou stockage ; (d) chai d'élevage des VDN.....	74
Figure 30. Mouvement de convection naturelle des lies en représentation 3D dans un ovoïde de la marque Wine&tools de contenance 11, 25 hL réalisé par l'entreprise Celsius.	78
Figure 31. Contenants ovoïdes (a). Staves utilisés pour l'élevage de rouges dans des barrique de 2018 (b) : en général, les staves ont un épaisseur de 18 à 20 mm avec un objectif d'élevage supérieure à 12 mois pour un bonne incorporation dans le vin.	78
Figure 32. Itinéraire des blancs et des rosés de l'élevage à la mise en bouteille.....	80
Figure 33. Schéma structurale de la bentonite (Verhnet, 2023b)	83
Figure 34. Appareil de micro filtration tangentielle du Mas Mirafior (modèle CFK-N à membrane céramique de la marque Della Toffola).....	86
Figure 35. Schéma explicatif d'une MFT : la flèche verte correspond à un zoom sur la zone filtrante, où le fluide à filtre a une vitesse V_{fluide} et est filtré à travers la membrane à un débit $J_{perméation}$ (Verhnet, 2023c).	86
Figure 36. Itinéraire des rouges de l'élevage à la mise en bouteille.....	88
Figure 37. Salle de mise en bouteille au Mas Mirafior.....	90
Figure 38. Composés de la ligne d'embouteillage.	90
Figure 39. Fiche « contrôles des apports » pendant la période des vendanges.	92
Figure 40. Exemple de fiche « ordre de travail », concernant ici un soutirage et assemblage.....	92
Figure 41. Salle de stockages des produits œnologiques	93
Figure 42. Fiche de suivi de nettoyage des cuves vinifiées selon le mode de production biologique. .	94
Figure 43. Salle de stockages des produits d'entretien.	95
Figure 44. Schéma explicatif des principes de la viticulture régénérative.....	96

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques des modes de conduites du vignoble en fonction des appellations : « * » indique la distinction en appellation « villages » et appellation « villages + indication géographique ». Dans notre cas, on fait la distinction entre AOP Côtes du Roussillon Villages et AOP Côtes du Roussillon Villages Aspres. Le premier nombre renseigne l'AOP « villages » et le second l'AOP « villages Aspres ». « / » signifie qu'il n'y a pas de règles selon les cahiers des charges en vigueur. ...	24
Tableau 2. Caractéristiques des vendanges et analyses de moûts à l'encuvage pour la modalité d'irrigation. Le TAVP est mesuré à l'Oenofoss, l'azote assimilable par méthode enzymatique et le pH au pH-mètre. AA signifie l'azote organique provenant des molécule d'acide aminées ; NH_4^+ correspond à l'azote ammoniacal.....	64
Tableau 3. Résultats du suivi d'analyses œnologiques pour les trois modalités d'irrigation durant la FA, la macération et la FML. Les cases vertes signifient que la FA (au 02/09) et la FML (au 18/09 puis 26/09) sont terminées	68
Tableau 4. Législation des doses de SO_2 total maximale dans les vins selon de mode de production	90

TABLE DES ANNEXES

Annexe n°1. Carte du Mas Moutou, décrivant les parcelles en production et expérimentales du domaine (les six volets expérimentaux menées sont présentées sur cette carte), localisé dans le secteur du Crest.....	Erreur ! Signet non défini. 106
Annexe n°2. Itinéraire technique de la parcelle expérimentale du Mas Moutou	107
Annexe n°3. Caractéristiques du système d'irrigation goutte-à-goutte sur la parcelle expérimentale.....	Erreur ! Signet non défini. 108
Annexe n°4a. Fiche constructeur de la LSA Q7 de la société Enartis.....	109
Annexe n°4b. Fiche constructeur de la LSA Legacy NT50 de la société Anchor.....	111
Annexe n°4c. Fiche constructeur de la LSA BCS103 de la société Fermentis.....	112
Annexe n°5. Fiche constructeur du Vitadrive F3 de la société Erblösch.....	114
Annexe n°6. Fiche constructeur du LEVEL 2 LAKTIA de la société Lallemand	115



Figure 1. Les zones viticoles des Pyrénées-Orientales (Marty, 2021, adaptée du CIVR, 2021).

PARTIE A : LES VINIFICATIONS

I. Etude du milieu de production

I.1. Le vignoble des Pyrénées-Orientales : une mosaïque de terroirs méditerranéens en mutation face au dérèglement climatique

I.1.a. Les caractéristiques des unités paysagères des zones viticoles du Roussillon

La viticulture dans les Pyrénées-Orientales s'étend sur un territoire diversifié, entouré par le massif des Pyrénées à l'ouest, les Corbières au nord, les Albères au sud et la mer Méditerranée à l'est. Quatre grandes rivières coulent d'Ouest en Est et divisent le territoire du Nord au Sud : l'Agly, la Têt, le Réart et la Tech. On retrouve ainsi la vigne dans sept unités de paysages (DREAL, 2017) (cf. figure 1) dont la mise en valeur a abouti à la création de quatorze AOP. Le climat est à fois influencé par la mer et la montagne. On peut notamment y distinguer deux zones climatiques (CA 66, 2000) :

- La plaine du Roussillon, le Crest et la Côte rocheuse sont soumis à un climat méditerranéen strict (sècheresse estivale, forte insolation d'environ 2600 heures et une pluviométrie majoritairement automnale). Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 500 à 650 mm, mais avec une grande variabilité interannuelle. La température moyenne est de 15°C avec des maximales dépassant 30°C une trentaine de jours par an.

- Dans le Fenouillèdes et le massif des Aspres, on peut observer un climat de transition à dominante méditerranéenne. Les précipitations s'étendent de 550 à 800 mm dont 20% tombent en période estivale. La température moyenne varie entre 13°C et 15°C et l'été ne compte qu'une vingtaine de jours chauds. En revanche, les hivers sont plutôt frais, avec 20 à 50 jours de gel.

On peut identifier des épisodes pluvieux « d'aigat » (crues ou fortes pluies, qui sont dévastatrices pour les cultures et les infrastructures) (Marty, 2021). Le secteur est également marqué par des épisodes venteux, dont la fréquence est préjudiciable puisqu'ils peuvent apparaître 130 jours par an avec une vitesse supérieure à 16 m/s (Marty, 2021). Le vent dominant est la Tramontane, un vent sec et froid du nord-est. Il représente une ventilation naturelle des vignes, ce qui permet de réduire la pression des maladies cryptogamiques. Cependant, le vent augmente la demande climatique et la consommation en eau de la vigne par une stimulation de la transpiration foliaire : en effet le vent diminue l'humidité de l'air ambiant, ce qui implique une augmentation des échanges de vapeurs d'eau par principe d'osmose, depuis la chambre sous-stomatique de la feuille vers le milieu extérieur (Gokbayrak et al., 2008). Le vent présente également un inconvénient car il serait responsable de cassures des sarments. On peut également identifier la Marinade, un vent d'est humide, qui favorise le développement du mildiou sans pour autant qu'il y ait des précipitations.

I.1.b. La géologie des sols viticoles

Les formations des sols et unités paysagères sont liées à l'histoire de la chaîne pyrénéenne. À l'ère tertiaire, la morphologie générale des paysages est profondément modifiée avec la surrection des Pyrénées, le plissement de la zone nord pyrénéenne et la formation de la plaine du Roussillon dans un fossé d'effondrement suite à l'ouverture du golfe du Lion. Ce fossé sera par ailleurs le lieu où les mers du Miocène puis du Pliocène vont déposer des sédiments (Marty, 2021).

Autour de Perpignan, en aval de la Têt et de l'Agly, les sols sont assez érodables et sont constitués de dépôts horizontaux, de 1 à 2 m d'épaisseurs, dont les caractéristiques sont fonction du type de mer d'origine. Ces vignobles sont bordés au Nord et près du littoral par des terres salées (Salanque).

Sur la zone du Crest entre la Têt et l'Agly, les sols sont caillouteux, avec des terres sèches et chaudes. Les sols sont peu profonds, avec des horizons de surface très drainants et des horizons en profondeur où l'argile s'est accumulée.

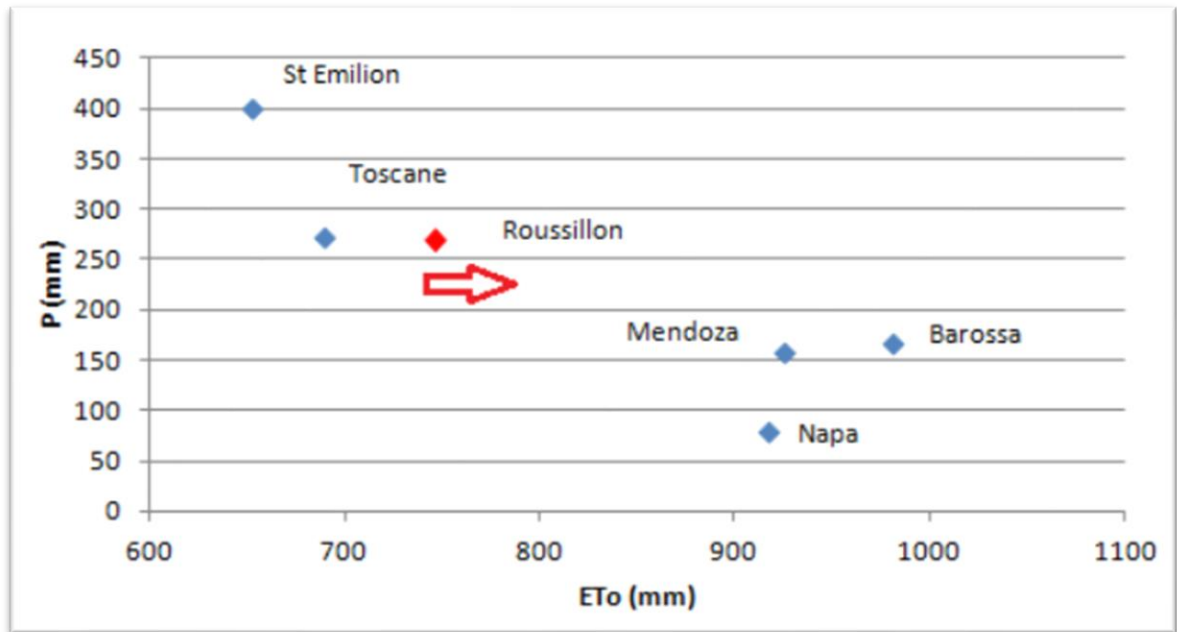


Figure 2. Comparaison de l'évapotranspiration de référence et de la pluviométrie de divers sites viticoles (Aquistat, 2021) : la flèche rouge montre la tendance vers un climat de plus en plus aride, observée pour la zone du Roussillon.

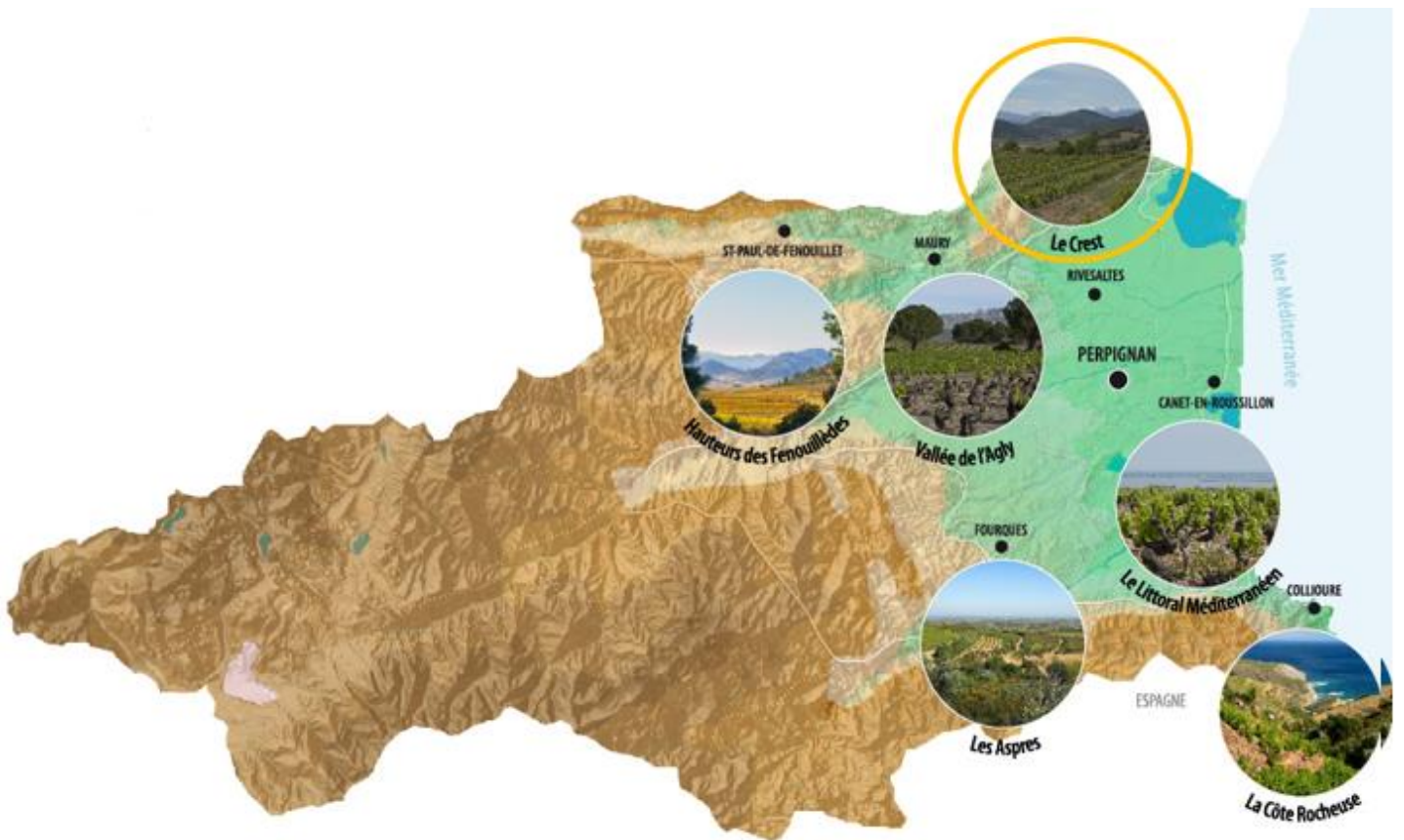


Figure 3. Les six terroirs viticoles du domaine Lafage (Pôle marketing, domaine Lafage).

Le terme « aspre » en catalan désigne un terrain sec. Malgré tout, ce secteur situé entre la Têt et la Tech, est localisé sur le bassin d'effondrement du Roussillon, où les sols caillouteux et en pente, sont aménagés en banquette et sont composés de sédiments du Pliocène et de leurs colluvions.

Le vignoble de Vingrau-Tautavel est caractérisé par des sols aux paysages karstiques. Le vignoble de Maury se trouve sur des sols caillouteux de marnes noires du Crétacé, légèrement métamorphisées en schistes se délitant facilement.

Le vignoble du Fenouillèdes se trouve en altitude, sur des sols plutôt acides et bien drainés, dont la composition varie par endroit entre du gneiss, du granite et du micaschiste.

Enfin, le vignoble de la côte rocheuse est planté sur des pentes abruptes (parfois supérieures à 25%). Les sols sont minces et constitués de schistes de couleur sombre. Les vigneron ont d'ailleurs installé des « feixa », des petits murs permettant l'aménagement de terrasses pour la plantation du vignoble.

1.1.c. Evolution de la demande climatique et climats des zones viticoles du Roussillon

La figure ci-contre (cf. Figure 2) permet de situer le Roussillon par rapport aux autres sites de production viticole en fonction de variables hydriques. Les données correspondent aux mois d'avril à septembre pour l'hémisphère nord, respectivement octobre à mars pour l'hémisphère sud. Les effets du changement climatique sont d'ores et déjà visibles dans le Roussillon avec une croissance de l'évapotranspiration et une diminution de la pluviométrie : entre 2010 et 2023, l'évapotranspiration cumulée sur le cycle végétatif de la vigne est passée de 1518 mm à 1623 mm, avec une diminution très forte de la pluviométrie hivernale (environ 70%) (données internes pôle R&D domaine Lafage). Du côté des températures, les indices bioclimatiques de la station météorologique Miraflor (GDD de 2121 °C jours et un HI de 2655 pour le millésime 2023) (données internes pôle R&D domaine Lafage) permettent de mettre en lumière l'évolution du climat, devenant « chaud et très sec » (Tonietto et Carbonneau, 2004). D'après Huglin (1978), le développement végétatif et l'arrivée à la maturité pour le Grenache N ne devraient pas être affectés, mais l'avancement des baies dans leur maturité lié à la température (Parker et al., 2011) pourrait impacter la qualité du vin (Van Leeuwen et Seguin, 2006).

1.2. Le vignoble du domaine Lafage : un parcellaire diversifié d'une entreprise emblématique du Roussillon

1.2.a. Histoire et développement du domaine Lafage

Jean-Marc Lafage et Eliane Salinas Lafage, co-propriétaires actuels, sont la 7^e génération d'une famille de vigneron, qui a commencé à cultiver la vigne depuis 1798 dans la région. C'est en 1996, après quelques années à vinifier en tant que « flying winemakers » autour du monde, que Jean-Marc et Eliane reprennent l'exploitation qui s'étend alors sur 36 hectares. Profitant de leurs expériences acquises au Chili, aux États Unis et en Australie, ils investissent et rachètent le Mas Miraflor en 2006 près de Perpignan, puis le Château Saint Roch en 2007, sur le territoire de Maury. Aujourd'hui, le domaine Lafage totalise plus de 381,5 hectares de vignes. A tout cela s'ajoute une activité de négoce. En 2016, la cave de Miraflor est totalement modernisée avec une cuverie inox et des installations dimensionnées dans le but d'améliorer la qualité du vin, perfectionnant le travail de la vendange jusqu'à la bouteille : ils cherchent à minimiser les triturations lors des transferts, à maîtriser au mieux les températures pendant les fermentations, à protéger de l'oxydation grâce à l'inertage et à produire à haute cadence sur une ligne d'embouteillage installée en 2020, avec un contrôle qualité précis. Puis en 2020, c'est également au tour de la cave du Château Saint Roch d'être entièrement rénovée, dont les vins sont essentiellement conditionnés pour l'export. Enfin, en 2021, Le Mas Llaro, cave historique de vinification de la famille Lafage, est rénové pour devenir un espace dédié à l'élevage des vins rouges et des vins doux naturels (grenat, ambré, hors d'âge, rancio).

1.2.b. Les six terroirs des vignobles du domaine Lafage sur la zone du Roussillon

La figure 3 illustre la diversité des terroirs sur lequel le vignoble du domaine Lafage est implanté.

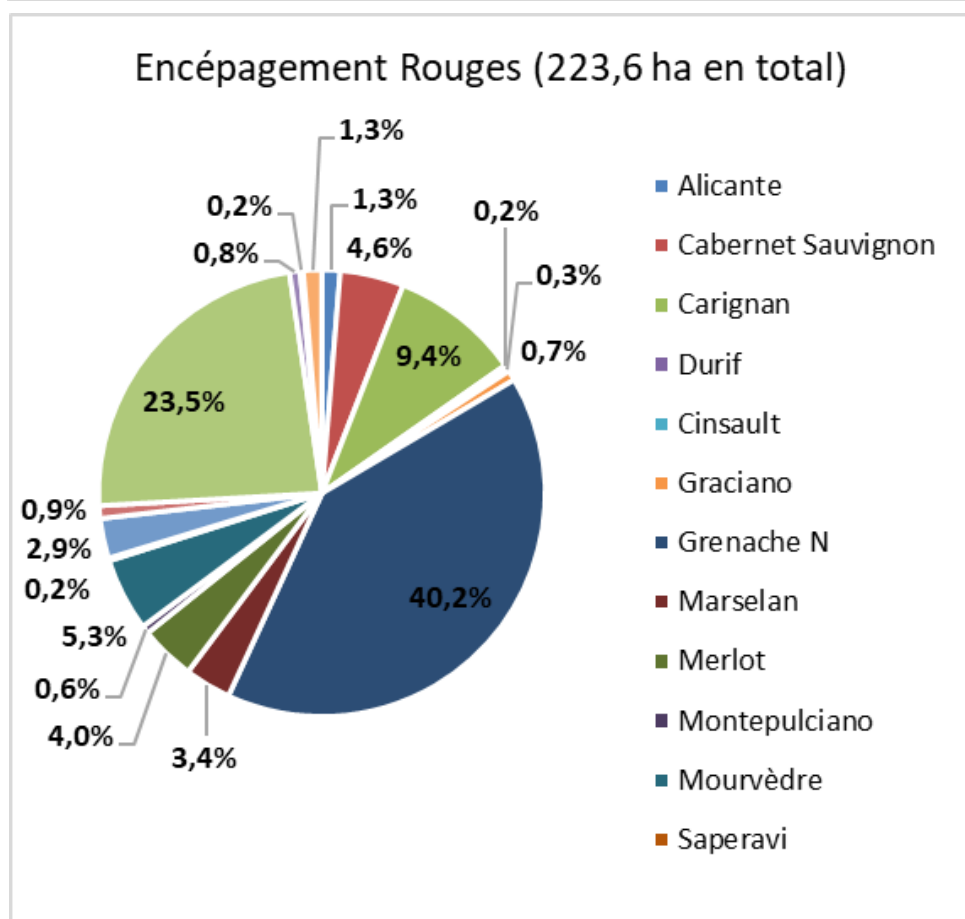
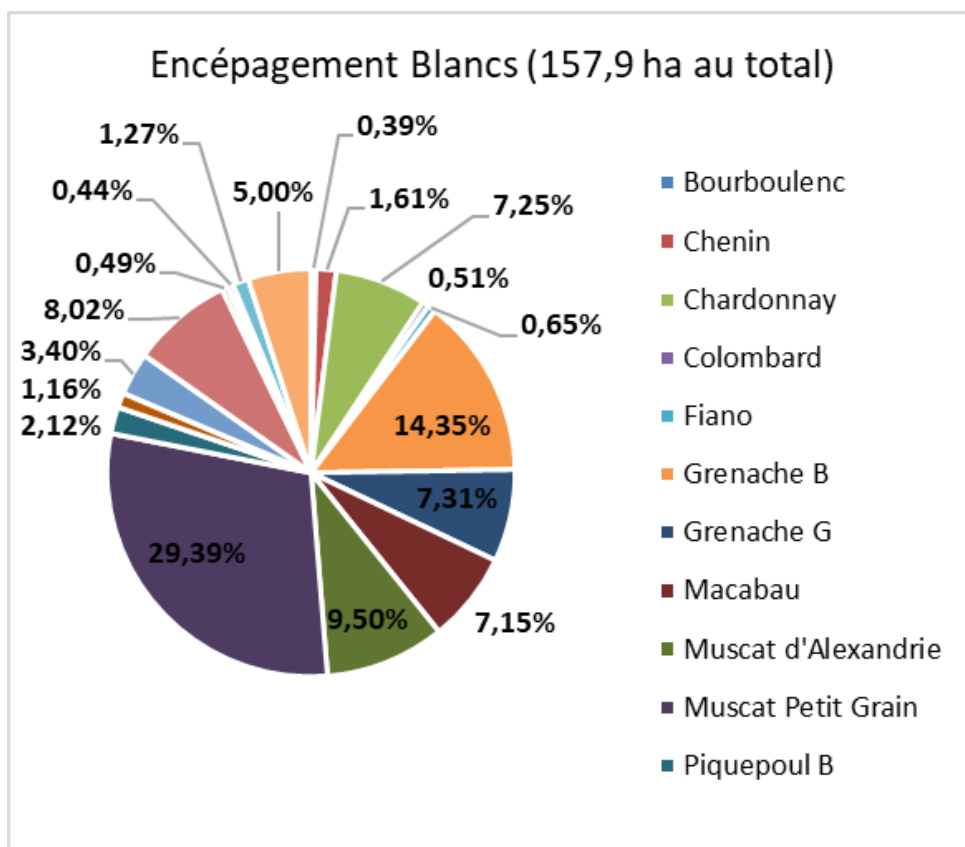


Figure 4. L'encépagement du domaine Lafage (Pôle viticulture, domaine Lafage).

Leurs caractéristiques géologiques et topographiques ont été explicités dans la sous partie I.1.b. Il y a une réflexion d'ailleurs sur l'achat de vignes appartenant aux six terroirs disséminés à travers le Roussillon : les propriétaires ont voulu tirer les bénéfices agronomiques, œnologiques et financiers de ces terroirs. Par exemple, les vignobles d'altitude des Aspres et du Fenouillèdes, sont de nos jours « épargnés » par le changement climatique et permettent d'avoir un bon rendement, avec des moûts riches en acide malique notamment, compensant ainsi les moûts issus des vignobles de la vallée de l'Agly, du Crest. C'est par ailleurs dans la zone du Crest que les propriétaires ont décidé en 2021 de dédier 40 ha du vignoble à l'expérimentation. La zone du Crest est connue dans la région pour être une des plus « difficile » pour la culture de la vigne, difficultés d'autant plus marquées avec les changements climatiques. L'objectif est ainsi de trouver des solutions agronomiques, dans une zone de culture difficile, ce qui permettra certainement d'améliorer les conditions de cultures des autres zones en production, moins rudes pour la viticulture.

I.2.c. L'encépagement

Le domaine Lafage a fortement diversifié les cépages cultivés depuis une vingtaine d'année, dans une logique d'obtention d'une diversité aromatique pour les variétés rouges et blanches. Depuis quelques années, la logique de plantation et de choix de cépage correspond plutôt à une adaptation aux changements climatiques mais aussi aux attentes des consommateurs et des marchés en constante mutation.

En effet, le domaine a débuté la plantation de cépages tolérants à des climats méditerranéens rudes, d'origines grecques, italiennes, espagnoles ou encore portugaises (Verdojo, Touriga Nacional, Xinomavro, Montepulciano). Le choix s'est également porté vers des cépages locaux comme le Trépat, un cépage catalan, plus adapté au climat.

Ensuite, dans le but de répondre à la demande des vins « sans sulfites » ou encore à la demande des consommateurs de vins avec des teneurs en sulfite plus faibles, le domaine a décidé, en amont du travail en cave, de planter des cépages naturellement riches en glutathion et acide ascorbique comme le Souvignier gris (ces deux dernières molécules ayant un pouvoir anti-oxydant). Pour répondre à la demande d'une production viticole avec moins d'intrants chimiques, le domaine commence également à se tourner vers des variétés résistantes de la sélection Bouquet, de manière expérimentale cette fois-ci.

La figure 4 présente la répartition des cépages blancs et rouges sur le parcellaire du domaine Lafage. Sur les 381,5 ha exploités, il y a 223,6 ha de cépages rouges, avec une majorité de Grenache N, Syrah et Carignan et 157,9 ha de blancs, avec une majorité de Muscat Petit Grain, Grenache B, Muscat d'Alexandrie. Les majorités des blancs sont localisés sur le vignoble du littoral méditerranéen, avec une majorité de parcelles irriguées. Quelques parcelles de cépages rouges y sont également présentes mais à destination d'une vinification en rosé. Les parcelles de rouges sont ainsi situées dans les secteurs du Crest, Vallées de l'Agly, les Aspres, les Fenouillèdes et la Côte Rocheuse. Concernant les portes greffes, les vignes du domaine Lafage sont essentiellement greffées sur du 110 R et du 1103 Pa.

I.2.d. La conduite du vignoble en fonction des appellations

Le domaine Lafage produit des vins sous différentes appellations et indications, ce qui peut changer certaines règles au vignoble. Les appellations par couleur sont les suivantes :

ROUGE	BLANC	ROSE
AOP Côtes du Roussillon	AOP Côtes du Roussillon	AOP Côtes du Roussillon
AOP Côtes du Roussillon Villages/ Aspres ¹	IGP Côtes Catalanes	IGP Côtes Catalanes

¹ Dans ce cas, deux appellations sont utilisées : AOP Côtes du Roussillon Villages et AOP Côtes du Roussillon Villages Aspres

Tableau 1. Caractéristiques des modes de conduites du vignoble en fonction des appellations : « * » indique la distinction en appellation « villages » et appellation « villages + indication géographique ». Dans notre cas, on fait la distinction entre AOP Côtes du Roussillon Villages et AOP Côtes du Roussillon Villages Aspres. Le premier nombre renseigne l’AOP « villages » et le second l’AOP « villages Aspres ». « / » signifie qu’il n’y a pas de règles selon les cahiers des charges en vigueur.

Appellation	Mode de conduite	Type de taille	Aménagement de la parcelle	Rendement minimal (hL/ha)	Rendement maximal (hL/ha)	Irrigation
AOP Côtes du Roussillon Villages	Cordon de Royat / Palissage plan relevé	Guyot simple/ 7 coursons à 2 yeux	4000 ceps/ha Plantation 2,5x2,5m	42-45 *	51-54 *	Autorisée
AOP Côtes du Roussillon	Cordon de Royat / Palissage plan relevé	Guyot / 8 coursons à 2 yeux	4000 ceps/ha Plantation 2,5x2,5m	48	58	Autorisée
AOC Muscat de Rivesaltes	Cordon de Royat / Palissage plan relevé	7 coursons à 2 yeux	4000 ceps/ha Plantation 2,5x2,5m	30	40	Interdite
AOP Rivesaltes Ambré	Cordon de Royat / Palissage plan relevé	7 coursons à 2 yeux	4000 ceps/ha Plantation 2,5x2,5m	30	40	Interdite
AOP Maury Grenat	Cordon de Royat / Palissage plan relevé	7 coursons à 2 yeux	4000 ceps/ha Plantation 2,5x2,5m	30	40	Interdite
AOP Maury SEC	Cordon de Royat / Palissage plan relevé	Gobelet / 7 coursons à 2 yeux	4000 ceps/ha Plantation 2,5x2,5m	/	40	Autorisée
IGP Côtes Catalanes	/	/	/	/	90	Autorisée
Pays d’Oc	/	/	/	/	90 (rouges & blancs) 100 (rosés)	Autorisée
Vin de France	/	/	/	/	/	Autorisée

AOP Maury SEC	Vin de France	Vin de France
IGP Côtes Catalane	Pays d'OC	
Vin de France		
Pays d'OC		

Le domaine Lafage produit également des VDN sous appellations Muscat de Rivesaltes, Rivesaltes Ambré, Maury Grenat. Le tableau 1 récapitule les différentes exigences de chacune des appellations/indications, qui sont appliquées au vignoble. Enfin, sur les 381,5 ha cultivés par le domaine, 73 ha sont conduits en agriculture biologique, 18 ha en agriculture régénérative (une certification obtenue cette année, en novembre 2023) et 70 ha bénéficient d'un système d'irrigation goutte à goutte.

1.2.e. La gestion du vignoble

Les opérations d'entretien du sol (gestion du couvert du rang et de l'inter-rang) et les traitements phytosanitaires sont réalisés par une équipe de 12 employés viticoles/tractoristes au total sur l'ensemble du parcellaire. On compte trois chefs de cultures répartis sur les trois regroupements de zones : Hauteur des Fenouillèdes, Le Crest + Vallée de l'Agly, le littoral méditerranéen + les Aspres+ la Côte rocheuse. Pour les opérations du vignoble (renouvellement du matériel végétal, entretien de la structure du palissage, travaux en vert, mise en place de systèmes d'irrigations, vendanges manuelles), le vignoble fait appel à des prestataires de services.

La problématique majeure que connaît le vignoble du Roussillon ces dernières années est de nature climatique, avec le manque de pluie accru et la sécheresse. Cette problématique rend tout de même très difficile le développement des maladies cryptogamiques du mildiou (*Plasmopara viticola*), de l'oïdium (*Erysiphe necator*) de la pourriture grise sur grappes (*Botrytis cinerea*), historiquement majoritaires dans le Roussillon. Ce qui facilite et simplifie le programme phytosanitaire pendant la saison végétative puisque la pression des maladies est très faible.

II. Etude des moyens de production

Pour le suivi fermentaire, j'ai décidé de me concentrer sur la parcelle expérimentale liée à mon stage de fin d'études, pour l'obtention de mon diplôme d'ingénieur agronome. Cette parcelle a été aménagée pour des expérimentations d'irrigation, avec trois modalités différentes. Nous avons également pratiqué une vendange séquentielle à deux dates, en fonction de deux profils vins souhaités (ces points seront expliqués dans la suite du mémoire).

II.1. Présentation du Mas Moutou dans le secteur du Crest et la parcelle « GN cave », parcelle expérimentale

II.1.a. L'histoire du Mas Moutou

Le Mas Moutou a été acquis par le domaine Lafage en 2017. C'est un vignoble de 40 ha, situé dans le secteur du Crest, tout près de la commune de Rivesaltes. L'objectif premier de cette acquisition foncière était la typicité des Grenaches N que l'on pouvait y trouver, qui selon les propriétaires, correspond à l'aromatique des vins sous appellation Côtes du Roussillon Villages. Cependant, avec les évolutions de la viticulture et les difficultés grandissantes dans le Roussillon face au dérèglement climatique, le Mas Moutou a été converti en un bloc parcellaire expérimental, dès l'automne 2020 pour commencer la récolte de données dès la saison 2021.

Aujourd'hui, le pôle R&D du domaine a mis en place six volets expérimentaux différents, fondé sur la recherche de solutions face au dérèglement climatique et affectant, de manière directe ou indirecte les compartiments « sols », « atmosphère-environnement » et « vigne » (cf. Annexe 1) :

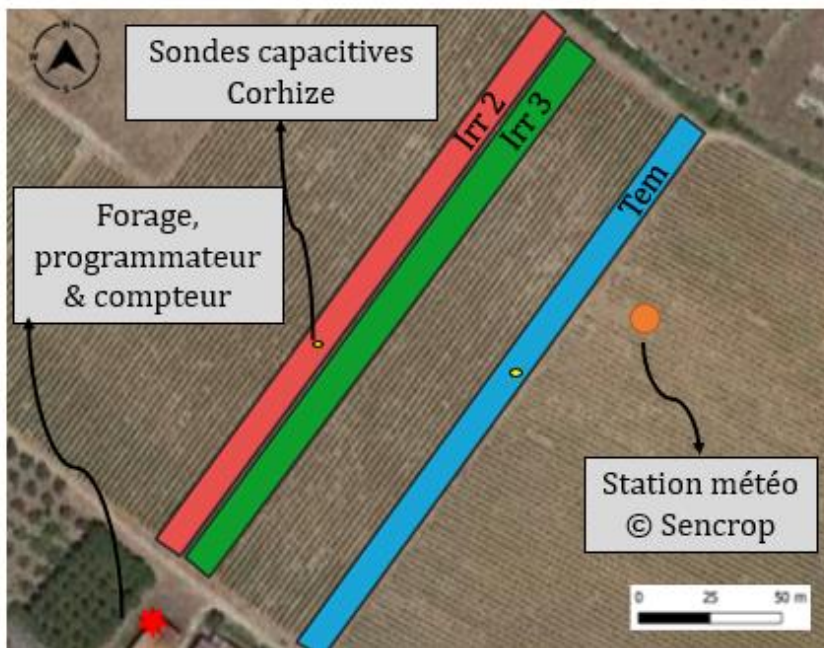


Figure 5. Image satellite de la parcelle GN cave, avec des 3 modalités d'irrigation (Herent, 2023).

- Volet Biochar : ce volet regroupe plusieurs objectifs et modalités expérimentales. En effet, des apports de biochar ont été apportés en différentes quantités pouvant être associé à du compost. L'effet étudié ici est la possible amélioration de l'humidité des sols et la croissance végétative de la vigne.
- Volet Biochar + Cépage résistant : cette année, sur une parcelle de 1 ha, le domaine a planté du 3176-21-11N, une variété Bouquet issu d'un croisement entre le Grenache N et le Mtp 3074-2-46 (*Vitis vinifera X Muscadinia rotundifolia*). Ce cépage est connu pour sa résistance aux mildiou et oïdium. En plus de la partie résistante, des différentes modalités d'amendement de biochar, de compost-biochar associé à la possibilité d'une irrigation goutte-à-goutte ont été mises en place.
- Volet couvert-végétal : étude sur l'effet des modalités destruction du couvert et son effet sur la fertilité des sols (physique, chimique et biologique) et dans le cadre du projet de viticulture régénérative
- Volet Matériel végétal : plantation de cépages adaptés et tolérants au changement climatique (cf. I.2.c)
- Volet Agroforesterie extra-parcellaire : le but est de diminuer l'ETp, d'augmenter la biodiversité et d'améliorer les services écosystémiques entre espèces, avec une haie de multiples essences d'arbres.
- Volet Irrigation : différentes modalités d'irrigation ont été mises en place, dans le but d'une double caractérisation, à la fois de la technique de pilotage d'irrigation minimale et des profils FF, FM (vendanges séquentielles).

C'est sur ce dernier volet expérimental que mon stage de fin d'étude ingénieur s'est construit et c'est également sur ce volet que j'ai suivi la vinification des moûts issus de la parcelle expérimentale.

II.1.b. Présentation de la parcelle « GN cave »

La parcelle expérimentale a une surface de 4,3ha, où trois modalités d'irrigation ont été mises en place (cf. figure 5) :

- la modalité **Irr2** fait 0,3 ha, où la stratégie consistait à déclencher les événements d'irrigation dès lors que le PhFB mesuré était inférieur à -0,8 MPa. C'est également une stratégie d'irrigation haute fréquence/faible quantité d'apport. Pour rappel, la mesure de référence pour le statut hydrique de la vigne est de nos jours la mesure de PhFB (Deloire et Pellegrino, 2021). Il se mesure en MPa ou en bars et a toujours une valeur négative. Elles correspondent à la pression requise pour éjecter la sève brute du mésophylle. Les valeurs obtenues peuvent être comparées à des seuils (Carbonneau et al. 2020), permettant à la fois d'évaluer le degré de déficit hydrique et son influence sur la physiologie de la vigne et sur ses phytomères.

- la modalité **Irr3** fait 0,37 ha, la stratégie d'irrigation consistait à déclencher les événements d'irrigation à trois moments phénologiques clés (débourrement, pré-floraison, pré-véraison). C'est également une stratégie d'irrigation faible fréquence/forte quantité d'apport.

- la modalité **Tem** fait 0,3 ha, correspondant à un témoin non irrigué, uniquement dépendant des précipitations.

L'encépagement est du Grenache N greffé sur du 110 Richter. La parcelle a été plantée en 2009, est conduite en espalier et taillée en double cordon (7 coursons par plante, 2 yeux par coursons laissés à la taille). L'itinéraire technique de la parcelle est décrit en annexe (cf. Annexe 2). Quant au système d'irrigation, le détail technique est présenté en annexe (cf. Annexe 3).

II.1.c. Vendanges séquentielles et profil vin

Le dérèglement climatique influence fortement la cinétique de maturation des baies. C'est pourquoi

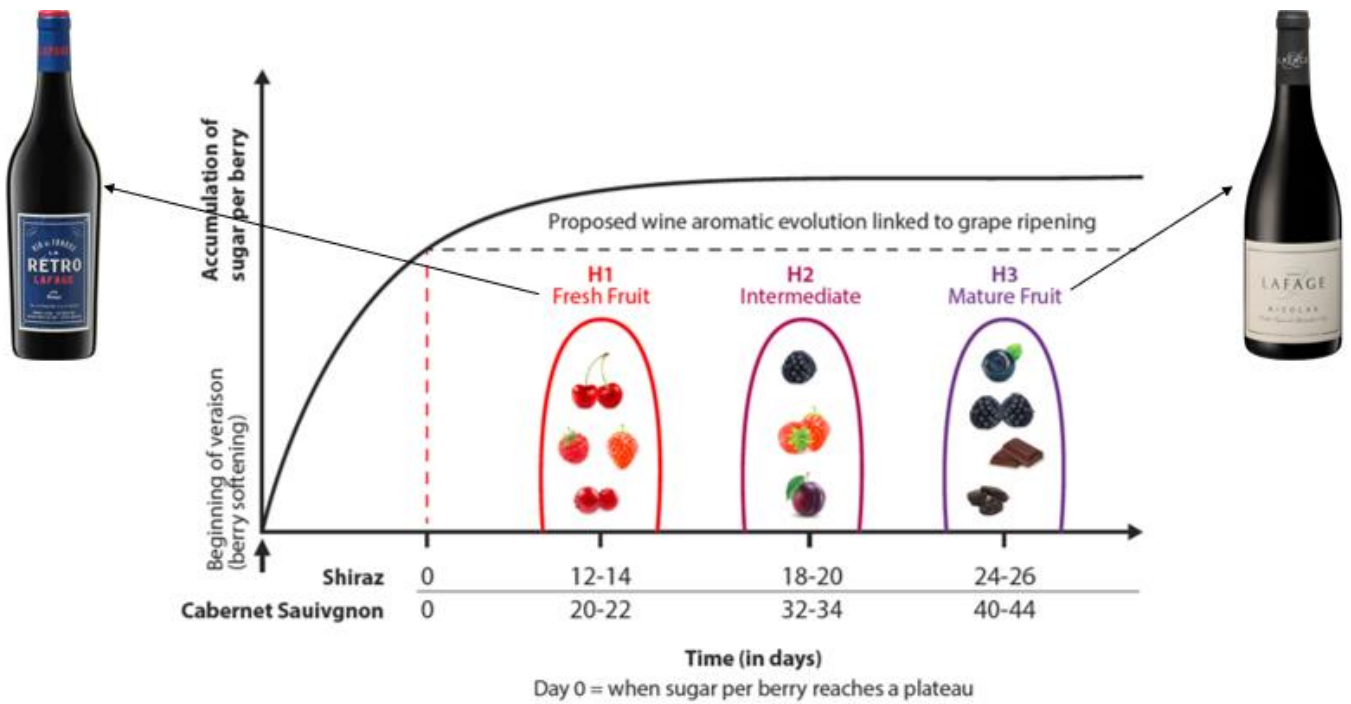


Figure 6. Modèle de prédiction de la date de vendange en fonction du profil de vin souhaité : modèle fondée sur l'accumulation de sucre par baie chez la Syrah et le Cabernet Sauvignon (Herent, 2023 ; adapté de Antalick et al., 2021).

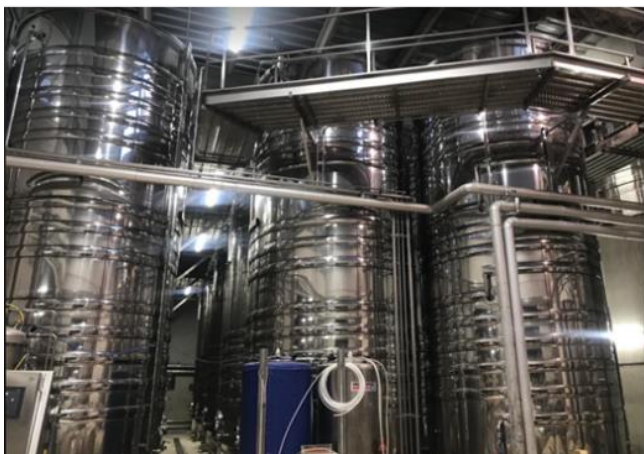


Figure 7. Images du chai et cave de vinification (zones 1, 2.A, 2.B, 3.B et 4).

le choix de la date des vendanges associé à une connaissance empirique de la dynamique de la maturation des baies en fonction du terroir est perturbé, voire totalement différent de nos jours. Pour pallier à ce problème, le domaine Lafage a décidé d'utiliser un modèle de prédiction de la date vendange, en fonction du profil des vins et de l'adapter à sa situation. Ce modèle est fondé sur le suivi de l'accumulation de sucres dans les baies, considéré ici comme un indicateur physiologique de maturité. Ce modèle proposé par Antalick et al. (2021) (cf. Figure 6) met en relation le profil des vins, l'accumulation des sucres et la date de vendange : dès que le plateau de chargement en sucres est atteint, trois profils se dégageraient en fonction de la date de vendange (cf. Figure 6) : fruits frais, fruits intermédiaires et fruits mûrs. Le long de ce gradient aromatique, les notes herbacées diminueraient, de même que l'acidité tandis que l'alcool et l'astringence seraient de plus en plus présents. Dans le cadre de mon stage ingénieur, deux profils vins ont été ciblés : le profil FF (pour la cuvée « La Rétro ») et le profil FM (pour la cuvée « Nicolas »).

Dans ce rapport, je présenterai le suivi fermentaire des trois modalités du profil fruit frais uniquement. La cuvée « La Rétro » est un des « best-seller » du domaine. De plus, présenter les deux profils n'avaient pas d'intérêt particulier puisque les points intéressants pour la discussion du suivi fermentaire sont proches entre les deux profils vins (le déroulement des FA n'a pas rencontré de problèmes pour les deux profils).

II.2. Les différents sites de production vinicole

II.2.a. Le Mas Miraflor, le site de vinification principal

Présentation globale des zones

Ce site de production est localisé dans la zone viticole du Littoral méditerranéen, entre Perpignan et Canet-en-Roussillon. Les vinifications des blancs et des rosés ainsi que leur élevage se font également au Mas Miraflor. Une partie des VDN y est également vinifiée, de même que pour les rouges, sous la marque « Domaine Lafage ».

La figure ci-dessus montre une vue aérienne commentée du Mas Miraflor avec ses différents bâtiments.

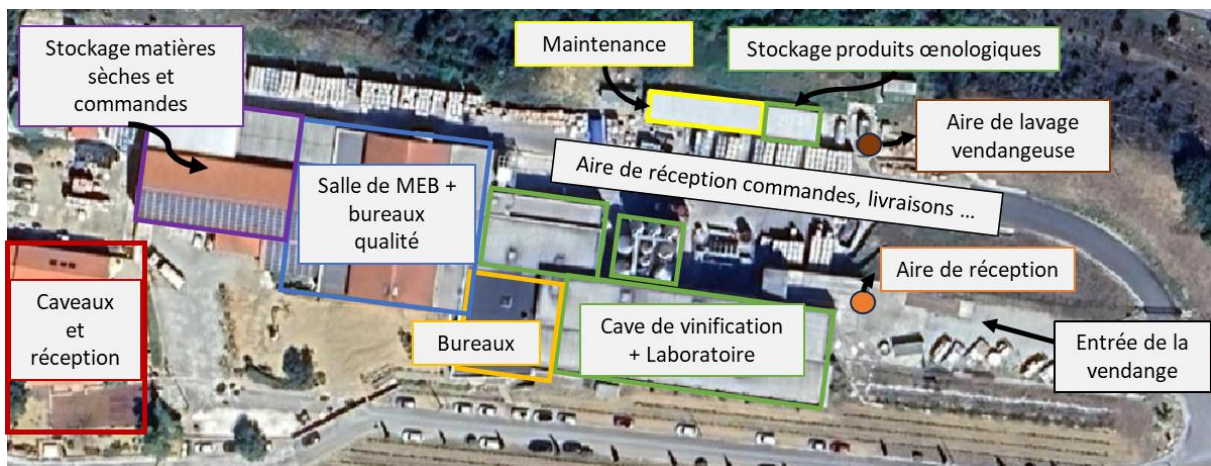


Figure 8. Vue aérienne du Mas Miraflor, site de production principale

La capacité totale de la cuverie est de 30 000 hL, avec 145 cuves de contenance différentes (le détail en présenté dans le tableau de la page suivante). Toutes les cuves de vinifications sont en inox (poly miroir). En plus de ces cuves inox de vinifications, nous pouvons utiliser :

- 30 cubes plastiques de 10 hL pour les transferts de vin (notamment utilisés pour le transfert des rouges depuis le Mas Miraflor vers le Mas Llaro, site d'élevage des rouges)
- 10 OF de contenance allant de 10 à 30 hL, pour la vendange parcellaire haut de gamme des rouges

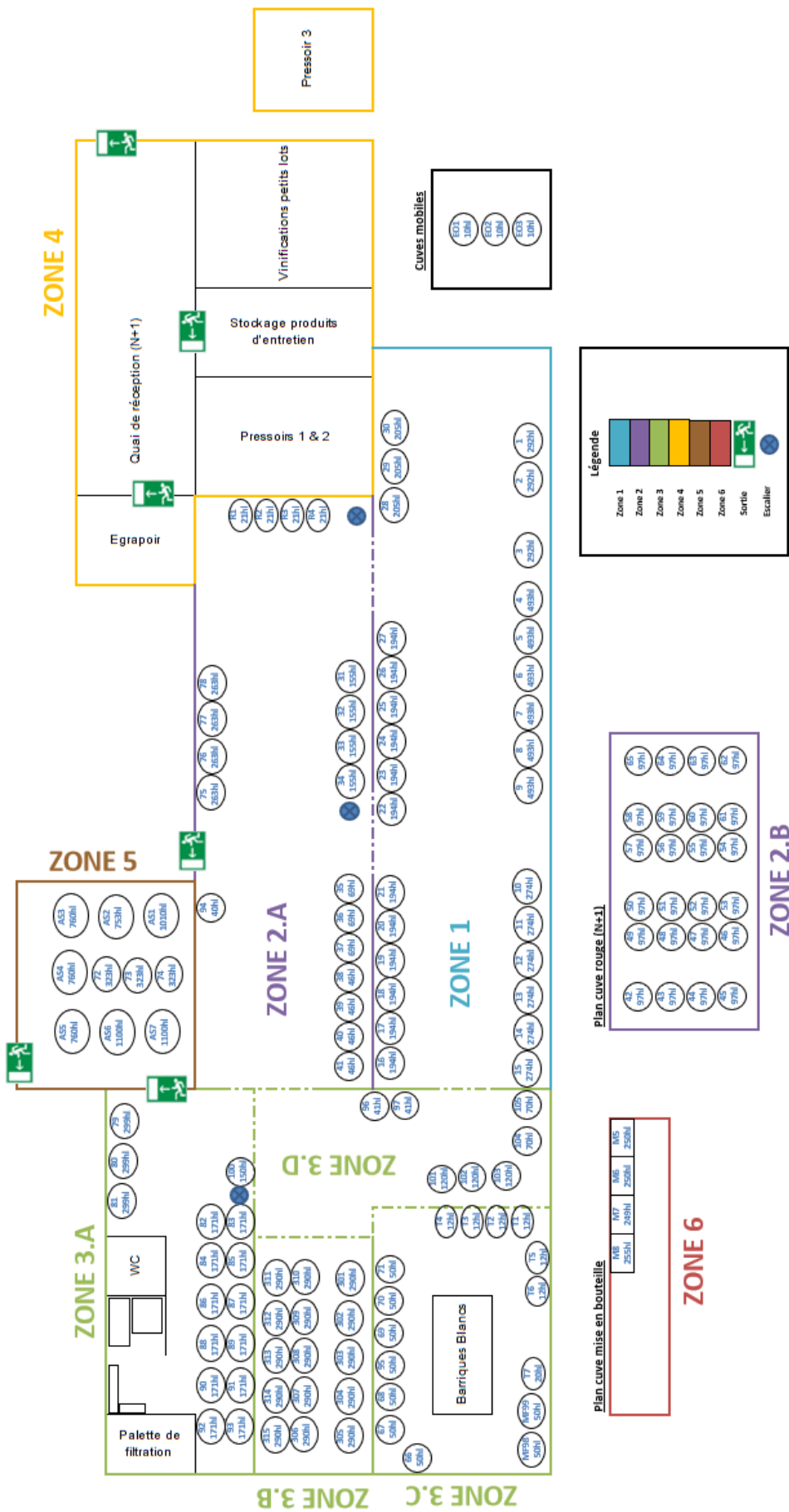


Figure 9. Plan de la cave du site de production du Mas Mirafior.

Volume de la cuve (hL)	Nombre de cuves	Volume total (hL)
10	3	30
12	3	72
20	1	20
21	4	84
40	1	40
41	2	82
46	4	184
50	9	450
69	3	207
70	2	140
97	24	2328
120	3	360
150	1	150
155	4	620
171	12	2052
194	12	2328
205	3	615
249	1	249
250	2	500
255	1	255
263	4	1052
274	6	1644
290	15	4350
292	3	876
299	3	897
323	3	969
493	6	2958
753	1	753
760	3	2280
1010	1	1010
1100	2	2200

La surface dédiée à la production est séparée entre six zones (cf. Figure 9) :

- Les zones 1, 2A et 2B sont utilisées pour toutes les opérations pré-fermentaires et fermentaires des vins blancs, rosés et rouges. La zone 2B se situe en réalité un étage au-dessus de la zone 2A : c'est préférentiellement dans la zone de 2B que sont encuvés les rouges, pour faciliter l'écoulage et le décuvage par gravité. Dans ces zones, on trouve des cuves exclusivement en inox, à fermeture classique, à chapeaux flottants, avec parfois des options de remontages et décuvages automatisés. Chacune des cuves est reliée par un système thermique de glycol, pilotable à distance.

- les zones 3, 5 et 6 rassemblent les cuves tampons, de transfert lors des assemblages ou de stockage avant la mise en bouteilles. On trouve également dans la zone 3 le chai d'élevage des blancs, constitué de barriques 2,25 et 5 hL, de foudres et de cuves bois tronconiques.

- La zone 4 est constituée de trois étages. Le rez-de-chaussée est destiné au stockage des produits d'entretien. La zone 4 est aussi le lieu d'entrée de la vendange. Les raisins vendangés



Figure 10. Images des deux pressoirs (pressoir 1 à gauche et pressoir 2 à droite) situé dans la zone 4. Ces deux pressoirs sont côte-à-côte. La partie en dessous de ces pressoirs appartient toujours à la zone 4 et correspond à la zone où l'on récupère le marc sec après un pressurage.



Figure 11. Images de l'OVI de transports de vendange ou de marc (à gauche) et le rail permettant de transporter cet OVI (à droite).

mécaniquement sont acheminés en citerne et les raisins vendangés manuellement sont transportés par remorques ou par caissettes. Deux voies sont possibles :

- La vendange de petites parcelles et de petits lots haut de gamme, vendangée manuellement et transportée en caisses, peut être égrappée, foulée et vinifiée dans des OF. Ces OF sont localisés dans la zone « vinifications petits lots » (cf. Figure 7). On trouve également des demi-muids ouverts, servant également de contenants de fermentations de petits lots pour des fermentations expérimentales. Les OF ont un système thermique de serpentins incorporé dans leur armature et la température des moûts vinifiés dans les barriques est gérée par drapeaux mobiles. Un système thermique de glycol est disponible dans cette zone.
- La vendange mécanique ou manuelle rouge, en grande quantité, peut passer par un égrappoir, puis passe par fouloir, un échangeur thermique et est acheminée jusqu'à la cuve par un réseau de tuyaux inox traversant toute la cave (zones 1, 2A et 2B).
- La vendange mécanique ou manuelle blanche et rosée passe par le l'égrappoir, le fouloir, l'échangeur thermique puis est acheminée par un réseau de tuyaux inox amenant jusqu'à l'un des deux pressoirs destinés au pressurage des blancs et rosés.

La zone 4 comporte également le conquêt de déchargement de la vendange, lié directement à l'ensemble « égrappoir fouloir ». Ce conquêt a été modifié pour pouvoir apporter du CO_2 sous forme de neige carbonique en grande quantité. Cela permet de commencer l'inertage au CO_2 de la vendange, qui est d'ailleurs poursuivi dans les tuyaux inox de transports de la vendange vers la cuve ou le pressoir.

Pressoirs (cf. Figure 10)

La cave dispose de 3 pressoirs :

- (Pressoir 1) un pressoir pneumatique horizontal PERA à membrane, avec un remplissage par porte. Sa contenance maximale est de 12 tonnes
- (Pressoir 2) un pressoir pneumatique horizontal BUCHER-VASLIN Xpert à membrane, avec option Inertys et un remplissage par porte. Sa contenance maximale est 18 tonnes
- (Pressoir 3) une ligne AMPELOS (DELLA TOFFOLA), soit un pressoir pneumatique automatique et système de pressurage continu. Ce pressoir a été mis en place cette année, en guise d'essai.

Transports de la vendange / marc de rouge après décuvage

Comme évoqué précédemment, la vendange peut, soit passer par le réseau de tuyaux inox inertés jusqu'à la cuve, soit passer par un OVI. Il peut être déplacé de la zone de réception du 3^e étage vers une cuve via un treuil sur rail traversant les zones 1 et 2 (cf. Figure 11). L'OVI est également utilisé pour le transport du marc pour le décuvage des rouges, amenant le marc au-dessus des portes des pressoirs 1 et 2.

Gestion inertage / apports O_2

Toute la cave est équipée d'un réseau de tuyaux inox assurant la possibilité d'effectuer les transferts de vins par inertage (CO_2 et N_2) ainsi que d'un réseau O_2 pour les opérations d'apports, notamment pour les rouges pendant la FA.

Laboratoire

Le domaine possède son propre laboratoire d'analyses. Il n'est pas accrédité par le COFRAC et le domaine fait donc appel à un laboratoire extérieur (ICV de Toulouges) pour toutes des analyses de revendication ou de certification pour des vins destinés à l'export. Ce laboratoire permet de réaliser un grand nombre d'analyses, pendant la période de contrôle maturité, des fermentations, l'élevage et pour l'avant mise en bouteille. Celui-ci est situé juste au-dessus de la zone 3, facilitant le transport des échantillons.

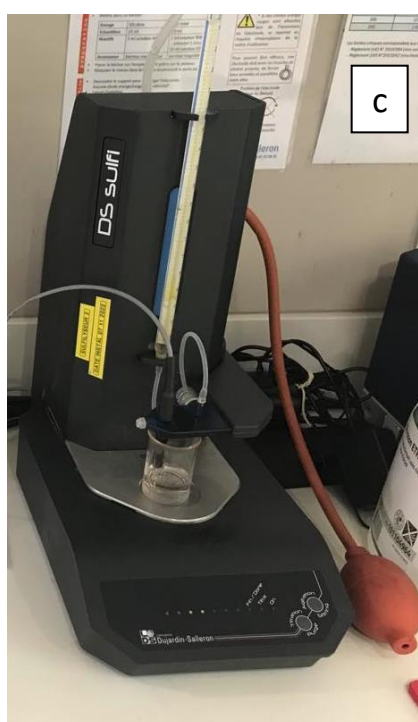
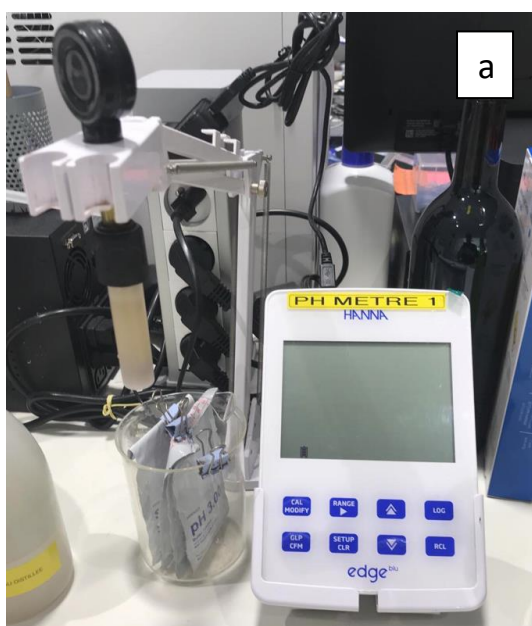


Figure 12. Equipements du laboratoire : pH-mètre (a) ; Oeno Foss (b) ; Sulfidoseur (c) ; Appareil de mesure enzymatique (d).

Il est constitué de divers appareils d'analyses (cf. Figure 12) :

- un appareil enzymatique
- un Oenofoss permettant la mesure simple et rapide des paramètres de la vinification. Cet appareil permet de réaliser, sur des petits volumes de moûts, de moûts en fermentation ou bien de vin fini, des mesures d'acidité total, pH, TAV, AV, acide malique, acide tartrique. Cet outil repose sur l'utilisation de la technologie d'analyse IRTF (Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier) : La lumière est absorbée dans l'échantillon en fonction des constituants du vin (acides, sucres, éthanol). Enfin, un modèle mathématique (Transformée de Fourier) transforme le spectre obtenu en une prédiction du paramètre demandé.
- un Sulfidoseur pour la mesure de SO_2 libre et total.
- un appareil pour la mesure de l'indice de colmatage, avant la filtration de pré-mise et matériel pour réaliser les tests de stabilisation tartrique et protéique.
- un pH-mètre

Gestion des produits œnologiques

Tous les produits œnologiques pour les fermentations et élevages sont stockés dans un bâtiment à part, qui n'apparaît sur la figure 7. On y stocke les différentes levures de fermentation blanc/rosé/rouge, des levures acidifiantes, des stimulateurs de levures, azote organique et minéral, acide tartrique, tannins, les colles de stabilisation et clarification, les enzymes d'extraction et de clarification, les tannins œnologiques, les additifs pour la correction de couleur (charbon, protéines de pois, PVPP). A chaque utilisation d'un produit, un fichier doit être complété pour la traçabilité, demandant le numéro de lot, la quantité, la cuve traitée ainsi que la DLUO.

II.2.b. Le Château Saint-Roch et le Mas Llaro, les sites de production vinicole secondaires

Le Château Saint-Roch est un site de vinification localisé dans la région de Maury, dans le secteur de la vallée de l'Agly. Le site de vinification a une cuverie de contenance totale égale à 6530 hL. Il correspond également à une marque, qui est utilisée par le domaine pour ses marchés à l'international. La majorité des vins vinifiés sont rouges et viennent des vignes situées aux alentours. Cela permet de limiter le temps de transport entre la parcelle et la cave, en faisant la route depuis le secteur de Maury, jusqu'au Mas Mirafior.

Le Mas Llaro est un site dédié essentiellement à l'élevage des vins rouges et des VDN blancs et rouges. Le site d'élevage a un espace de stockage correspondant à un volume total de 7610 hL. Il est situé dans le secteur du littoral méditerranéen et à proximité du Mas Mirafior. Les contenants d'élevage sont des barriques de 2,25hL, 5hL, des cuves bétons et inox et nouvellement des cuves ovoïdes plastiques avec une microporosité permettant une micro-oxygénation pendant l'élevage des rouges. Pour simplifier son parc à barriques et demi-muids, le domaine a débuté depuis cette année un remplacement de ses contenants bois par plus de foudres ou cuves tronconiques et ovoïdes. Les raisons sont les suivantes :

- les marchés visés par le domaine sont moins intéressés par des vins trop boisés.
- la logistique d'ouillage et de gestion de l'espace d'entrepôt serait simplifiée.
- la préparation des assemblages serait également facilitée par des plus grands contenants. En effet, il y avait jusqu'à aujourd'hui une très forte sélection parcellaire et segmentation des cuves, qui allaient jusqu'à l'élevage. Le domaine souhaite légèrement diminuer cette segmentation, toujours dans le but de simplifier les assemblages mais aussi avoir une meilleure gestion du stock.

II.3. La gestion du personnel

Le domaine Lafage emploie au total 70 personnes, tout service confondu. Du côté de la cave du Mas Mirafior, on compte 2 œnologues (un pour les rouges et un pour les blancs et rosés), 5 cavistes à

plein temps et une responsable laboratoire. Pendant les vendanges, 3 employés viennent renforcer l'équipe de cave avec en plus des stagiaires/alternants DNO.

Tout au long de l'année, les deux propriétaires (Eliane et Jean-Marc Lafage) se répartissent respectivement la vinification des blancs/rosés et rouges, et prennent les décisions avec leurs deux œnologues respectifs.

Le Mas Llaro compte un employé à plein temps et le Château Saint-Roch comporte 4 employés à plein temps.

II.4. Gestion Financière et fonctionnement du domaine

L'entreprise est divisée en quatre sociétés différentes :

- SCEA Maison Lafage – elle correspond à la société qui possède en propriété ou en fermage les parcelles. En plus d'englober les vignes, elle regroupe également les deux sites de vinifications et le site d'élevage de Llaro. Sous cette société, le domaine achète également des raisins et/ou du vins.
- SARL Lafage – cette société achète les produits transformés par la SCEA pour ensuite les embouteiller et conditionner. Elle s'occupe également de l'achat de matières sèches pour les deux actions précédentes. C'est sous le nom de cette société que la vente des vins se réalise, en France ou à l'international. Elle produit en moyenne chaque année 4 millions de bouteilles.
- En parallèle de ces deux sociétés, une troisième existe (SAS), regroupant les deux premières. Elle a un résultat net nul. Elle a pour but de gérer les deux autres mais aussi de transférer les employés d'une société à une autre en fonctions des besoins.
- Enfin, la dernière société, « Prestavin », correspond à la holding. Elle est propriétaire des trois sociétés et les dirige.

II.5. Stratégies marketing, marchés visés et gammes de produits proposés

Historiquement, le domaine Lafage a souhaité communiquer sur l'axe d'une production familiale et locale, dirigée par des propriétaires ayant acquis une expérience à l'étranger et ainsi appris les attentes des différents marchés. En effet, le domaine a pu se développer fortement grâce à l'exportation.

De nos jours, le domaine souhaite communiquer sur ses actions et recherches expérimentales dans le cadre de la lutte contre le dérèglement climatique, tout en gardant une image d'entreprise familiale, bien ancrée dans le terroir du Roussillon. Le marché français tient aujourd'hui une part importante des ventes du domaine, même si le domaine distingue bien ses gammes et ses vins en fonction des attentes des marchés étrangers.

Le domaine communique également très fortement sur son engagement dans la viticulture régénérative. C'est un mode de production viticole fondé sur trois piliers :

- stockage du carbone
- renforcement du cycle de l'eau
- préservation et augmentation de la biodiversité

Il fait d'ailleurs parti du groupe IWCA, qui est une association collaborative de travail et d'échange engagée dans la recherche de solutions agronomiques (en viticulture) et techniques (en viniculture et mise en bouteilles) pour réduire les émissions carbone : l'utilisation de bouteilles légères ou la bouteille consignée sont quelques exemples d'initiatives mises en place par le domaine.

Les moyens de communication privilégiés sont les réseaux sociaux, les agences de presse et de communication.

L'entreprise possède deux « marques » sous lesquelles sont vendues ses gammes : le Lafage et le Saint-Roch. Les gammes de la marque Lafage se sont développées en premier lieu surtout pour le marché américain. Le rachat de la propriété Château Saint-Roch, déjà bien développé à l'export et ayant son propre réseau de distribution à l'étranger, a permis au domaine d'enrichir son carnet de clients, assurant une multiplication des options pour diversifier et répartir les risques.

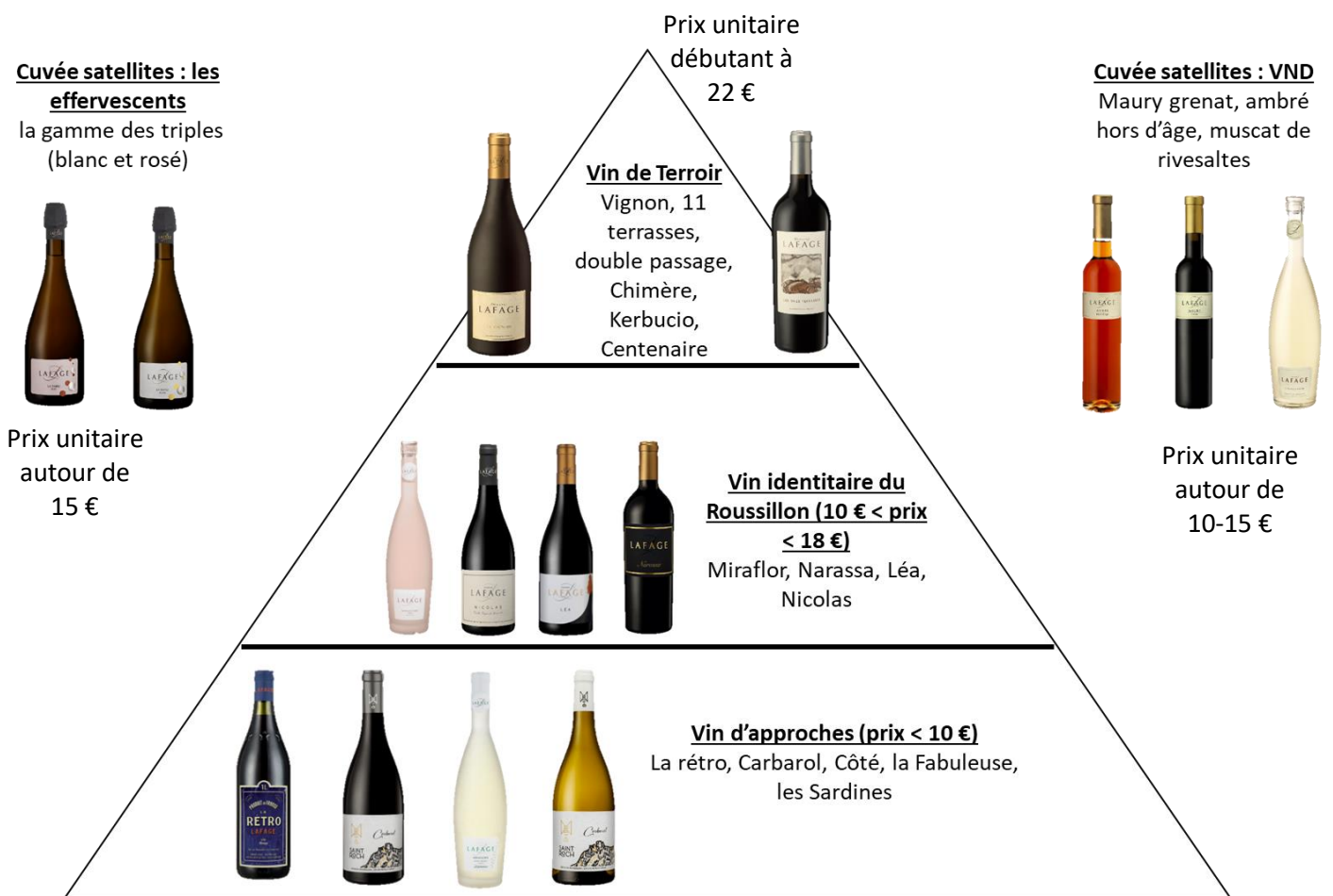


Figure 13. Pyramide de l'ensemble des gammes du domaine Lafage avec quelques exemples de cuvées pour chaque catégorie (la totalité des cuvées n'est pas représentée ici, vu le très grand nombre de ces dernières, mais le classement représenté sur ce schéma permet de comprendre la construction des gammes au domaine Lafage).

Depuis quelques années, le domaine connaît une nouvelle attractivité vis-à-vis des marchés locaux et nationaux, en particulier grâce à son travail en R&D, mais aussi de par ses récentes certifications.

Au total, le domaine propose près de 35 gammes différentes sous ses deux marques, en prenant en compte les rouges, les blancs, les rosés, les vins effervescents et les VDN. Le découpage des gammes se fait en 3 trois grandes catégories (cf. Figure 13) :

- le vin dit d'approche, autrement dit un vin facile à consommer, souvent faible en alcool et correspondant à l'entrée de gamme. Le prix de vente de cette gamme ne dépasse pas 10 € la bouteille de 0,75L. C'est le cas par exemple de la cuvée Rétro, avec un profil « fruit frais », sur laquelle j'ai fait mon suivi de fermentation des moûts servant pour cette cuvée.
- le vin identitaire du Roussillon, avec un prix de vente compris entre 10 et 18 € la bouteille de 0,75L, exposant les caractéristiques des vins du Roussillon. C'est le cas par exemple de la cuvée Nicolas, avec un profil FM, également étudié en vinifications mais dans le cadre de mon stage ingénieur agronome
- le vin de terroir, exposant l'alliance entre le travail et la réflexion faite en cave au domaine Lafage et les spécificités du terroir.

On trouve également des gammes dites « satellites », correspondantes aux effervescents et aux VDN, classées ainsi car elles représentent des petites niches de consommateurs, très spécifiques.

Actuellement, le domaine produit environ 4 millions de bouteilles. En 2022, 55% de ses ventes étaient destinées à l'export (Etats-Unis, Canada, Allemagne, Danemark, Hollande, Scandinavie) auprès d'importateurs qui possèdent un réseau de cavistes et de CHR. En 2019, la part de l'export était de 62% et les ventes restent plus ou moins stables : en raison du COVID, de l'inflation, du contexte géopolitiques actuels et des taxes Trump, la part du marché français a augmenté, achetant davantage sur le domaine ou auprès de cavistes qu'au restaurant, où les prix sont plus chers à cause des marges. D'ailleurs, sur le marché français, le domaine est très peu représenté en GD et la principale clientèle est composé de CHR et caviste (près de 70%).

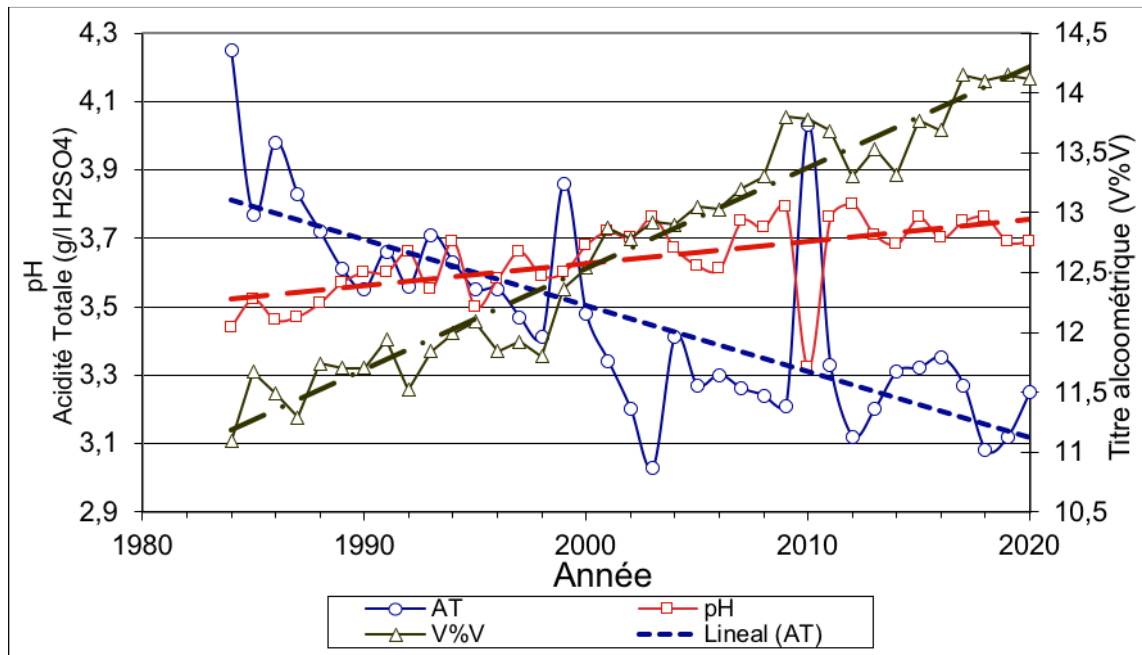


Figure 14. Evolution des AT, pH et degré alcoolique moyen sur un échantillon de vins rouges du Languedoc-Roussillon depuis 1984 (Source : Laboratoire Dubernet (Dubernet, 2021)).

$$GDD [^{\circ}C \text{ jours}] = \sum_{01/04}^{30/09} (T_m - 10)$$

Figure 15. Formule du GDD : Le GDD est fondé sur la somme des températures moyennes au-delà d'une valeur thermique de développement végétatif fixée à 10 °C pour la vigne, considéré comme le zéro de végétation. Ici T_m est la température moyenne journalière

III. Etude de la production

III.1. Contrôle maturité et choix de la date de vendanges

III.1.a. Le suivi de cinétique de maturation pour les parcelles en production

L'une des caractéristiques influençant grandement la qualité du vin produit est son potentiel aromatique. Ce potentiel est grandement dépendant de la date de vendange, associée à un niveau de maturité plus ou moins avancé de baies. Jusqu'à maintenant, la voie majoritaire de décision de la date de vendange est la dégustation de baie au vignoble pour juger de la maturité en fonction du profil produit souhaité (ce qui est d'ailleurs encore l'étape déterminante au domaine Lafage). Cependant, la dégustation de baies est un moyen jugé trop subjectif pour la perception des arômes, puisque cette dernière est fortement dépendante du dégustateur et de son expérience (Rabot, 2017). De plus, le dérèglement climatique perturbe de nos jours la physiologie et la cinétique de maturité des raisins. Il est donc intéressant pour les vignerons de mettre en place une méthode de suivi d'indicateurs physiologiques/bioclimatiques, pour la prédiction de la date de vendange.

Pour les cépages blancs et rouges, le suivi physiologique débute souvent début juillet avec la mesure deux fois par semaine :

- de la teneur en sucres
- de la concentration en sucres et en acide malique
- de la concentration en azote assimilable
- l'acidité totale et pH
- de la masse fraîche des baies
- du TAVP

Le suivi de la teneur en sucres est en lien avec le modèle proposé par Antalick et al. (2021), dont l'objectif a été explicité précédemment (cf. partie II.1.c). La préoccupation de la baisse des acidités de nos jours (cf. figure 14) et la demande des consommateurs désirant plus de fraîcheur dans les vins a contraint le domaine à suivre l'évolution de l'acide malique et à vendanger à des teneurs et concentrations spécifiques. L'acide malique est naturellement dégradé dès la véraison, où la baie respire et le métabolisme de la respiration prend alors comme substrat l'acide malique anciennement stocké dans la vacuole pendant la phase herbacée de la croissance de la baie (Fillion et al., 1999 ; Pratelli et al., 2002 ; Volschenk et al., 2017). Il a été prouvé que la teneur en acide malique diminue fortement avec la température et le stress hydrique (Olego et al. 2016).

En plus du suivi physiologique, pour les muscats, une étude du pôle R&D a suggéré de suivre le GDD (cf. figure 15) pour un profil produit muscaté spécifique : une cuvée proposée par le domaine « La Fabuleuse », un vin pétillant à 10% alcool (gazéifié à la mise en bouteille), nécessite une vendange précoce d'un des cépages (muscat d'Alexandrie), pour éviter l'accumulation des notes « muscatées » dans les pellicules. Le profil vin recherché ici est plutôt le côté floral, retrouvé en vendange d'une « maturité précoce ». L'étude en question a montré que la vendange devait se faire autour d'un GDD de 1250 °C jours, permettant d'atteindre la maturité technologique et aromatique souhaité. Cette étude continue sur d'autres cépages pour déterminer le GDD adéquat.

III.1.b. Le protocole de contrôle maturité pour les parcelles en production

Un réseau de parcelles dites de « références » a été mis en place pour le contrôle de maturité des parcelles en production. Chacune de ses parcelles est suivie par cartographie satellitaire, notamment pour localiser par parcelle les zones d'hétérogénéités. Cette visualisation de l'hétérogénéité s'appuie sur un suivi végétatif en calculant un NDVI, ayant une influence sur l'hétérogénéité des baies. Ainsi, le zonage permet de segmenter les parcelles en lots pour l'échantillonnage et se dédouaner le plus possible des biais de maturité (l'objectif étant d'avoir une idée la plus précise de l'avancement de la maturité).

Une fois la segmentation effectuée, les règles de prélèvement dans la vigne sont les suivantes :

- Prélever dans trois inter-rangs bien séparés les uns des autres sur la zone sélectionnée.
- Prélever une grappe par pied.
- Alternier les prélèvements à gauche et à droite, pour avoir des grappes exposées au soleil le matin et l'après-midi.
- Effectuer un prélèvement tous les dix pieds.

Les grappes sont égrappées, en retirant soigneusement les pédoncules des baies, dans le but de limiter la perte de volume et ainsi éviter de fausser les résultats de masses et de teneurs. Un mélange des baies obtenues est effectué puis 300 baies sont prises. Une mesure de masse est effectuée. Puis les baies sont pressées pour en récupérer le jus. Les paramètres œnologiques du jus sont ensuite mesurés :

- les concentrations en sucres, acide malique et azote assimilable sont obtenues par méthode enzymatique
- en considérant que la densité d'une baie est de 1, la teneur en sucres (mg sucres/baie) est obtenue en multipliant la masse moyenne d'une baie et la concentration en sucres du jus.
- l'acidité totale est mesurée avec l'Oenofoss et le pH par un pH-mètre
- le TAVP est obtenu avec un réfractomètre et est également calculé avec une conversion à 16 g/L (blancs et rosés), 16,83 g/L (conventionnel) et 17,5 g/L (rouges) de sucres.

III.1.c. Le suivi de cinétique de maturation et protocole contrôle maturité pour la parcelle expérimentale GN cave

Pour la parcelle expérimentale, le suivi de cinétique de maturation et protocole contrôle maturité sont très similaires à ceux décrits précédemment. Les indicateurs physiologiques mesurés en plus sont la teneur en acide malique, la teneur en azote assimilable et la concentration en anthocyanes à pH 1 et à pH 3,2 (via les indices de Glories, respectivement en anthocyanes totales et anthocyanes extractibles au pH du vin). La zone de prélèvement dans les trois modalités et la préparation des jus se font de la même manière que décrites précédemment. La seule différence est que le jus se préparait sur une population de 100 baies (300 baies pour les indices de Glories, envoyées telles quelles au laboratoire). Il y avait donc 3 répétitions de mesures pour chaque date de prélèvement et chaque modalité. Cette année, la prise de décision de la vendange se fondait en partie sur le suivi de l'accumulation des sucres dans les baies. Les autres indicateurs physiologiques étudiés cette année, que ce soit en teneur ou en concentration, ont été analysés en fonction de leur cinétique de dégradation ou d'accumulation dans les baies avec le profil vin. Certains seront préférentiellement choisis l'année prochaine pour la prise de décisions de la vendange.

III.1.d. Décisions de la date de vendange en fonction du profil produit vin

Parcelles en production

Le choix de la vendange se faisait en fonction de plusieurs données : les données analytiques de moûts suite aux contrôles maturité, la météo, les incidents climatiques soudains et prévus ainsi que la logistique et le personnel disponible. La prise de décision se faisait avec les deux propriétaires, les deux œnologues et le régisseur.

Parcelle expérimentale

Pour cette année, une dégustation de baie avec un tri par densité a été effectuée. Six grappes par modalité d'irrigation ont été égrappées avec des ciseaux en prenant soin de couper la baie au niveau de la base du pédicelle, l'objectif étant de conserver tout le volume contenu dans la baie. Les baies sont ensuite triées par densité : quatre solutions d'un mélange d'eau sucrée ont été préparées au préalable à des concentrations croissantes, chacune d'elle correspondant à des degrés Brix précis (190 g/L, 220 g/L, 250 g/L et 300 g/L, soit respectivement 19, 22, 25 et 29 ° Brix). Les baies sont introduites dans le bain de plus faible concentration et celles qui flottent sont retirées (elles sont à la

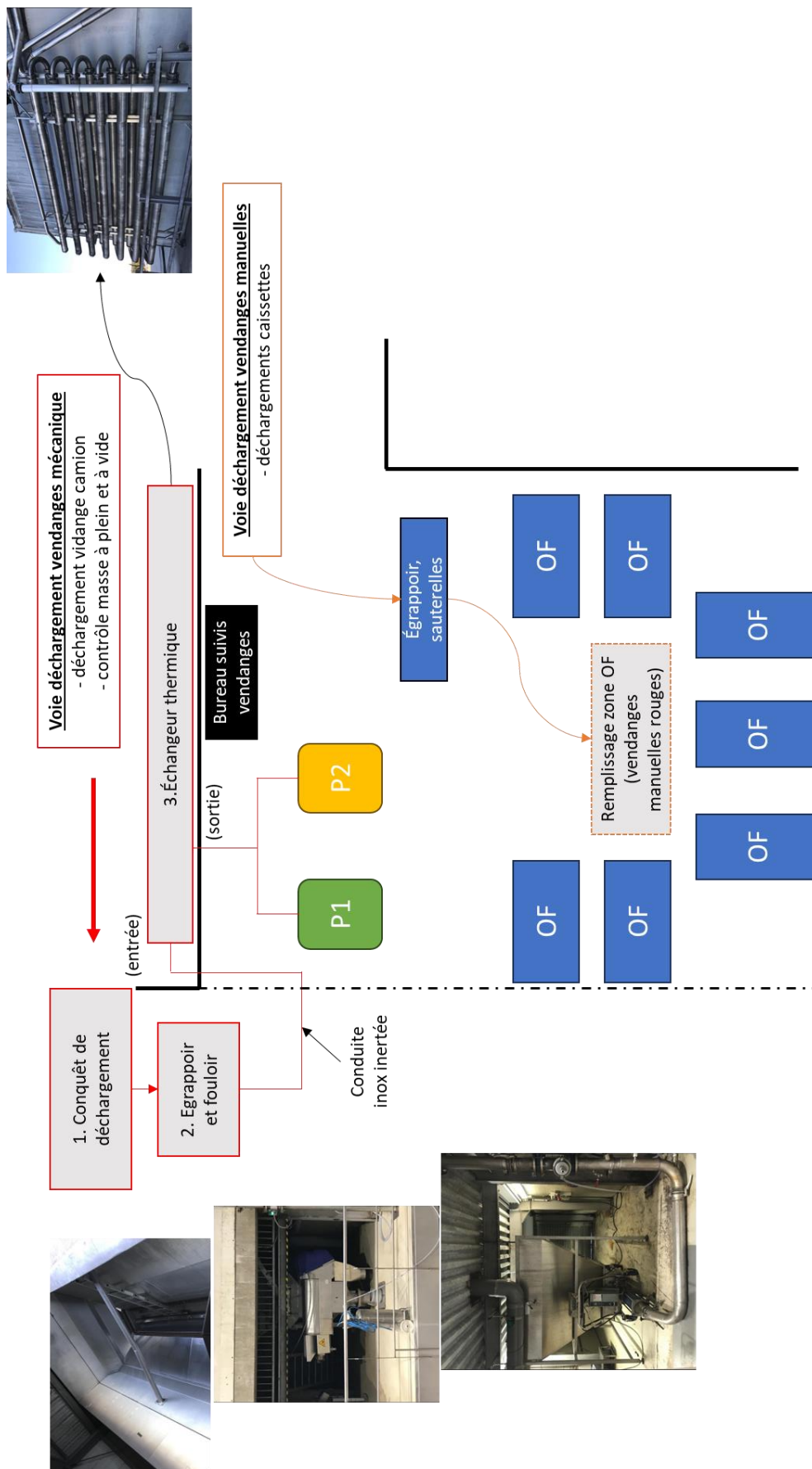


Figure 16. Représentation schématique de la zone de réception de la vendange avec les deux voies possibles : P1 et P2 correspondent respectivement au pressoir 1 et 2 explicités précédemment.

concentration du bain). Celles au fond sont plongées dans un bain de concentration supérieure et le même procédé est réitéré. Avant la dégustation, les degrés Brix et alcoolique étaient vérifiés au refractomètre. La dégustation est à l'aveugle et le panel de dégustateur (les œnologues du domaine) classe les baies sur quatre critères notés sur cinq : acidité, sucrosité, tannin, arôme. Cette dégustation a pour but de détecter le FF et le FM en fonction des modalités d'irrigation et ainsi déclencher la vendange.

En effet, une forte corrélation existe entre l'accumulation de sucres par baies (mg de sucres/baie/jour) et le développement aromatique des baies (Šuklje et al. 2019) et c'est sur ce principe que le modèle proposé par Antalick et al. (2021) met en relation le profil des vins, l'accumulation des sucres par baie et la date de vendange : à partir du plateau de chargement en sucres c'est-à-dire à une valeur de 18 à 20 °Brix (Shahood et al., 2020, Antalick et al., 2021 ; Bigard et al., 2022 ; Previtali et al., 2021), le FF et FM seraient atteints après une période précise. Dans notre cadre d'étude, nous avons retenu les périodes déterminées l'année précédente sur la même parcelle expérimentale :

- période FF : 15-20 jours après le plateau
- période FM : 30-35 jours après le plateau

III.2. Les étapes de vinifications

III.2.a. Caractéristiques des étapes de la réception de la vendange

Comme expliqué précédemment, la vendange a deux voies d'entrée en cave au Mas Miraflor : soit par caisse ajournée de 1,75 kg à vide, issue d'une vendange manuelle ; soit par citerne, issue d'une vendange mécanique (cf. figure 16).

La majeure partie des parcelles en production sont vendangées mécaniquement (cette année près de 75 % l'ont été). Cette récolte se fait le plus souvent la nuit. La citerne arrive sur le quai de réception où une première mesure de la masse est prise. La vidange se fait ensuite au niveau du conquêt puis une seconde mesure de masse est effectuée permettant d'avoir la masse de vendange nette. Au niveau de ce conquêt, un pistolet à neige carbonique est présent pour réduire l'effet de l'oxydation au moment de la vidange. Les vendanges manuelles sont vidées à la main directement au-dessus du pressoir (pour blancs/rosés) ou bien dans les OF situés à proximité (pour les rouges).

A chaque rentrée de vendanges en cave, une procédure de traçabilité est mise en place en notant les informations suivantes : la méthode de vendange, la masse de vendange entrée, le nom de parcelle et de la société associée, les doses de SO_2 / enzymes ou tout produits œnologiques nécessaires en fonction de la qualité de vendange ou opérations à venir.

III.2.b. Explications des choix d'analyses œnologiques pendant les vinifications & rappels théoriques de l'impact de certains paramètres sur la FA

Pendant la fermentation, l'équipe œnologie avait mis en place des étapes de vérification en termes d'analyses œnologiques.

Première analyse : Dès que la vendange est mise en cuve, une première analyse de moût est réalisée. Cette analyse a pour objectif de récupérer trois données importantes pour envisager des corrections éventuelles : le pH, les concentrations en azote assimilable et le TAVP. Le contrôle du pH permettait d'envisager des acidifications avant début de FA, tout en gardant à l'esprit la possible combinaison de l'acide tartrique avec le potassium : c'est pourquoi l'acidification, si elle était nécessaire, était réalisée en plusieurs fois.

Le pH a une incidence sur l'équilibre organoleptique du moût et la résistance aux altérations microbiennes (pour le cas des pH élevés, il y a un risque de développement microbien important). Un levier au pilotage du pH est une opération tartrage. Au domaine, l'œnologue utilise pour la plupart des millésimes une règle pour les tartrages : un ajout de 40 g/hL d'acide tartrique permet une chute

de pH de 0,15 points. Cette règle a été déterminée avec l'expérience mais elle peut ne pas fonctionner pour tous les millésimes, à cause notamment de la combinaison entre l'acide tartrique et les ions potassiques. Au pH du vin, l'acide tartrique (HOOC-CHOH-CHOH-COOH) est déprotoné sur un de ses groupements carboxyliques (sous forme TH⁻), forme qui est favorable au complexe acide tartrique-potassium. D'où le fractionnement de l'apport en acide tartrique évoqué plus haut. La mesure des concentrations en azote avant fermentation permet d'adapter les ajouts si nécessaire. La quantité d'azote présente dans le jus de raisins est variable selon les cépages, les millésimes et les conditions climatiques. Les proportions des formes de l'azote est illustrée ci-dessous :

FRACTIONS AZOTEES	% AZOTE TOTALE
Azote minérale (NH ₄ ⁺)	3 – 10 %
Acides α aminés (AA)	25 – 30 %
Peptides	25 – 50 %
Protéines	3 – 10 %
Fractions diverses (acides nucléiques, vitamines)	microquantité

Ces formes azotées ne peuvent pas être toutes assimilées par la levure : c'est pourquoi on distingue l'azote assimilable ou YAN, représentant 40% de la fraction totale azotée et qui se calcule selon la formule ci-dessous :

$$YAN = NH_4^+ + AA - [Proline]$$

La préconisation générale, pour éviter une FA languissante, est d'avoir un moût avec une concentration minimale de 140 mg/L en YAN pour un moût avec un TAVP de 12%vol (30 mg/L supplémentaire par degré potentiel) (Rolland, 2023). Elle est plus que respectée au domaine puisque l'œnologue se donnait un objectif de 200 mg/L de YAN. Il justifie cette valeur seuil par son expérience au domaine Lafage mais aussi en fonction de la dynamique fermentaire. Plusieurs facteurs existent effectivement qui selon son expérience, induisent d'augmenter la valeur seuil de 140 mg/L d'azote assimilable :

- la connaissance agronomique des parcelles et de leur potentiel de nutrition azotée
- le haut degré potentiel (supérieur à 14,5 %vol)
- les perturbations de la cinétique fermentaire
- les apparitions des caractères réduits à la dégustation
- la génétique des levures utilisées

Il existe une différence d'efficacité d'assimilation des formes azotées pour la levure. L'azote organique sous forme d'acide aminé pénètre dans la cellule via un transport actif PGA (perméase générale des acides aminés) (Monteiro et Bisson, 1991). La PGA est inhibée et réprimée par la présence de l'ion ammonium et elle est donc active en vinification que lorsque le moût ne contient plus d'ammonium (c'est-à-dire dès la fin de la croissance cellulaire) (Ribereau-Gayon *et al.*, 2020 a). Elle fonctionne comme un récupérateur d'azote à partir des acides aminés. Un autre transport actif intervient dans le transport du NH₄⁺ vers la cellule, sur le même principe que la PGA (symport molécule azotée/protons). De plus, Henschke et Jiranek (1993), en suivant l'ordre de l'incorporation des sources azotées dans des conditions œnologiques, ont montré que le NH₄⁺ est assimilé immédiatement et plus rapidement que la plupart des AA. La consommation du NH₄⁺ par la levure pendant la FA est ainsi très rapide mais elle est moins profitable alors que l'assimilation des AA est plus progressive et plus efficace.

Les niveaux d'azote du moût agissent directement sur la cinétique de FA : Dès que la carence azotée apparaît à la fin de la phase de multiplication, la synthèse protéique et le transport de sucres dans la cellule sont ralentis (Bely *et al.* 1994).

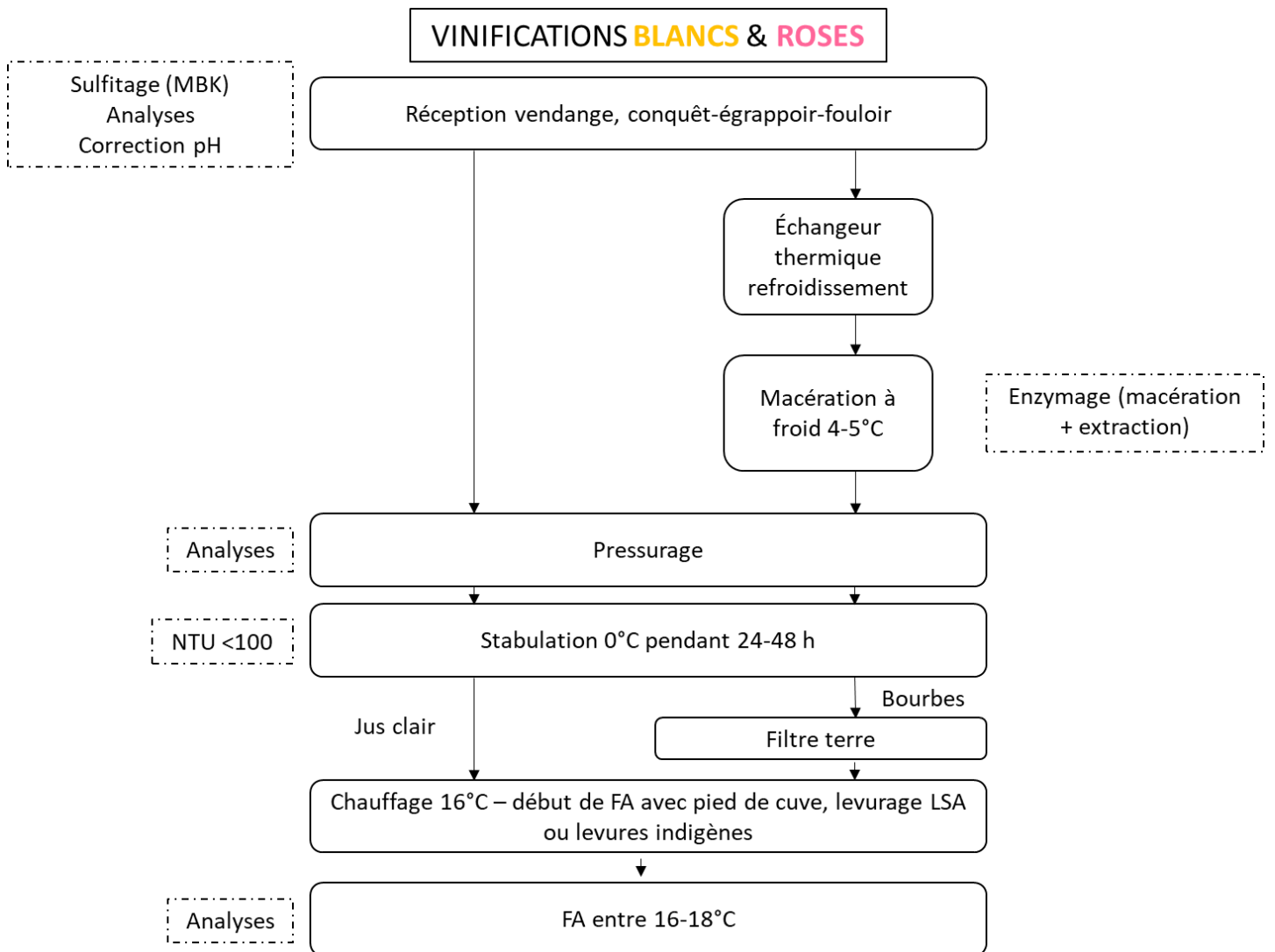


Figure 17. Etapes de vinifications des blancs et des rosés au domaine Lafage

L'apport de YAN à ce moment permet de réduire la durée de fermentation et il permet notamment une meilleure résilience face à l'éthanol (Duc et al. 2017). Par ailleurs, dans le cas de moûts initialement carencés en YAN, si l'apport azoté en début de FA se fait sous la forme de NH_4^+ , la population levurienne assimile très rapidement le NH_4^+ et se retrouve en situation de carence extrême. Ce qui peut engendrer un ralentissement du transport des sucres. Il est donc préférable, dans ce cas de carence initiale, d'apporter de l'azote organique après la phase de multiplication levurienne, puisque son assimilation est plus progressive et permet un déroulement plus harmonieux de la FA. En revanche, l'utilisation d'azote NH_4^+ ne devrait avoir lieu qu'en situation de très forte carence, à ne pas ajouter totalement dès le début de la fermentation alcoolique de préférence.

La complémentation en azote au domaine se répartit de la manière suivante :

- Si une carence extrême était constatée, on apportait 1/3 de la dose fixée au moment du levurage et 2/3 de la dose au pic de FA, associé à une chute de 30 points de densité (ce qui correspond à la fin de la phase de multiplication des levures).
- Si la carence était légère à moyenne (où un apport était suffisant), on apportait la dose fixée au 1/3 de la FA.

Le TAVP avait pour but d'apporter une information supplémentaire dans le choix de méthode de la FA (spontanée, avec levure LSA, ou pied de cuve). Si par exemple, le degré potentiel était haut, on préférait se diriger vers ensemencement avec des levures LSA résistantes au fort degré alcoolique.

Seconde et troisième analyses : les secondes et troisièmes mesures étaient réalisées autour de 1070-1060 (respectivement 1040-1030) de densité. Ce contrôle permettait surtout d'avoir une idée sur les valeurs sur l'AV, le pH, acidité totale et le couple glucose/fructose et ainsi de vérifier si la FA se déroule correctement.

Dernière analyse : dans les dernières mesures avaient pour plusieurs objectifs :

- mesurer le taux de sucres résiduels et avoir une idée sur la cinétique de fin de FA.
- vérifier les valeurs d'acidité volatile, marqueurs d'une déviance microbiologique
- mesurer les concentrations des acides lactique et malique en parallèle avec le pH, pour détecter un éventuel départ en FML.

Ces dernières mesures étaient répétées autant que nécessaire pour suivre la cinétique fermentaire. Dans le cadre de la vinification des rouges, après arrêt de la FA, le vin sous marc en macération était analysé en moyenne tous les trois jours, associé à une dégustation, dans le but de décider sur la date décuvage.

III.2.c. La vinification des blancs et rosés

La réception : Les étapes de vinifications sont présentées sur la figure 17 ci-contre. Au conquêt de réception, la dose de SO_2 ajoutée est appliquée sous sa forme solide (métabisulfite de potassium) à la dose de 1g/hL en général (cas d'une vendange saine). En fonction des analyses de moûts, une correction de pH peut être effectuée par ajout d'acide tartrique, le pH visé pour les blancs et rosés ne devant pas dépasser 3,4. L'acidification a également un autre intérêt : elle permet de favoriser l'action protectrice du SO_2 . En effet, l'anhydride sulfureux ou plus communément appelé SO_2 dans le vin peut avoir plusieurs formes libres en fonction du pH du vin (au vu de ses pKa). On appelle SO_2 actif la forme non déprotonée sur ses deux groupements carboxyliques (H_2SO_3) car elle a une véritable action antimicrobienne. Il se calcule en fonction du pH, de la température, du degré alcoolique et du SO_2 libre (HSO_3^-). Le SO_2 peut également se trouver sous forme de combinées : la forme HSO_3^- peut se lier à l'éthanal ou aux α -cétoacides (acides pyruvique par exemple), ce qui réduit la protection antimicrobienne mais augmente la concentration de SO_2 totale, qui est règlementée. Toutes les lignes de transferts sont par ailleurs inertées (N_2 ou CO_2)

Deux voies sont alors possibles ensuite :

→ Une macération pelliculaire peut être envisagée, ce qui implique un passage par un échangeur thermique et une diminution de la température du moût jusqu'à 4-5°C pendant 24h. Des enzymes de macérations ou d'extractions peuvent y être ajoutées. Elles ont une activité de clivage des liaisons au niveau des précurseurs d'arômes (β -glucosidase ou β -lyase par exemple), en proportions différentes selon les cépages. Cette macération à froid permet de libérer dans le moût les molécules aromatiques, sans lancer la FA et tout en protégeant le moût de l'oxydation. Cette technique est bien évidemment réservée à la vendange saine, sans quoi les risques de laccase, de mauvais goût ou encore de mycotoxines (Ochratoxine A) peuvent survenir. Le domaine peut réaliser cette macération pour le Chardonnay, le Sauvignon Blanc et le Muscat d'Alexandrie. L'étape de pressurage vient par la suite.

→ Passage immédiat de la vendange au pressurage, sans passer par un échangeur thermique ni macération. Tous les cépages blancs étaient vendangés à la machine pendant la nuit. Ils étaient reçus très tôt le matin et la température des grappes et des moûts était de ce fait assez froide pour ne pas s'inquiéter des risques de dégradation enzymatique.

Le pressurage : l'étape de pressurage a également quelques spécificités en fonction des cépages et du profil vin souhaité. Pour les Sauvignon B par exemple, le programme de pression est adapté pour extraire de plus de composés précurseurs aromatiques des thiols (qui sont trouvés majoritairement dans la pellicule). Les presses sont ainsi plus riches en précurseurs mais un juste milieu doit être trouvé pour ne pas trop extraire de polyphénols. Le programme de pressurage est également contrôlé vis-à-vis des relargages des ions potassiques et calciques ayant une incidence sur l'acidités. Les pressoirs dédiés au pressurage des blancs et rosés (pressoirs 2 et 3) possèdent une capacité d'inertage à l'aide de diazote gazeux (cf. figure 18), gaz neutre évitant le contact des jus avec l' O_2 et ainsi l'oxydation et le brunissement des moûts (Macheix et al., 1991). Pour rappel, les quantités d' O_2 solubles dans le vin sont d'environ 10 mg/L à 5°C contre 6-7 mg/L à 20-25°C à saturation (Zironi et al., 2009). Par ailleurs, on favorise les cinétiques oxydatives pour des températures croissantes (Zironi et al., 2009), d'où un travail à froid pour les deux voies de vinifications des blancs et des rosés évoquées plus haut.

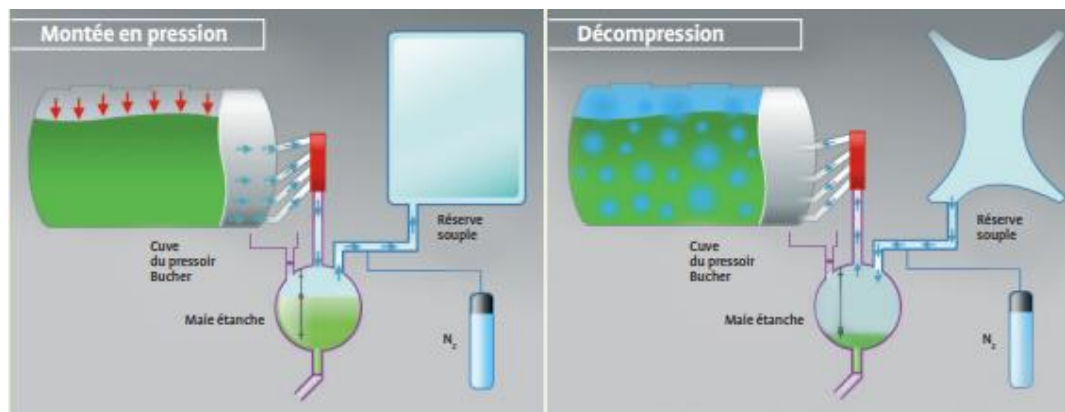


Figure 18. Schéma explicatif du principe de l'inertage pour le pressoir Buscher-Vaslin Inertys (source : Buscher-Vaslin)

Débourbage : une stabulation à froid est ensuite effectuée à 0°C entre 24 et 48 heures. Puis le moût en stabulation est débourbé de manière statique (voie la plus souvent utilisée mais possibilité d'enzymage), avec un suivi de la néphélométrie permettant d'arriver à un moût de 100 NTU environ. Cette opération consiste à clarifier le moût obtenu après pressurage, dans le but d'éliminer les matières solides (les bourbes). Les bourbes correspondent à un mélange d'éléments insolubles, composées de débris solides de pulpes, rafles, pépins et de particules terreuses (levures, bactéries,

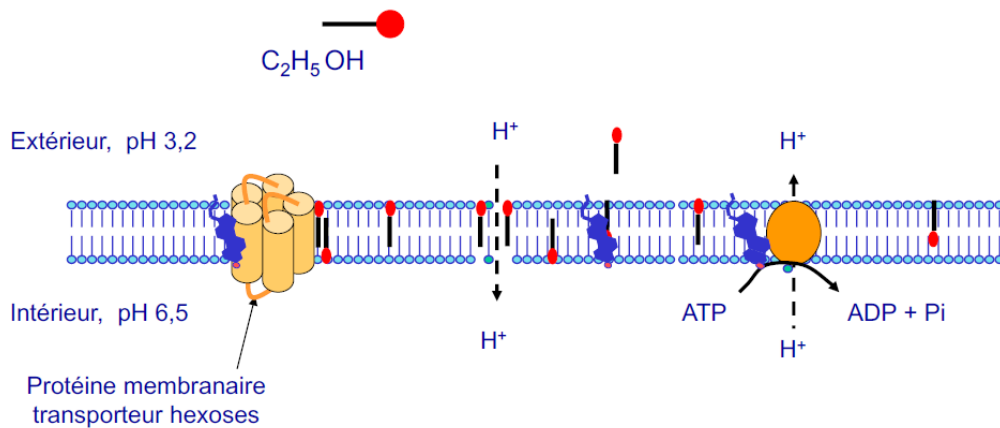


Figure 19. Action de l'éthanol sur la membrane plasmique des levures : perturbation de la plasticité membranaires, gradient protonique dysfonctionnel et production d'ATP réduite (Blondin, 2022).

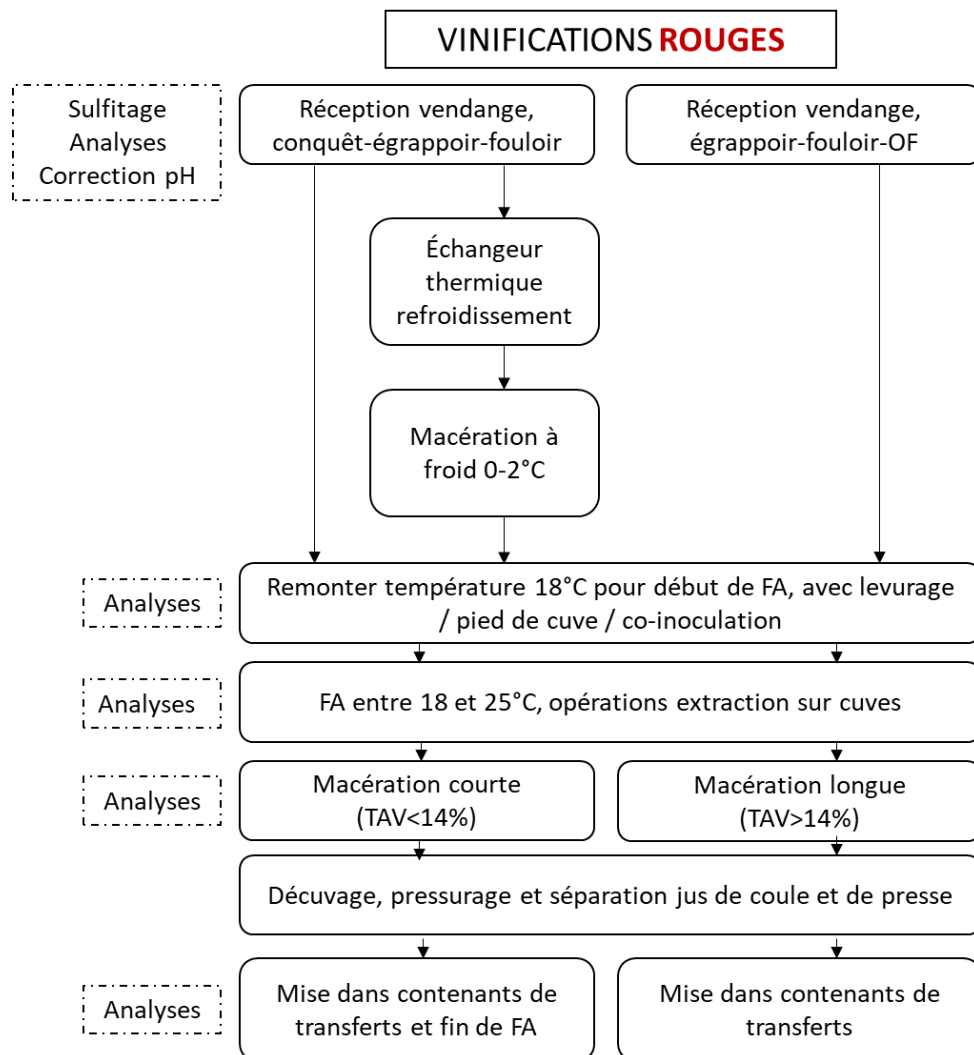


Figure 20. Etapes de vinifications des rouges au domaine Lafage

colloïdes plus ou moins floculées) (Rolland, 2022). Aucune enzyme pectolitique n'est utilisée en général sauf cas exceptionnel.

Le choix de la turbidité est évidemment modulé en fonction des cépages et des millésimes, selon les critères suivants :

- Limiter les défauts organoleptiques (cas des composés en C6 responsables de notes herbacées ou des composés soufrés responsables des notes réduites (si la clarification est trop faible)).
- Diminuer les teneurs en méthionol, associées aux odeurs de pommes de terre cuite (si la clarification est forte).
- Agir sur la teneur en acide acétique, qui augmente quand la turbidité est trop faible.
- L'état sanitaire de la vendange et de sa maturité
- Eviter les fermentations languissantes ou des arrêts de FA

Sur ce dernier point, un débourage important peut avoir pour conséquence l'appauvrissement du milieu, notamment sur la fraction lipidique (acides oléique, nicotinique, pantothénique et ergostérol). Groat et Ough (1978) et Ochando et al. (2017) ont montré qu'une carence en stérol conduirait à des fermentations languissantes, ainsi que la production de composés indésirables. Les conséquences de cette carence lipidique sont multiples :

- Accumulation de métabolites issus de la synthèse des lipides comme l'acide acétique et les acides gras à chaînes moyennes (Henry, 1982 ; Deroite et al., 2018). Cette dernière molécule, toxique pour la levure, est par exemple impliquée dans les fermentations languissantes (Restrepo et al., 2019).
- La perturbation de l'intégrité, la fluidité et la perméabilité membranaire
- La mort des levures pendant la fermentation (Duc et al. 2017), à cause de la perturbation de l'interaction entre les phospholipides sous l'effet de l'éthanol. Ceci conduit à la modification de la perméabilité aux protons, en limitant les interactions hydrophobes et liaisons H entre les phospholipides et la membrane des cellules (cf. figure 19)

Les bourbes sont ensuite filtrées avec un « filtre-terre », avec diatomées ou perlites. La partie filtrée est récupérée et associée au jus clair post débourage.

Levurage et gestion de la FA : La température du moût passe à 16°C avec un début de FA associée à un pied de cuve, des levures indigènes ou LSA sélectionnées. Les LSA sélectionnées sont les suivantes :

- QA 23 de la société LALVIN (blancs)
- ZYMAFLOR X5 de la société LAFFORT (rosés)
- VIN 7 et VIN 13 de la société ANCHOR (blancs)

Elles sont introduites dans le moût à une dose de 20 g/hL. Durant toute la FA, la température est contrôlée de telle sorte qu'elle ne varie qu'entre 16 et 18°C. La complémentation en azote est faite selon la règle annoncée plus haut, en fonction des carences azotées constatées sur moûts.

III.2.c. La vinification des rouges

III.2.c.i. Les rouges en production

La réception : Les étapes de vinifications sont présentées sur la figure 20 ci-contre. Au conquêt de réception, la dose de SO₂ ajoutée est appliquée sous sa forme liquide. Cette dose est en général de 3 g/hL et le dosage de la solution utilisée est de 18%. Cependant, la dose peut varier de 0 g/hL à 10 g/hL (variations observées cette année) selon la qualité de la vendange : cette année, au mois de septembre un grand évènement pluvieux et grêleux a gravement endommagé les vignes et les grappes. A la réception, après discussions et dégustations du moût avec l'œnologue, j'ai décidé de

sulfiter à 10 g/hL avec un ajout en parallèle de tannins anti-botrytis (activité anti-laccase et rôle anti-oxydant) et un levurage LSA immédiat. Ce fut un cas exceptionnel et le cas général où la vendange récupérée n'est pas saine correspond à un ajout de 5 g/hL.

Ensuite, en fonction des analyses de moûts, une correction de pH peut être effectuée par ajout d'acide tartrique, le pH des rouges visé comme limite maximale au domaine est de 3,6.

Deux voies sont alors possibles ensuite :

→ La vendange correspond à un processus de sélection parcellaire et est destinée à être vinifiée dans des OF de faible contenance. Elle peut passer alors dans un égrappoir et fouloir mobile avant d'être encuvée. Cependant, pour cette catégorie, il était plus aisé d'encuver de la vendange non égrappée : les caisses étaient alors vidées manuellement dans l'OF avant l'encuvage classique expliqué précédemment. Le pourcentage de vendange non égrappée était discuté avec l'œnologue au moment de la dégustation des baies et du profil vin/cuvée souhaité mais il n'excédait pas 20% de la masse totale récoltée et encuvée. La rafle ainsi laissée permet d'apporter de la complexité et de la structure aux vins. Cependant, nous étions vigilants sur le cépage et les paramètres œnologiques du moût mesurés : la rafle est riche en potassium et implique sa libération plus ou moins importante selon la technique d'extraction ; elle présente un potentiel pour piéger les composés colorés du vin et elle peut apporter des notes végétales plus ou moins bénéfiques pour le vin en dégustation.

Une fois l'encuvage terminé, des drapeaux thermiques pouvaient être disposés dans les OF pour permettre de débiter la FA à 18°C.

→ Pour la vendange en plus gros volume de récolte, elle passait directement par le conquêt extérieur, puis dans l'égrappoir et le fouloir avant de passer dans le réseau de tuyaux en inox prévu à cet effet, et dont les caractéristiques spécifiques ont été expliquées pour la vinification des blancs/rosés. Il arrivait quelques fois que ces cuves soient ensuite remplies de vendange non égrappée, amenée et déversée par l'ОВI et l'élévateur (nous permettant d'accéder au chapeau de chacune des cuves). C'est à cette étape que nous avons deux voies possibles supplémentaires :

- Soit la FA était lancée immédiatement.
- Soit la cuve était mise au froid, entre 0 et 2°C, et fermée hermétiquement avec une dose de CO_2 . La seconde voie a un raisonnement logistique : elle permettait à l'œnologue de lancer la fermentation quand il le souhaite et ainsi travailler au mieux en vinification, un nombre de cuves de rouge raisonnable pour la main d'œuvre salariale présente en cave.

Levurage, co-inoculation et gestion de la FA : Comme expliqué précédemment, le démarrage de la FA est assuré par trois méthodes : ensemencement par des LSA sélectionnées, des pieds de cuves ou bien un démarrage naturel par les levures indigènes. Pour ce millésime, les rouges ont tous été ensemencés au vu des TAVP prévus par les contrôles maturités. L'œnologue utilise depuis plusieurs années des LSA de différentes sociétés, dont les données constructeurs sont présentées en annexes (cf. Annexe 4) :

- Q7 de la société ENARTIS – fonctionnelle au TAVP maximal de 17%vol. alcool et adaptée au FA des rouges des régions chaudes.
- Legacy NT 50 de la société ANCHOR – fonctionnelle au TAVP maximal de 16,5%vol. alcool, plutôt pour les vins à profil fruit mûr, recommandé sur une large palette de cépage (Syrah, Grenache N, Cabernet Franc et Pinot N).
- BCS103 de la société FERMENTIS – fonctionnelle au TAVP maximal de 18%vol. alcool avec de faibles besoins azotés.

Cette dernière LSA était souvent utilisée en routine pour sécuriser la FA ou bien lorsque la vendange n'avait pas une qualité optimale. L'atout principal de cette levure est sa résistance à des doses de SO_2 élevées et elle possède une grande capacité d'implantation et de colonisation du moût. Selon l'œnologue, elle n'influence pas l'aromatique du vin.

Pour les moûts carencés en azote et/ou à TAVP élevé, un activateur de levure était ajouté à la

réhydratation des levures, le Vitadrive F3 de la société ERBSLÖH (cf. Annexe 5). C'est un produit riche en levures inactivées, écorces de levures et phosphate diammonique, favorisant la multiplication cellulaire et apportant des facteurs de croissance et de survie. Les levures inactivées contiennent des nutriments essentiels pendant la FA (acides aminées, vitamines et minéraux). L'un des objectifs de cet ajout est d'augmenter la teneur en AGIS et en stérols, molécules auxiliaires pour d'éventuelles carences liées aux métabolismes inhibés par les conditions du milieu (Van der Rest et al., 1995 ; Galea A.M et Brown A.J, 2009). Le risque est tout de même moins important pour les rouges que pour les blancs et rosés car les levures ont la possibilité d'assimiler les stérols présents dans le marc (Jacquier et Schneiter, 2012 ; Ruggiero et al., 2013). Le dosage courant pour le levurage se situe entre 10 et 20 g/hL. Les levures sont réhydratées dans une eau tiède à 30°C dans un volume correspondant à 10 fois leur masse. L'activateur de levure est préparé en parallèle. Les deux préparations sont ensuite mises dans un contenant avec un volume de vin équivalent à 10 fois le volume des deux préparations. Dix minutes après, le tout est incorporé en haut de la cuve et un remontage est effectué, assurant une homogénéisation.

Ensuite, conséquence du dérèglement climatique, les acidités des moûts et des vins étaient particulièrement basses (notamment pour des rouges où la maturation sur grappe avait été prolongée). Cette année, l'œnologue a décidé de travailler avec des levures non-Saccharomyces (LNSA) en combinaison avec Saccharomyces cerevisiae : nous avons utilisé des LNSA LEVEL2 LAKTIA™ de la société LALLEMAND (cf. annexe 6). En inoculation séquentielle avec la plupart de LSA, elle permet de produire de l'acide lactique et ainsi diminué le pH des moûts. Nous avons réalisé ces inoculations surtout sur des Syrahs avec une grande maturité et un faible niveau d'acidité totale. L'inoculation des LSA doit se faire 24h après l'inoculation des LNSA.

Le contrôle de la température est primordial pendant la FA. Au domaine, le contrôle thermique se fait à la fois par ordinateur mais aussi deux fois par jour manuellement (matin et soir), pour s'assurer du bon déroulement de la fermentation, en même temps que la prise de densité.

Le début de FA doit se faire à 18°C et la limite à ne pas dépasser en cours de FA était 25°C. La raison est tout d'abord le contrôle de la vitesse de FA : l'œnologue gérait la température sur la base d'une perte optimale de 15-20 points de densité par jour. Ensuite, cette fenêtre thermique était mise en place pour préserver la vitalité de population levurienne : en effet, une température élevée (30°C et au-delà) peut, selon la loi universelle d'Arrhenius, conduire à une soudaine augmentation de la teneur en alcool. L'acquisition de la résistance des levures à cette molécule ne peut pas suivre, ce qui peut conduire à des fins de FA difficiles. Le froid était en revanche coupé en approche de la fin de FA, maximisant ainsi la consommation totale des sucres par les levures.

Opérations sur cuves : Pendant la FA, les opérations sur cuves pouvaient être des délestages ou demi-délestages, remontages avec ou sans O_2 , pigeages manuel ou mécanique. Toutes les décisions d'opérations sur cuves étaient prises en début de matinée, après une dégustation quotidienne avec l'œnologue et Jean-Marc Lafage. En fonction des caractéristiques/défauts/qualités des moûts en FA mais également avec des analyses œnologiques, je devais mettre en place le planning de travail pour la cuveries des rouges en FA.

Pour les remontages, le principe était fondé sur une prise de volumes décroissants au cours de la FA. En connaissant du débit de la pompe, le remontage du début de FA était programmé sur 2 ou 3 équivalents volume total de la cuve. A partir de 1040 de densité, on appliquait une décroissance progressive sur ces équivalents volumes remontés (1 à 0,5 équivalents), jusqu'à arrêter et fermer hermétiquement la cuve autour de 1000 de densité. Cette méthode était appliquée sur tous rouges sans prendre en compte leur degré de maturité pour ce millésime. En effet les maturités récupérées à la vendange étaient très avancées cette année et l'œnologue a pris la décision de ce protocole.

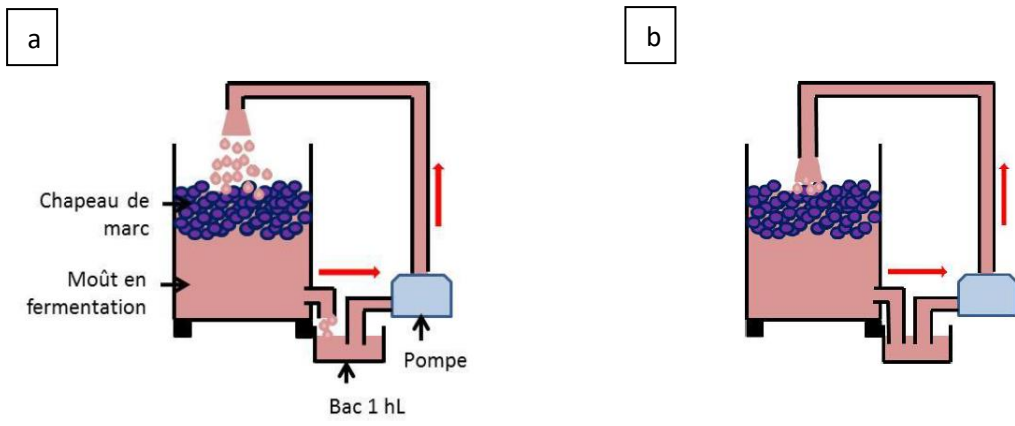


Figure 21. Principe du remontage avec air (a) et sans air (b) (Mouls, 2018)

Concernant l'oxygénation apportée par le remontage, le principe illustré sur la figure ci-contre (cf. figure 21) permettait d'apporter 4-8 mg/L O_2 (données IFV). L'objectif est de favoriser la FA par synthèse des ergostérols et acides gras insaturés. Ces molécules synthétisées stabilisent la membrane plasmique des levures en stimulant la fluidité membranaire, leur perméabilité, ce qui influence la pénétration du glucose dans la cellule (Ribéreau-Gayon et al. 2020a). Les autres objectifs du remontage sont l'extraction des anthocyanes et tanins et l'homogénéisation de la température du moût. D'un point de vue gustatif, cette méthode permet de gommer les notes réduites ou végétales tout en gardant une extraction assez douce. Les remontages se faisaient par ailleurs avec un asperseur, permettant un bon lessivage du moût remonté sur toute la surface du chapeau de marc et ainsi éviter les poches d'air pouvant apparaître quand la fin de FA est proche (ces poches d'air peuvent être responsables d'un développement de bactéries acétiques, qui sont des organismes aérobies, produisant de l'acide acétique à partir d'un substrat alcool).

Les délestages ou demi-délestages étaient moins fréquents que les remontages, notamment pour l'action plus intense concernant l'extraction. De plus, il a été difficile cette année de réaliser ce type d'opération au vu de la main d'œuvre en faible nombre, de la durée de l'opération et de la disponibilité des cuves capables de récupérer le volume de la phase liquide.

Le pigeage était surtout réalisé lorsque la fin de la FA était proche. Cette technique est encore plus « douce » que le remontage et était surtout utilisée en fin de FA pour les raisons suivantes : humectation du chapeau pour éviter les piqûres acétiques et ne pas libérer d'éventuels sucres résiduels dans des baies intactes. Le pigeage en cave se faisait, pour la plupart des cuves, avec un pigeur semi-automatisé. Seuls les OF et les demi-muids de fermentation étaient pigés manuellement avec une tige métallique.

Cuvaison courtes et longues : La macération commence dès lors que la FA prend fin. Elle permet de continuer l'extraction des composés d'intérêt grâce au contact entre la phase liquide et le marc, notamment les composés phénoliques (anthocyanes, tanins) (Ribéreau-Gayon et al, 2020). Au domaine, il existe deux catégories de macérations pour les rouges, déterminées en fonction du degré alcoolique :

- Pour les moûts avec un TAVP < 14 %vol, on préfère une cuvaison courte (avec une macération de moins de 10 jours), qui consiste à faiblement sulfiter le moût, avec un départ en FA rapide ; le décuvage se fait avec des sucres résiduels (3-5 g/L) ; la consommation des derniers sucres résiduels se fait en phase liquide puis on laissera faire la FML dans son contenant d'élevage (souvent une barrique). Si la FML se fait en barrique, il a été montré par ailleurs que le développement des bactéries lactiques serait plus important et plus stable et avec des tannins plus souples (Vivas et al. 1994). Ces cuves sont particulièrement suivies, notamment en fin de FA, pour s'assurer de la consommation des sucres résiduels mais aussi par précautions de piqûres lactiques ou acétiques. Une fois la FML achevée et le soutirage effectué, un sulfitage est fait. La dose est en général de 4-6 g/hL pour les moûts à pH élevé et 3 g/hL pour les vins à pH faible. La complémentation en SO_2 réalisée a pour objectif d'atteindre les 30 mg/L de SO_2 libre.
- Pour les moûts avec un TAVP > 14 %vol, on préfère une cuvaison longue avec FA, macération et FML sous marc. On pratique un sulfitage normal, souvent associé à une macération pré-fermentaire à froid (le sulfitage permet ainsi de limiter les levures cryophiles). On s'assure en fin de FA que tous les sucres aient bien été consommés évitant les risques de piqûres (analyse enzymatique l'attestant). La FML est faite sous marc, où la température est

-

maintenue entre 20 et 22°C. On s'assure, pendant la période de cuvaison, que la cuve est correctement fermée, pour éviter tout développement de micro-organismes aérobies. La durée de cuvaison est déterminée à la dégustation, mais également en fonction des disponibilités logistiques et salariales de la cave. Un sulfitage est réalisé après la fin de la FML (idem au le sulfitage des macérations courtes).

Décuvage, pressurage et pré-assemblage préparant l'élevage : Comme expliqué dans le paragraphe ci-dessus, le décuvage intervient à des moments différents en fonction du degré alcoolique du vin. De plus, la dégustation quotidienne avec l'œnologue et Jean-Marc Lafage, ainsi que les analyses œnologiques permettent de prendre la décision de la date de décuvage. Enfin, le point logistique prend une part importante dans la décision de la date de décuvage : Les cuves et leur contenance étaient souvent un facteur limitant dans la réalisation du décuvage, en particulier cette année. La sécheresse sans précédent qu'a connu le Roussillon pendant le millésime 2023 a induit un stress hydrique important et une alimentation azotée à la vigne déficiente, même parfois quasi nulle pour certains terroirs. Malgré une complémentation à la vigne mais aussi en cave, les cinétiques de fermentation étaient ralenties pour la plupart des cuves, ce qui perturbait grandement le « turnover » des cuves pour les opérations, quelque que soit la matrice vin.

A cette problématique d'origine climatique s'ajoute le processus de pré-assemblage après le décuvage et pressurage. Il existe une véritable ségrégation au sein des différents liquides récupérés. La « coule », qui représente la phase liquide dans une cuve en FA, est tout d'abord séparée du marc. L'écoulage se faisait généralement très tôt le matin (autour de 7h) de manière gravitaire dans un bac de transfert relié à une pompe alimentant une cuve de transfert (cuve 1). Le temps d'écoulage dépend du volume mais en général on obtenait un marc sec vers 11h. Il arrivait parfois que les cuves ne s'écoulaient pas correctement pour diverses raisons (problème de grille filtrante interne par exemple). La phase restante était souvent chargée en lies. La décision prise était alors de commencer le décuvage est récupérant cette phase liquide chargée en lies et de la séparer de la coule (formant la cuve 1'). Puis le décuvage continuait, et le jus de presse obtenu après pressurage formait la cuve 2. Concernant les rendements théoriques pour prévoir les volumes, on considérait que 20% du volume théorique total étaient des jus de presses et 80% des jus de coule. Cette année, ce ratio était vérifié.

Dans la pratique, l'écoulage est toujours fait avec une saturation des tuyaux transferts en CO_2 (une entrée de CO_2 est installée sur le circuit de la pompe). L'objectif est d'éviter d'introduire de l' O_2 , favorisant le développement des bactéries acétiques. Ensuite, le décuvage peut se faire de deux manières en fonction des cuves, de leur contenance et leur localisation dans la cave :

- Les cuves sont situées dans la zone 2B (cf. Figure 7). L'écoulage et la vidange de la cuve sont effectués par gravité. Le marc est déplacé dans un OVI situé au niveau de la zone 2A et il est ensuite monté par treuil vers la zone 4, où il est vidé au-dessus du pressoir. Lorsque la vidange de la cuve ralentissait, un caviste allait dans la cuve pour évacuer le marc. Ce caviste avait un détecteur de CO_2 et un autre caviste était présent à la fois pour la surveillance en cas de malaise et pour s'assurer du bon remplissage de l'OVI
- Les cuves sont situées dans les zones 1 et 2A (cf. Figure 7). Le décuvage gravitaire n'était pas envisageable. Il était alors nécessaire de mettre en place une pompe à marc en dessous de la porte inox de la cuve puis un caviste évacuait le marc manuellement. La pompe à marc alimentait l'OVI placé à proximité. De la même manière, un second caviste était présent pour la surveillance.

Dans les deux types de macérations, les vins de coule et de presse sont séparés dès cette opération. Selon la dégustation avec Jean-Marc Lafage et l'œnologue des rouges, leur assemblage peut être réalisé juste avant de sortir de la cave de Miraflor et leur élevage peut commencer à la cave de Llaro. Cette organisation, consistant en particulier à faire de petits lots pour conserver les points positifs de

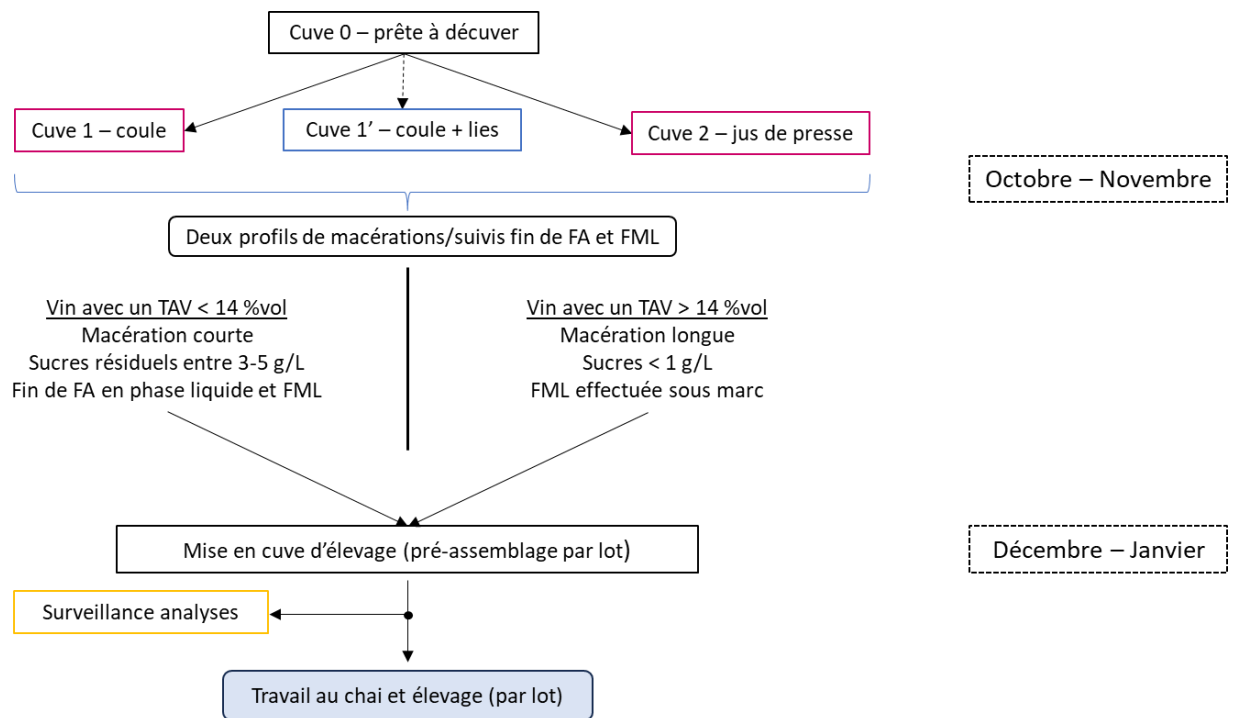


Figure 22. Etapes des processus de décuver, pressurage et pré-assemblage avant élevage

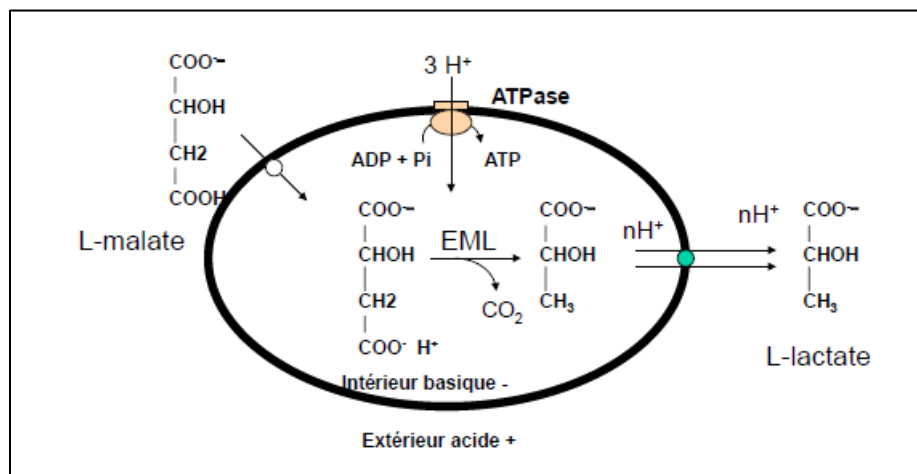


Figure 23. Modèle de production énergétique par la fermentation malolactique chez la bactérie lactique *Ænoccoccus æni* (d'après Olsen et al. 1991)

chaque cuve, nécessite un grand parc de contenants (cuves de transfert suite au décuvage, cuve de transfert pour le transport de Miraflor à Llaro, contenants d'élevage...). Cette année tout particulièrement, les limites de cette organisation se sont faites ressentir, portant sur la disponibilité des contenants à la fois au décuvage à Miraflor et en élevage à Llaro. Jean-Marc Lafage a donc décidé de commencer à réinvestir dans des contenants au Mas Miraflor mais aussi de réduire son parc à barriques de 2,25 hL pour passer à des contenants de plus grandes capacités (cuves tronconiques bois, foudres, œufs ...). D'un point de vue œnologique, il justifie également ce choix en se référant aux demandes de certains marchés, qui demandent des vins « moins boisés », ce qui ne correspond pas au profil d'un vin élevé en barriques.

La figure 22 ci-contre résume schématiquement l'ensemble du dernier point expliqué

Fermentation malolactique : *Ænoccoccus œni* est la bactérie lactique responsable de cette réaction biochimique. Elle consiste en la transformation de l'acide malique en acide lactique, associé à un dégagement d'une molécule de CO_2 . Ce métabolisme anaérobie ne permet pas de produire des molécules d'ATP mais la déprotonation associée à la réaction permet la mise en place d'un gradient protonique moteur dans le sens de la cellule. Ce gradient alimente ensuite le complexe protéique ATP synthase de la levure (cf. Figure 23).

Pour les vins rouges, elle est en général réalisée mais pour les blancs et rosés, ce n'est pas toujours le cas. En effet, l'intérêt de la FML est qu'elle permet une désacidification du milieu, ce qui engendre une perte de fraîcheur (non souhaitée pour les vins blancs/rosés). En revanche, elle peut apporter une modification aromatique, souhaitable et bénéfique selon le profil de vin recherché. De plus la réalisation de la FML permet de stabiliser le vin microbiologiquement, puisque l'acide malique restant peut servir de substrat pour certains micro-organismes avec une déviance organoleptique (Sumbly et al., 2019). La température idéale pour ce métabolisme se situe entre 18 et 20°C. Un blocage peut être envisagé par un ajout de SO_2 (avoir 25-30 mg/L de SO_2 libre suffit) ou de lysozyme (250 à 500 mg/L). La FML est peu sujette à une augmentation de l'acidité volatile mais elle peut être observée si les bactéries lactiques utilisent leur métabolisme hétéro-fermentaire des sucres (souvent avec une source de sucres résiduels).

L'analyse des concentrations en acide malique et lactique est un bon moyen pour suivre la FML et de vérifier son achèvement. Pour ce type d'analyse, on couple également une analyse de l'acidité volatile, toujours dans le but de vérifier si les bactéries lactiques ne sont pas sur leur métabolisme hétéro fermentaire sur les sucres.

Au domaine et comme cité plus haut, le déclenchement des FML était spontanée mais il y avait une grande surveillance sur le suivi et les données récupérées avec les analyses. Cependant, les acidités des moûts et des vins étaient particulièrement faibles cette année. Les pH élevés, résultats des faibles acidités des moûts, favorisent dans le vin de manière significative les populations de micro-organismes indigènes susceptibles d'altérer les qualités du vin. Cette altération peut se produire pendant la phase de latence entre la fin de la FA et le début de la FML. D'autant plus qu'un faible pH permet la domination du type *Ænoccoccus œni*.

Nous avons donc décidé de réaliser des co-inoculations LSA/bactéries lactiques de type *Lactobacillus Plantarum* (ML Prime™ de la société LALLEMAND), sur des moûts peu acides, ayant un objectif de macérations courtes à moyennes. L'inoculation se faisait 24h après l'ensemencement de LSA, où le sulfitage était réduit (de 0 à 2 g/hL). Ces bactéries ont un métabolisme facultatif, s'activant en milieu à pH élevé et empêchant la production d'acide acétique à partir d'hexoses. *Ænoccoccus œni* n'a pas cette capacité. Enfin, la co-inoculation est un moyen efficace de réduire les risques de contaminations par les Brettanomyces (OIV-OENO 462-2014).

Tableau 2. Caractéristiques des vendanges et analyses de moûts à l'encuvage pour la modalités d'irrigation. Le TAVP est mesuré à l'Oenofoss, l'azote assimilable par méthode enzymatique et le pH au pH-mètre. AA signifie l'azote organique provenant des molécule d'acide aminées ; NH_4^+ correspond à l'azote ammoniacal.

	Modalité Irr2	Modalité Irr3	Modalité Tem
Masse de la vendange	450 kg	450 kg	450 kg
Rendement	8,2 t/ha	8,5 t/ha	4,5 t/ha
Opérations à l'encuvage	Égrappage uniquement + ajout de neige carbonique au cours de l'encuvage	Égrappage uniquement + ajout de neige carbonique au cours de l'encuvage	Égrappage uniquement + ajout de neige carbonique au cours de l'encuvage
Sulfitage à l'encuvage	Aucun	Aucun	Aucun
TAVP (%vol) (17,5g sucres/%vol)	13	12,9	13,8
Azote assimilable (mg/L)	178	176	205
pH	3,55	3,59	3,55

III.2.c.i. Les rouges expérimentaux – suivi de cinétique fermentaire

Rendement à la parcelle : Comme expliqué précédemment, un tri par densité a été utilisé cette année pour le contrôle maturité et le déclenchement de la vendange des parcelles expérimentales. Après cette dégustation de baies mais aussi du suivi du chargement en sucres, nous avons vendangé le profil FF 15 jours après l'arrivée au supposé plateau d'arrêt de chargement en sucres. Pour les trois modalités d'irrigation, les vendanges étaient réalisées manuellement en caissettes, l'objectif étant de récupérer 1 tonne par modalité d'irrigation. Ce choix de masse s'expliquait par la contenance de nos demi-muids de fermentation, où l'on pouvait encuver 450 à 500 kg de vendange au maximum sans risquer des débordements. Pour des raisons de volumes souhaité en vin fini et de répétabilité, deux demi-muids avaient été préparés pour chacune des modalités d'irrigation et pour chaque profil vin. Pour la modalité **Irr2** au profil FF, nous avons récupéré 8,2 t/ha, un rendement similaire à la modalité **Irr3** mais tout de même quasiment deux fois supérieur à la modalité **Tem** non irriguée (4,5 t/ha). Si on considère le rendement en jus « 1 tonne de raisins équivaut à 7,5hL », le rendement à parcelle pour **Irr2** et **Irr3** correspond à peu près à ceux autorisés par l'AOP « Côtes du Roussillon » et « Côtes du Roussillon Villages ». Or pour la modalité **Tem**, représentante type d'une parcelle dans cette appellation de nos jours, nous arrivons à 34 hL/ha à la parcelle, ce qui est bien inférieur à ce que prévoit le cahier des charges de cette AOP. D'où la réflexion et l'importance de cette irrigation raisonnée et adaptée, qui permet non pas une surproduction mais plutôt un maintien du rendement et une assurance d'une stabilité financière.

La réception : La vendange expérimentale a suivi la même voie que la vendange parcellaire haut de gamme vinifiée dans les OF. Pour des raisons de logistique et gestion de cuverie, nous avons décidé avec l'œnologue de changer de contenant de FA et d'utiliser des demi-muids de 2017. Vu leur âge, ils n'allaient pas influencer l'aromatique du vin pendant la FA et ainsi rester sur un pied d'égalité pour les futurs comparaisons entre modalité et profil vin. La qualité de ces demi-muids a été vérifiée et leur conservation était bonne : ils ont reçu un méchage avec un pastille de SO_2 et sont bien restés fermés hermétiquement. Une semaine avant la vendange et l'encuvage, ils ont été décerclés pour retirer la partie supérieure, puis recerclés, mis en eau (pour gonfler le bois) et enfin nettoyés avec le mélange suivant {20 L d'eau + 40 g de métabisulfite de potassium + 120 g d'acide citrique}. Les caractéristiques de la vendange et analyses du moûts à l'entrée sont présentées sur le tableau ci-contre (cf. Tableau 2). La vendange était très saine et pour mes expérimentations, après discussions avec l'œnologue, nous n'avons pas sulfiter à l'encuvage. Nous avons en revanche immédiatement mis le froid (cf. figure 23), nous permettant d'abaisser la température à 18°C et le levurage.



Figure 24. Demi-muids de FA pour les modalités expérimentales avec les drapeaux inox pour la gestion du froid.

La vendange était vidée manuellement dans un égrappoir. Les baies étaient acheminées vers le demi-muids via une « sauterelle ». Toutes les 15 caisses vidées, de la neige carbonique était ajoutée sur la vendange encuvée pour commencer à saturer le moût en CO_2 et débiter son refroidissement.

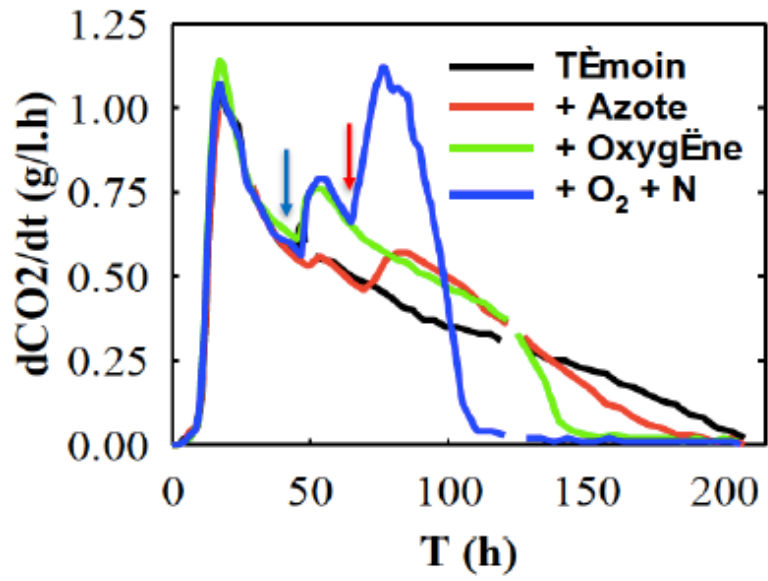


Figure 25. Effets de la complémentation en azote et oxygène sur la cinétique fermentaire des LSA (Blondin, 2022)

Levurage et gestion de la FA : un levurage a été réalisé très rapidement après l'encuvage, le temps que le moût atteignent la température de 18°C. Nous avons utilisé des levures BCS103 de chez FERMENTIS. Les raisons de ce choix de levures sont multiples et liées aux caractéristiques du moûts et pour des raisons expérimentales :

- D'un point de vue aromatique, elle n'apporte pas de notes spécifiques, ce qui est intéressant dans l'optique d'une comparaison entre modalité d'irrigation sans biais.
- Elle peut fermenter pour des hauts degrés alcooliques. Le TAVP n'est pas haut pour le profil FF mais nous voulions choisir la même levure de FA pour les deux profils vin étudiés (le profil FM était supposé être à un TAVP beaucoup plus important).
- Elle est caractérisée par de faibles besoins azotés. Malgré nos quelques apports en azote minérale, nous avons préféré choisir ces levures car nous étions sur des vignes qui avait subi un stress hydrique plus ou moins important et par conséquent l'alimentation azotée a été perturbée. D'autant qu'une étude menée par l'ICV en 2006 a montré que les cépages méditerranéens (hormis la Syrah) étaient souvent moins composés d'azote assimilable que les cépages des terroirs plus méridionaux mais « importés » dans le vignoble méditerranéen. (Granes et al., 2008).

Nous avons bien été vigilants sur la température qui n'a pas dépassé les 25 °C comme souhaité. L'utilisation des drapeaux inox sur un faible volume a l'avantage de refroidir assez rapidement les mouts et ainsi d'agir rapidement. Néanmoins, cela peut présenter un risque si on ne reste pas attentif.

Un ajout d'azote assimilable a été effectué autour 1060 de densité, à 10 g/hL de phosphate diammonique (DAP). Cet ajout a été accompagné par une oxygénation à une dose de 5 mg/L. A ce stade de la fermentation, il a été montré que 4 à 8 mg/L d'oxygène apportés sont immédiatement consommés par les levures sans pouvoir oxyder des molécules aromatiques ou leurs précurseurs (Granes et al., 2008). En effet, il existe une synergie entre azote et O_2 lorsqu'ils sont apportés ensemble, car l' O_2 semble amplifier la relance liée à un apport azoté pour un moût en FA avec une carence (cf. Figure 25).

Opérations sur cuves : Pour des raisons de praticité, les seuls moyens d'extraction était un pigeage. Trois pigeages quotidiens étaient réalisés pendant toutes la FA.

Macérations : Pour mes expérimentations, toujours dans l'optique de ne pas introduire de biais à la dégustation, nous avons décidé de pratiquer une macération moyenne : les TAVP des trois modalités se situaient entre 13-14%vol au profil FF. Les sucres étaient tous consommés pendant la fermentation. Deux pigeages étaient effectués quotidiennement pendant la phase de macération et nous avons veillé à chaque fois à mettre de la neige carbonique après ce pigeage et à bien fermer hermétiquement les demi-muids, permettant de saturer l'atmosphère au-dessus du marc en CO_2 (l'objectif était encore une fois d'éviter la pique acétique). La FML n'a pas été réalisée sous marc.

Décuvage, entonnage & FML: La macération a duré 10 jours. Dans la pratique, nous avons utilisé un cylindre inox avec un maillage fin de la hauteur du demi-muids pour récupérer le vin lors du décuvage. L'écoulage se fait également avec une saturation des tuyaux avec un gaz neutre, tout en rappelant que le vin n'a pas été sulfité et la FML n'a pas été achevé. Le vin est ensuite directement entonné dans des barriques de 2,25 hL datant de 2017 également (toujours avec le même objectif de neutralité aromatique pour l'élevage). La FML s'est réalisée ensuite dans ces barriques.

Analyses œnologiques, opérations sur cuves et discussions : Dans cette partie, les trois modalités d'irrigation au profil FF seront commentées, sur le plan de leur cinétique fermentaire mais aussi au niveau de leurs analyses œnologiques pendant la FA et la FML. La figure 26 et le tableau 3, présentés sur les pages suivantes, donnent des indications sur les points qui vont être explicités.

Tableau 3. Résultats du suivi d'analyses œnologiques pour les trois modalités d'irrigation durant la FA, la macération et la FML. Les cases vertes signifient que la FA (au 02/09) et la FML (au 18/09 puis 26/09) sont terminées

Modalités/ Date analyses	25-août			28-août			30-août			02-sept			09-sept		
	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem
TAVP (%vol) (17,5g/%vol)	13	12,9	13,8												
TAV réel (%vol)				4,3	4,5	4,9	10,6	11,2	12,2	13	13,2	13,7			
Glucose/fructose (g/L) (Enzymatique)	227,5	226,2	242	152,7	148	157	42,1	30,3	28,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5			
Azote assimilable (mg/L) (Enzymatique)	178	176	205												
pH (pH-métrie)	3,55	3,59	3,55	3,56	3,6	3,56	3,63	3,62	3,58	3,63	3,62	3,65	3,63	3,62	3,65
Acidité totale (g H_2SO_4 /L)				3,23	3,2	3,51	3,5	3,2	3,5	3,44	3,48	3,72			
Acide malique (g/L) (Enzymatique)										0,62	0,72	0,52	0,61	0,73	0,52
Acide lactique(g/L) (Enzymatique)										0	0	0	0	0	0
Acidité volatile (g H_2SO_4 /L)				0,1	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11	0,1	0,1	0,11	0,1	0,1
SO_2 libre (mg/L)															
SO_2 total (mg/L)															

Modalités/ Date analyses	14-sept			18-sept			19-sept			26-sept			04-oct			05-oct		
	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem
TAVP (%vol) (17,5g/%vol)																		
TAV réel (%vol)																		
Glucose/fructose (g/L) (Enzymatique)																		
Azote assimilable (mg/L) (Enzymatique)																		
pH (pH-métrie)	3,65	3,65	3,7	3,65	3,65	3,7						3,7			3,7			
Acidité totale (g H_2SO_4 /L)																		
Acide malique (g/L) (Enzymatique)	0,11	0,37	0,52	0	0	0,52						0,51			0			
Acide lactique(g/L) (Enzymatique)	0,48	0,3	0	0,61	0,69	0						0,03			0,4			
Acidité volatile (g H_2SO_4 /L)	0,18	0,2	0,1	0,18	0,2	0,1						0,1			0,2			0,2
SO_2 libre (mg/L)							30	28										33
SO_2 total (mg/L)							50	47										52

Sucres & TAVP - A l'encuvage, les mouts présentent une concentration de sucres de 227,5 g/L (**Irr2**), 226,2 g/L (**Irr3**) et 242 g/L (**Tem**). Pour calculer le TAVP, le domaine utilise le rendement « sucres-éthanol » de 17,5 g/L de sucres pour 1 %vol d'éthanol pour les rouges. En œnologie, on utilise couramment un rendement plus faible pour les blancs et rosés, fixé à 16,5 g/L de sucres pour 1% vol d'éthanol.

On obtient un TAVP et TAV quasiment similaires pour les modalités irriguées. En revanche, la modalité **Tem** a un degré de plus. Malgré le stress hydrique subi pour le témoin, le sucre s'est tout de même bien accumulé dans les baies (nous n'avons pas pu plus approfondir cet aspect en viticulture). Néanmoins, nous avons remarqué que les baies de **Tem** étaient beaucoup plus petites et par phénomène de flétrissement, la concentration en sucre est plus importante : les baies de **Irr3** étaient en moyennes, 25% plus grosses que **Tem**, celles de **Irr2** 15% plus grosses.

Dynamique fermentaire & densité – Comme nous pouvons l'observer sur la figure 26 ci-dessous, il n'y a pas de différence sur la dynamique fermentaire des levures. La perte de point de densité journalière est acceptable et respecte les objectifs donnés au domaine. On peut néanmoins remarquer une température relativement difficile à gérer en début de FA pour les modalités **Tem** et **Irr3**, sans grande conséquence pour la suite. Les trois modalités ont terminé leur FA le 02/09 (concentration en sucres fermentescibles < 0,5 g/L)

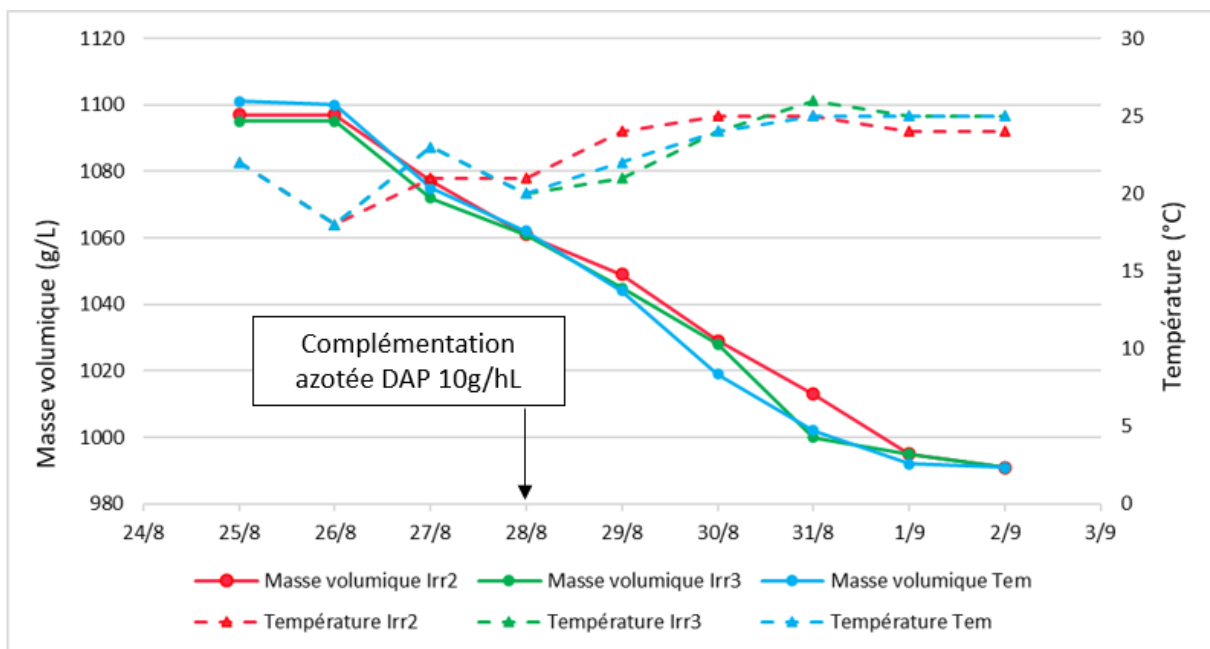


Figure 26. Cinétique fermentaire (masse volumique et température) des trois modalités d'irrigation au profil FF. Une complémentation azotée a été réalisée pour les trois modalités le même jour, au 1/3 de la FA.

Acidité – Les pH des trois modalités restent dans la limite imposée au domaine avant acidification, fixée à 3,6 pour les rouges. Nous avons en revanche surveillé régulièrement cet indicateur, pour sécuriser microbiologiquement le vin. On peut voir que les pH arrivent à une valeur finale avoisinant les 3,7 (après FML, impliquant une légère désacidification). Ces valeurs peuvent potentiellement présenter un risque même si on reste dans une zone de pH acceptable. N'ayant pas acidifié au début sur moût, nous aurions pu prendre la décision d'ajouter de l'acide tartrique : en effet la réglementation européenne autorise l'ajout de tartrique dans le cadre de l'acidification avec une dose maximale de 150 g/hL sur moût et 250 g/hL sur vin, soit 4 g/L en cumulés (Règlement CE 606/2009). Cependant, deux points ont statué sur le choix de ne pas acidifier :

- Nous n'avons pas détecté de déviance microbiologique et organoleptique à la dégustation.

- Nous voulions également préserver les qualités brutes et inhérentes de chaque modalité pour ne pas former de biais lors de la dégustation retour sur les résultats expérimentaux.

Sur une autre matrice vin et pour un objectif de production, un choix d'acidification aurait été certainement fait dès le début de la FA, avec les connaissances de la parcelle, de la maturité, du terroir et du millésime.

Pour la gestion de l'acidité, l'acidité totale vient en second plan. En effet, la mesure de cet indicateur demande un dosage acido-basique colorimétrique avec une solution titrante de *NaOH*. Lors de ce dosage, tous les acides organiques du raisin sont des acides faibles et au pH du vin, ces derniers ne sont pas tous dissociés, mais pourtant dosés par la soude. Avec le pH (et la méthode de pH-métrie), la mesure s'applique uniquement sur les acides dissociés et donc sur l'acidité réelle du vin.

L'alimentation azotée - La mesure de YAN du moût donne une concentration de 178 mg/L (**Irr2**), 176 mg/L (**Irr3**) et 205 mg/L (**Tem**). Ici encore, la modalité **Tem** surprend sur le plan physiologique, puisqu'elle possède une concentration en YAN légèrement plus importante. Nous pouvons penser à un phénomène de flétrissement causant une diminution du volume. L'analyse de la teneur en azote par baie montre par ailleurs que les baies de **Tem** ont légèrement moins chargé d'azote, mais suffisamment pour arriver à des niveaux de YAN ne présentant pas de carence. Ces observations vont donner naissance à d'autres réflexions les années futures pour tenter de comprendre, quand on sait que l'accumulation de YAN dans les baies est faible lorsque le régime pluviométrique est faible (correspondant à la différence entre précipitations et évapotranspiration de la vigne) (Spring et al., 2002).

Néanmoins, avec les TAVP mesurés, on ne remarque pas de carence azotée en théorie. Nous étions tout de même légèrement au-dessus de la valeur seuil de carence et selon la règle supplémentaire de l'œnologie (avoir autour de 200 g/L de YAN), un seul apport a été réalisé, au 1/3 de la fermentation (fin de la phase de croissance de la population levurienne) avec un ajout de DAP à 10 g/hL (en théorie apportant 20mg/L). Cet ajout, associé à une oxygénation, a été de plus appuyé par le besoin de correction de l'apparition de notes réduites à la dégustation, en particulier pour la modalité **Tem**. En effet, les notes réduites peuvent être aussi un signe d'une possible carence d'azote.

Date	D/T ² Irr2	D/T° Irr3	D/T° Tem	Opérations	Remarques dégustation
25/08	1097/22	1095/22	1101/22	Mise au froid	
26/08	1097/18	1095/18	1100/18	Levurage + pigeages (homogénéisation)	
27/08	1077/21	1072/23	1075/23	Pigeages + mise au froid pour Irr3 et Tem	Légère Réduction
28/08	1061/21	1061/20	1062/20	Ajout 10 g/hL DAP + oxygénation + pigeages	Réduction +++ pour Tem
29/08	1049/24	1045/21	1044/22	pigeages	
30/08	1029/25	1028/24	1019/24	pigeages	
31/08	1013/25	1000/26	1002/25	pigeages	
01/09	995/24	995/25	992/25	pigeages	
02/09	991/24	991/25	991/25	(Arrêt FA) pigeages	
...	MACERATION			2 pigeages journaliers Ajout de neige carbonique et Fermeture hermétique systématiquement	Evolution de la structure tannique
11/09	DECUVAGE				

² D/T° signifie densité/température



Figure 27. Chai à barrique blancs et rosés au Mas Mirafior



Figure 28. Localisation du Mas Llaro, site d'élevage des vins rouges et des VDN (vue google satellite)

Gestion de la FML – Comme évoqué précédemment, la FML s’est réalisée en barrique. Les mesures pour suivre le déroulement consistait à vérifier les concentrations d’acide malique et lactique, le pH et l’acidité volatile, notamment pour contrôler le risque de piqure acétique mais aussi les risques liés au pH élevé (*Cenococcus æni* est la bactérie lactique la plus adaptée à pH < 3,3 (Blondin, 2022 b)). Sachant que le décuvage et l’entonnage ont eu lieu le 11/09, le déclenchement de la FML a débuté un peu avant le 14/09 et elle s’est achevée le 18/09 pour les modalités Irr2 et Irr3. En revanche, le déclenchement de la FML de Tem semble avoir été retardé : elle a débuté 1 semaine après que les Irr2 et Irr3 aient terminé la leur. Pour expliquer cette observation, on peut émettre certaines hypothèses :

- La concentration en acide malique plus faible pour la modalité Tem peut être une conséquence du stress hydrique subi et la très intense dégradation de l’acide malique dès le début de la véraison.
- La valeur de pH, plus importante pour le Tem.
- Les vignes de Tem ont certainement chargé moins d’AA, essentiels pour le développement des bactéries lactiques, qui n’utilisent pas le NH_4^+ . Le milieu du vin en fin de FA est carencé en AA et la seule source en AA est normalement issue du relargage des AA par les levures en fin de FA ou éventuellement d’autolyse (si élevage sur lies) (Blondin, 2022 c).

Concernant l’acidité volatile, elle était faible depuis le début de la FA, signe d’une bonne qualité de la vendange. On observe une augmentation à la fin de la FML pour les trois modalités, mais dans les mêmes proportions, ce qui est attendu : le métabolisme de l’acide citrique des bactéries lactiques, simultanément à celui de l’acide malique, implique une production d’acétate (Blondin, 2022 b).

PARTIE B : TRAVAIL AU CHAI – ELEVAGE DES VINS

I. Le travail du vin

I.1. Situation des locaux pour l’élevage des vins

I.1.a. L’élevage des blancs et rosés

L’élevage des blancs et des rosés se déroule au Mas Miraflor (cf. figure 27). Une fois la FA terminée, les vins blancs et rosés sont mis dans leur contenant d’élevage qui sont variables au domaine Lafage : barriques de 2,25 ou 5 hL, cuves tronconiques bois, foudres ou bien des cuves inox. L’élevage de ces vins se fait au Mas Miraflor pour des raisons de gestion des températures : le bâtiment est par ailleurs plus moderne et plus apte à une régulation de l’humidité et de la température que le Mas Llaro.

La majorité des contenants sont de tout même des barriques ou demi-muids. Le turn-over de ces contenants est de deux vins. Ensuite, leur usage change et ces contenants sont destinés à l’élevage des rouges et des VDN. C’est pourquoi très peu de barriques sont achetées à ce jour pour l’élevage des rouges.

I.1.b. Le Mas Llaro, site d’élevage pour les rouges et VDN

L’élevage des rouges et des VDN se déroule au Mas Llaro, un bâtiment situé à quelques kilomètres du Mas Miraflor (cf. Figure 28). Historiquement, le Mas Llaro a été la cave principale de vinification avant la reprise du Mas Miraflor et l’expansion que le domaine Lafage a connu ces dernières années. L’avantage est l’espace offert, qui ne serait pas disponible sur le site du Mas Miraflor, au vu de la pluralité des bâtiments aux multiples fonctions. Cependant, on peut tout de même identifier un



Figure 29. Quelques pièces du Mas Llaro : (a et b) chai d'élevage des rouges avec quelques contenants ; (c) cuves à chapeau flottant en PRFV pour les assemblage ou stockage ; (d) chai d'élevage des VDN

inconvenient : les déplacements et transports des vins destinés à l'élevage, rajoutant des précautions à prendre d'un point de vue protection œnologique mais aussi d'un point de vue logistique :

- Si les volumes à déplacer sont faibles (de l'ordre de 10 à 50 hL), les cubes plastiques seront utilisés, transportés en camion aménagé à cet effet.
- Si les volumes à déplacer sont importants (après un pré-assemblage formant un lot par exemple), le domaine fera appel à un prestataire extérieur avec un camion-citerne.

Le Mas Llaro est divisé en 3 parties avec des fonctions différentes : le chai d'élevage des rouges, le chai d'élevage des VDN et la cuverie de transferts.

Le chai d'élevage des rouges regroupe le parc à barriques 2,25 hL et 5 hL ainsi que quelques cuves inox et béton (datant anciennement de la cave de vinifications, mais conservées à ce jour pour le stockage). De plus, comme expliqué précédemment, Jean-Marc Lafage a pris la décision de commencer cette année une restructuration de son parc d'élevage, pour avoir un parc avec plus de grands contenants mais à volume égal (le rachat de parcelle viticole n'étant pas prévu ces prochaines années, notamment à cause des conditions climatiques, de la difficulté de mettre en place des systèmes d'irrigation, et toute chose étant liée, de la baisse du rendement à la parcelle). C'est pourquoi, on compte pour le millésime 2023, 4 nouveaux foudres et 4 nouveaux ovoïdes en plastique à perméabilité moyenne, destinés à l'élevage (cf. Figures 29b et 31a). Ces derniers contenants sont par ailleurs à l'essai et seront multipliés s'ils apportent un intérêt à la dégustation.

Ensuite, le chai d'élevage des VDN est situé à l'étage et il comprend l'ensemble des barriques où les VDN sont élevés. Au domaine, les VDN produits sont le Muscat de Rivesaltes ou bien Muscat de Noël, le Maury Grenat, l'Ambré hors d'âge et le Rancio. Seuls le Maury Grenat et l'Ambré hors d'âge sont élevés au Mas Llaro.

- L'élevage des muscats se fait en milieu réducteur. Leur durée d'élevage est variable plutôt court pour les Muscats de Noël (commercialisés dès la deuxième quinzaine de novembre). Le plus souvent, un élevage court sur lies fines est choisi. Mais il peut parfois y avoir des élevages plus longs, en milieu oxydatif et en contenant bois, apportant une profonde modification de la couleur et de l'aromatique, tendant davantage vers des notes d'oranges confites, fruits secs et géranium (Hardy, 2023). Au domaine, c'est plutôt un élevage court qui est privilégié pour les muscats, réalisé au Mas Miraflor.
- Le Maury Grenat, issu de moût de Grenache noir muté à l'alcool vinique à 96%vol sur marc, est élevé en milieu réducteur. La durée de l'élevage se fait au moins jusqu'au 1^{er} mai de l'année qui suit celle de la récolte, dont 3 mois minimum en bouteille (cf. cahier des charge AOC Maury).
- L'Ambré hors d'âge, issu de moût de Grenaches blanc et gris muté à l'alcool vinique à 96% vol, est élevé en milieu oxydatif. La durée de l'élevage se fait au moins jusqu'au 1^{er} septembre de la 5^e année qui suit celle de la récolte (cf. Cahier des charge AOC Maury).
- Le Rancio correspond à un VDN classique mais qui, avec des conditions d'élevage oxydatif, a acquis le goût de « rancio » (cf. Cahier des charge AOC Maury).

Enfin, un ensemble de cuves en PRFV à chapeau flottant, est utilisé pour tous les transferts, lorsque des transports de vins avec des camions-citernes sont effectués. Ces cuves sont uniquement utilisées pour des transferts et non pour de l'élevage, puisqu'elles présentent un avantage certain pour l'hygiène et le nettoyage (Desseigne, 2021). Toutefois, les vins qui y sont transférés ne sont pas des VDN (à un TAV total minimal de 21,5 %vol) puisqu'il y a un risque de migration de styrène (servant de solvant dans la fabrication de la cuve) avec les TAV importants (Desseigne, 2021).

Le nombre contenants d'élevages (hors cuves béton et inox) est présenté ci-contre dans le tableau ci-dessous (pour le millésime 2023)

Contenance barrique (hL)	VDN	ROUGE
2,25	40	227
5	165	208

I.1.c. Les caractéristiques d'élevages des vin rouges du Mas Llaro

I.1.b.i. Le contenant bois et ses effets sur l'élevage du vin

Le contenant le plus représenté au Mas Llaro est le contenant bois. Ce contenant est notamment choisi pour les réactions ayant lieu pendant l'élevage des vins (Carpena et al., 2020) :

- La condensation des anthocyanes et tanins, intervenant dans la stabilisation de la couleur et dans l'amélioration de la structure phénolique.
- L'oxydation de la matrice vin, avec les polyphénols comme support d'oxydation. Ces molécules sont en effet les principaux consommateurs de l'oxygène dissous dans le vin, grâce à leur capacité antioxydante.
- La libération de molécule depuis le bois vers le vin, comme les composés aromatiques.

Ces trois réactions donnent lieu à des modifications des caractéristiques visuelles, olfactives et gustatives du vin. L'oxygénation permise par le contenant bois, est un facteur de modification de la couleur à cause de la stimulation de la polymérisation et de la condensation entre flavonoïdes, composés responsables de couleur (Rodriguez-Rodriguez et al., 2012). Cette oxygénation est également responsable de l'apparition de certains arômes d'élevage oxydatif. Prenons l'exemple du VDN Rancio. Cette mention est réservée aux vins qui en fonction des conditions d'élevage, ont acquis le goût de « rancio » (cf. Cahier des charge AOC Maury). Ce goût est issu de l'apparition de la molécule du Sotolon (avec une concentration supérieure à 600 mg/L (Cutzach et al., 1998a)), qui serait issu de la peroxydation de l'acétaldéhyde (Roland, 2021).

Enfin, le vin en élevage bois voit également sa composition phénolique se modifier : les éléments du contenant comme les ellagitannins peuvent migrer dans la matrice vin et peuvent provoquer une stabilisation de la couleur mais aussi modification organoleptique du vin. Cette dernière modification dépend par ailleurs de plusieurs facteurs comme la matrice vin, la durée de l'élevage, le type de bois utilisé (essence et localisation géographique), l'âge du contenant et des méthodes de préparation du contenant (période de séchage en pleine air, type de chauffe...). C'est pourquoi l'utilisation de plusieurs tonneliers et des contenants d'âges différents permet d'obtenir une plus grande complexité des vins lors de leur assemblage (Ribéreau-Gayon et al. 2020b).

L'élevage bois permet également l'apparition d'arôme tertiaire dans la matrice vin, constituant ce qu'on appelle le « Bouquet », constitué des notes boisées, de tabac, de café et des empyreumatiques. Les molécules responsables de ces notes aromatiques sont issues de deux voies de biosynthèse : le mécanisme chimique de dégradation due à l'acidité du milieu et l'extraction des composés du bois (Roland, 2021). Ces réactions de synthèse de composés aromatiques ont également la particularité de contribuer à une clarification du vin et une modification de l'astringence (Styger et al., 2011), sensation de sécheresse à cause de la perte des propriétés lubrifiantes de la salive (due à la combinaison des tannins avec les glycoprotéines de la salive).

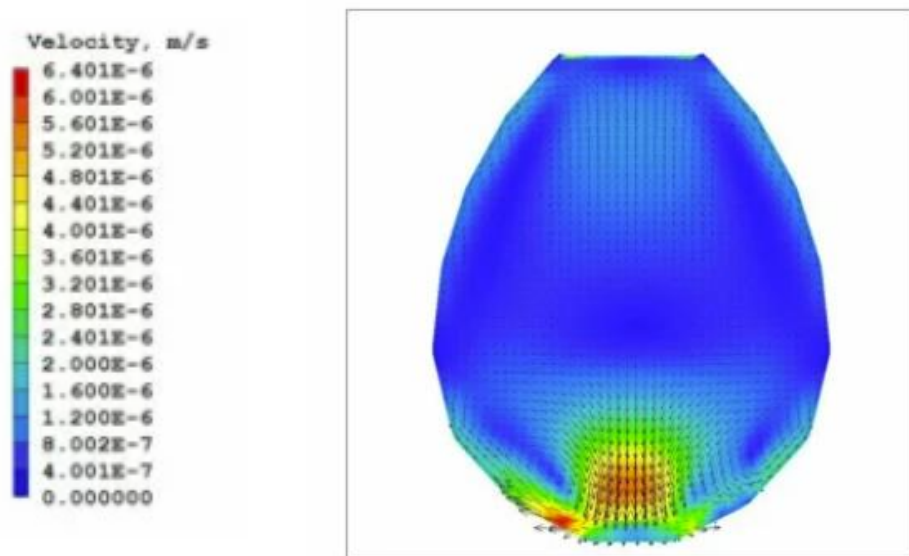


Figure 30. Mouvement de convection naturelle des lies en représentation 3D dans un ovoïde de la marque Wine&tools de contenance 11, 25 hL réalisé par l'entreprise Celsius.



Figure 31. Contenants ovoïdes (a). Staves utilisés pour l'élevage de rouges dans des barrique de 2018 (b) : en général, les staves ont une épaisseur de 18 à 20 mm avec un objectif d'élevage supérieure à 12 mois pour une bonne incorporation dans le vin.

1.1.b.ii. Le nouveau contenant, les ovoïdes en polyéthylène permettant un micro-oxygénation

Comme évoqué précédemment, le domaine vient d'investir dans 4 ovoïdes de la marque Wine&tools. Cet achat vient tout d'abord de la volonté de renouvellement du parc. L'atout principal de ce contenant est sa perméabilité permettant à l'œnologue de contrôler l'oxygénation des vins en élevage, estimée entre 11 et 17 mg O_2 /L/an par le constructeur selon le modèle. Il y a donc des intérêts de stabilisation de la couleur et de développement aromatiques (comme expliqué plus haut). Le second intérêt de ce contenant est sa forme car cette dernière assure un brassage naturel des lies fines : il y a une accentuation des mouvements de convection provoquée par des différences de pression ou de température. Ces effets ont été validés par la société Celsius, spécialiste en modélisation de dynamique des fluides. Selon Celsius : « Les dimensions de la cuve OVOÏD[®] sont optimales pour permettre un brassage naturel des lies à partir du moment où il existe un gradient de température de 3°C ».

Il y a ainsi un effet de synergie entre la micro-oxygénation et le brassage des lies : les lies fines subissent un mouvement de convection depuis le centre de l'ovoïde puis retombe le long des parois où l' O_2 est diffusé (cf. Figure 30)

Enfin, le dernier intérêt est l'association possible avec des MCB. Au domaine, l'utilisation de copeaux de bois de chênes ou des staves est fréquente, surtout pour les barriques âgées ayant un faible impact aromatique sur les vins. L'élevage bois traditionnel présente également la barrière du coût mais aussi celle des caractéristiques du vins (le vin doit supporter l'élevage en fût avec un apport d'oxygène et de composés du bois) (Prida, 2023). L'association ovoïdes + MCB (cf. Figure 31) est ainsi une voie testée au domaine à partir du millésime 2023.

1.2. Déroulement des analyses œnologiques de l'élevage à la MEB

Le tableau ci-dessous présente le menu analytique effectué à différents stades de la période élevage à MEB.

Évènements de la période l'élevage à MEB	Analyse demandée	Objectifs
Relogement	OenoFoss SO_2 libre et total	Vérifier la stabilité microbiologique après un mouvement de vin
Sulfitage	SO_2 libre et total	Rester dans la gamme des 30 mg/L de SO_2 libre et 50 mg/L de SO_2 total
Assemblage	OenoFoss SO_2 libre et total Test protéique (blanc/rosés)	- Vérifier la stabilité microbiologique du vin après un mouvement de vin - Assurer la stabilité protéique du vin assemblé
Préfiltration	OenoFoss SO_2 libre et total Test protéique (blanc/rosés) Indice de colmatage Turbidité	- Prévoir les volumes filtrables - Évaluer la qualité de la filtration pour choisir les plaques les mieux adaptées - Vérifier la stabilité microbiologique du vin après un mouvement de vin
Additions et Filtration pré-MEB	OenoFoss SO_2 libre et total Indice de colmatage Turbidité CO_2 et O_2 dissous	- Prévoir les volumes filtrables - Évaluer la qualité de la filtration pour choisir les plaques les mieux adaptées - Contrôler les gaz dans le vin - Contrôler la qualité gustative et visuelle du vin
Conformité MEB	OenoFoss SO_2 libre et total CO_2 et O_2 dissous	Vérification du vin mis en bouteille sur les 1 ^{er} et 100 ^e bouteilles

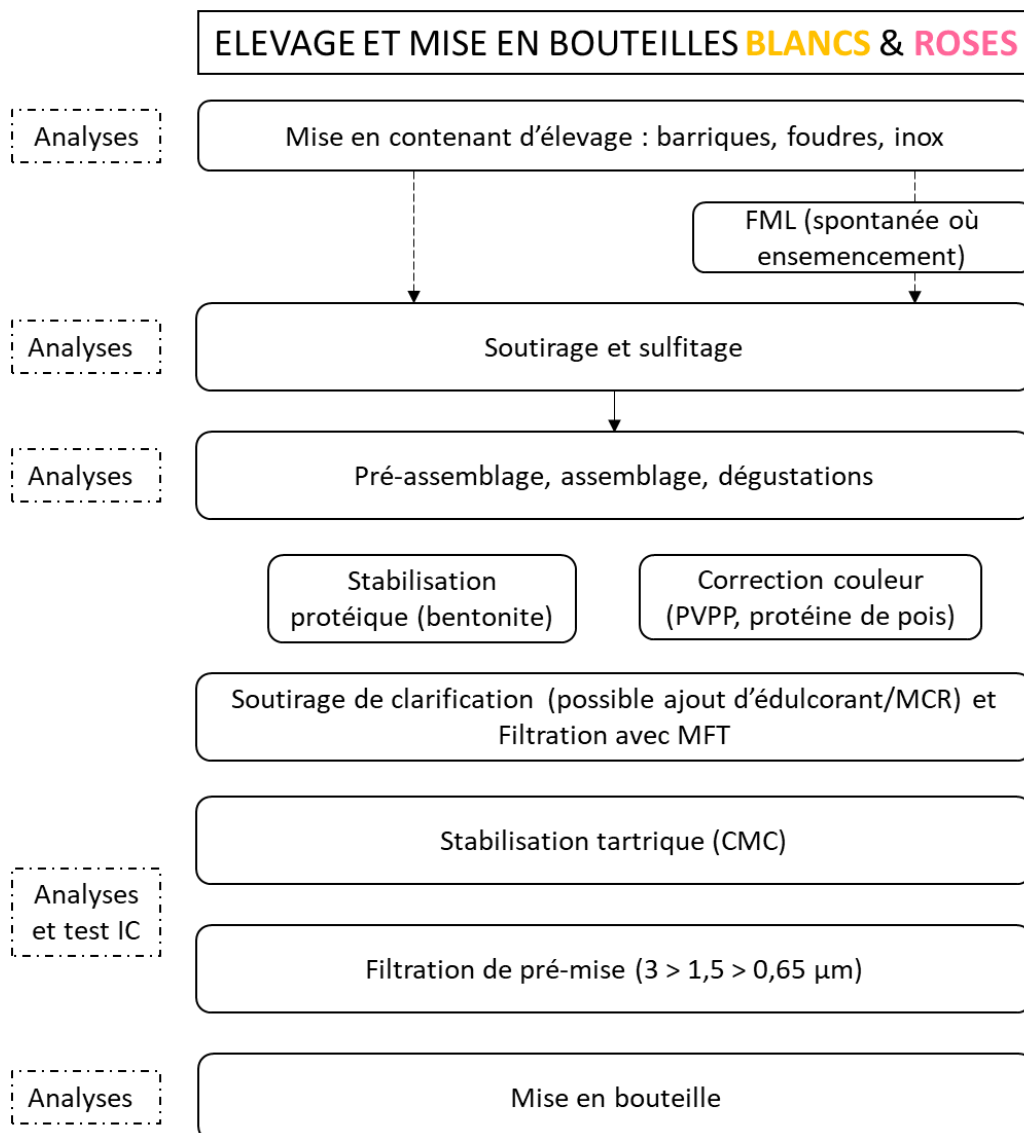


Figure 32. Itinéraire des blancs et des rosés de l'élevage à la mise en bouteille.

- Le relogement correspond à la situation où on passe une matrice vin d'un contenant à un autre, avec transport ou non : une situation pouvant illustrer la demande de cette analyse est lorsqu'une matrice de vin rouge quitte le Mas Miraflor pour commencer son élevage au Mas Llaro.
- Pour les analyses de vérification de sulfitage, elles sont réalisées toutes les trois semaines, contrôlant le SO_2 libre et total, toujours dans l'objectif de rester dans la gamme des 30 mg/L de SO_2 libre et 50 mg/L de SO_2 total.
- Pour chacune des étapes présentées sur la page précédente, une analyse à l'Oenofoss est demandée, la donnée la plus intéressante étant l'AV.
- Pour l'assemblage, un test de stabilité protéique (test à la chaleur à 80°C pendant 30 min) est systématiquement effectué puisque même si toutes les bases de vin sont stables, l'assemblage de ces bases peuvent présenter une instabilité tartrique. Si l'instabilité est détectée, des tests de collage sont réalisés afin de déterminer la dose la plus appropriée à apporter. Les vins sont ensuite collés en cuve.
- Pour les analyses pré filtration et additions pré MEB, l'objectif est variable en fonction de la correction souhaitée et de l'objectif voulu (clarification, amélioration visuelle ou gustative, stabilisation)
- Pour la conformité MEB, le laboratoire mesure les caractéristiques œnologiques du vin pour une vérification finale du vin embouteillé, ainsi que les gaz dissous influençant la dégustation des vins, voire même l'élevage en bouteille.
- A noter enfin que pour ces trois dernières étapes sont accompagnées d'une dégustation contrôlée par les œnologues du domaine.

I.3. Description des itinéraires d'élevage, de stabilisation et préparation du vin pour la MEB

I.3.a. Itinéraire pour les blancs et les rosés

Gestion de la FML : Contrairement aux rouges où la FML est systématiquement effectuée actuellement au domaine Lafage, les matrices de vins blancs et rosés n'effectuent pas toujours leur FML. L'argument principal est la conservation de la fraîcheur, par l'inhibition de la transformation de l'acide malique en acide lactique, ayant un pouvoir acidifiant moins fort (l'acide malique est un diacide et l'acide lactique monoacide). La seconde raison concerne le plan aromatique car la réalisation de la FML accentue la présence de notes beurrées. Ainsi, en fonction de la dégustation, Eliane Salinas Lafage, co-proprétaire du domaine et œnologue pour les blancs et rosés, prend la décision de cette FML. Deux voies sont alors possibles pour les blancs et rosés (cf. Figure 31) :

- Après la mise en contenant d'élevage, la FML est réalisée, de manière spontanée ou à l'aide d'un ensemencement avec des bactéries lactiques. Pour suivre son avancée et la non déviance microbiologique, des analyses sont effectuées régulièrement comme expliqué précédemment.
- Après la mise en contenant d'élevage, la FML est non souhaitée. L'objectif est de protéger le milieu et d'empêcher le départ en FML. D'après Betteridge *et al.* (2018), l'éthanol, le pH faible, la température faible et le SO_2 sont les quatre leviers pour inhiber les bactéries lactiques. Au sein du domaine, pour ce cas-ci, une combinaison de faible température et de SO_2 est utilisée. Cela permet notamment de réduire les doses de SO_2 à ajouter. En théorie, une inhibition apparaît à 10 mg/L de SO_2 libre et l'inhibition est totale à 20 mg/L de SO_2 libre (Blondin, 2021 b). Par ailleurs, le SO_2 combiné est également efficace dans l'inhibition car les bactéries lactiques peuvent métaboliser l'éthanol combiné au SO_2 et libérer ce dernier (Blondin, 2021 b). La température d'élevage pour ces blancs et rosés est maintenue à 15°C et l'objectif est d'avoir 15 mg/L de SO_2 libre.

Élevage sur lies : Pour l'élevage en barrique, régulièrement, des bâtonnages sont effectués pour une remise en suspension des lies fines.

L'élevage sur lie au domaine Lafage est de type bourguignon, c'est-à-dire qu'il se fait en barrique. Les lies sont constituées de résidus de micro-organismes (levures de la FA et bactéries de FML), d'acide organique, et de divers composants en plus faibles proportions (Perez-Serradilla et De Castro, 2008). C'est durant l'élevage sur lies que trois mécanismes physicochimiques sous-jacents ont lieu (Rolland, 2022) :

- Protéolyse, permettant la libération d'AA, composés azotés, protéines et peptides, ce qui peut participer à la sucrosité des vins.
- Dégradation des parois cellulaires, impliquant une libération de mannoprotéines notamment.
- Relargage de substance volatiles

Le profil organoleptique du vin peut alors être modifié avec l'assemblage des arômes variétaux, fermentaires et d'élevage sur lies (Bautista et al., 2007). La barrique étant un matériel poreux à l' O_2 (on considère pour une barrique neuve un apport en O_2 dissous de 0,4 mg/L), la présence de lies vient protéger le vin contre l'oxydation, ces dernières présentant des propriétés consommatrices d'oxygène (Salmon et al., 2000). Les lies peuvent aussi limiter le côté boisé, assurant un équilibre aromatique du vin (Chatonnet et al., 1992).

Ensuite, l'élevage sur lies assure une stabilisation de la matrice en diminuant l'instabilité protéique : les mannoprotéines libérées interagissent avec les protéines présentes et ainsi évitent leurs agrégations (Moine-Ledoux et Dubourdiou, 1999).

Enfin, un élevage sur lies présente un inconvénient, celui du développement d'odeurs de réduits et celui d'une possible déviation microbiologique si la vendange initiale est altérée (Rolland, 2022).

Collage des vins : Cette étape est la première opération de préparation du vin à la mise en bouteille. En théorie, selon la définition de l'OIV, le collage correspond à la clarification du vin par addition de substances qui précipitent les particules en suspension :

- Soit en favorisant la chute libre de celles-ci.
- Soit en se coagulant autour des particules à éliminer et en les entraînant dans les sédiments.

Les objectifs de ce collage sont l'élimination des particules en suspension (influençant la filtrabilité du vin), l'amélioration visuelle ou gustative et la stabilisation (Verhnet, 2023a).

• La stabilisation protéique

Les vins blancs et rosés sont plus sensibles à l'apparition d'un trouble prenant son origine dans l'instabilité des protéines en comparaison des vins rouges. Il n'y a pas d'influence négative sur les caractéristiques olfactives et gustatives du vin (Batista et al., 2009) mais l'examen visuel du vin est fortement déprécié, ce qui peut avoir un effet sur l'attrait que portent les consommateurs.

L'instabilité protéique apparaît lorsque les conditions de stockage ou de transport des vins sont à de hautes températures. Ceci induit une agrégation entre protéines (Waters et al., 1992), due à l'interaction de ces dernières via une modification de la configuration structurale et chimique.

Au domaine, l'agent de collage est la bentonite. C'est un produit d'origine minérale dont sa structure et sa charge (négative au pH du vin) permettent d'adsorber les protéines chargées positivement (cf. figure 33) (Verhnet, 2023b) et de les faire précipiter (Van Sluyter et al., 2015). Le collage à la

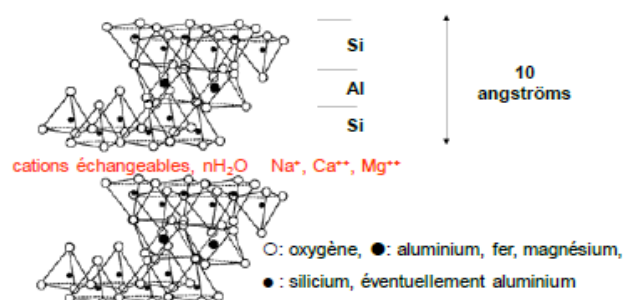


Figure 33. Schéma structurelle de la bentonite (Verhnet, 2023b)

bentonite est réalisé sur vin fini, après les assemblages et pré assemblages. Afin de déterminer la dose à ajouter, des tests de collage sont réalisés au laboratoire. Les vins sont ensuite collés en cuves et un soutirage intervient une vingtaine de jours plus tard. Au domaine, il y a une préférence pour le collage à la bentonite pendant la période d'élevage.

Cependant, ce collage peut se faire à un autre moment de la vinification, avec des aspects différents : le collage à la bentonite peut se faire au cours de la FA. Cette voie permet d'optimiser les doses de bentonite à ajouter, plus faibles lorsque le collage est fait pendant la FA (ce qui en termes de coût de vinification est intéressant). De plus, l'action du CO_2 issu de la fermentation favorise la floculation. Par ailleurs, le groupe national de travail sur la stabilité protéique a montré qu'une stratégie de collage en cours de FA permet de préserver les composés aromatiques des vins blancs et rosés (Meistermann, 2010). Ils ont également montré qu'en cas de risque important d'instabilité, le moment le plus approprié de collage est en cours de FA. Enfin, le choix du moment de ce collage est discutable en fonction du profil vin souhaité :

- Si le vin est à consommer jeune, sans élevage sur lies, le collage à la bentonite doit se faire sur moût. On limite les pertes aromatiques d'un traitement post FA, et on élimine les polyphénols oxydases, tout en stimulant la fermentation grâce à un effet support sur les levures.
- Si le vin est destiné à être élevé sur lie, le vin doit être collé après son élevage.

- **La correction de la couleur**

Si des corrections de couleur des vins sont nécessaires, l'utilisation de deux colles sont possibles au domaine : la PVPP (Polyvinylpolypyrrolidone) et la protéine de pois. La PVPP intervient surtout lorsque des vins blancs ou rosés sont tâchés. C'est également un agent efficace contre le brunissement des vins. De plus, elle permet de corriger l'astringence et l'amertume.

Cependant, depuis quelques années, il y a eu une évolution de la réglementation des pratiques œnologiques, provoquant ainsi une modification de l'offre des produits de collage. En effet, depuis le 1er juillet 2012, le règlement européen (EU) N° 579/2012 impose aux producteurs de mentionner sur l'étiquette le risque allergène quand le vin contient des traces de lait (caséine) ou d'œuf. Par ailleurs, le règlement européen de vinification biologique (n°203/2012) interdit l'usage de la PVPP. La problématique est donc de proposer des colles non allergènes et conformes au règlement de vinification biologique. C'est pourquoi le domaine a opté pour la protéine de pois (autorisée en vinification biologique), dont les effets tant sur la couleur que sur la correction de l'amertume ont été prouvés par des essais menés par l'IFV et le Centre du Rosé. Le coût est également intéressant : la protéine de pois est quasiment 10 à 20 % moins chère que la PVPP par hectolitre de vin produit (données IFV).

Par ailleurs et dans ces trois cas uniquement, le domaine peut avoir recours à du charbon actif en poudre d'origine végétale :

- Sur moûts altérés par des champignons comme la pourriture ou l'oïdium et éliminer les contaminants éventuels comme ochratoxine A.
- Sur moûts/vins oxydés, moûts/vins blancs issus de raisins rouges à jus blanc ou moûts/vins très jaunes issus de cépages blancs.
- Sur moûts/vins tachés.

Le charbon actif a un très bon pouvoir adsorbant lié à une surface très élevée (400-1200 m^2/g) mais il a un effet considérable sur la diminution de la présence des composés aromatiques (Verhnet, 2023a).

Soutirage et 1ere filtration : Le soutirage correspond à un soutirage de clarification, au vu des opérations de collages qui peuvent être faites aux préalables. Juste après ce soutirage, si besoin est



Figure 34. Appareil de micro filtration tangentielle du Mas Miraflor (modèle CFK-N à membrane céramique de la marque Della Toffola).

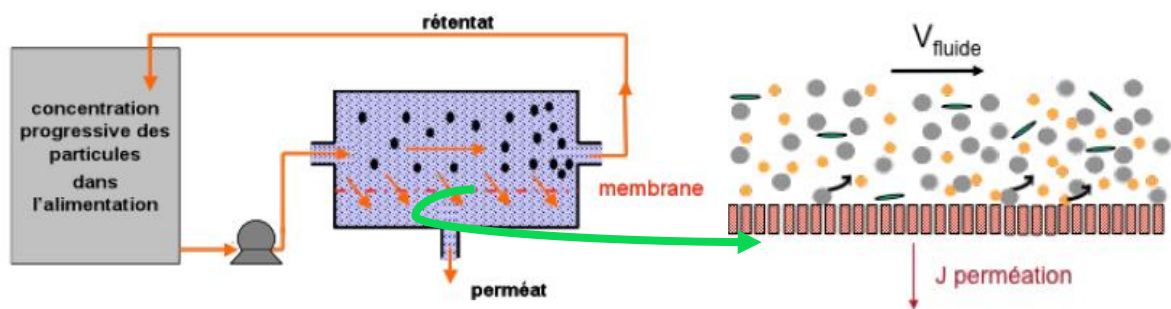


Figure 35. Schéma explicatif d'une MFT : la flèche verte correspond à un zoom sur la zone filtrante, où le fluide à filtrer a une vitesse V_{fluide} et est filtré à travers la membrane à un débit $J_{perméation}$ (Verhnet, 2023c).

et en fonction du profil produit vin ainsi que du cahier des charges, un édulcorant (type MCR) peut être ajouté. Le MCR est un sirop de sucre de raisin inodore et pur (50% glucose / 50% fructose), à une concentration de l'ordre de 870 g/L obtenu après concentration sous vide de moût. Le produit est purifié des acides, polyphénols et arômes sur résines échangeuses d'ions (Rolland, 2022). Les doses pouvant être incorporées sont encadrées par la réglementation (CE) N° 479/2008 : dans la zone CII (pourtour méditerranéen français), l'augmentation du titre peut être de +1,5 (année normale) et +2 (année exceptionnelle) au maximum ; pour une édulcoration d'un vin à un TAV maximum de 13%vol et une augmentation maximale du volume initial de vin fixée à 6,5%.

Ensuite, une première filtration par Micro Filtration Tangentielle (MFT) est effectuée (cf. Figure 34). Cette méthode à l'avantage de limiter le colmatage du média filtrant et assure un traitement de volume conséquent. La circulation du vin se fait de manière tangentielle, en circuit fermé, et sans rejet de terre (cf. Figure 35), comme c'est le cas par exemple avec une filtration sur couche à diatomée. Ce procédé est fiable et garantit une qualité du vin filtré, d'autant plus que cette filtration permet l'obtention d'un vin dont la limpidité et la stabilité microbiologique sont assurées, quelle que soit sa charge initiale en éléments troubles et en micro-organismes (Verhnet, 2023c).

Stabilisation tartrique : Cette stabilisation consiste à éliminer les sels d'acide tartrique, pouvant précipiter en bouteille et induisant des cristaux visibles à l'œil nu : l'attractivité des consommateurs pour ce vin instable diminue. Les vins blancs et rosés, d'autant plus s'ils sont jeunes et sans période d'élevage, sont plus sujets à ce risque d'instabilité, en comparaison des vins rouges. Par ailleurs, un élevage relativement long permet drastiquement de réduire ce risque car la stabilisation et le dépôt des cristaux se font naturellement pendant le temps de l'élevage.

Pour détecter l'instabilité tartrique d'un vin, la technique utilisée au domaine est le test du degré d'instabilité tartrique (DIT). Cette méthode consiste à suivre la conductivité du vin entre deux températures, 20°C et -4°C. A -4°C, onensemence le vin avec de la crème de tartre à 4 g/L et on suit la conductivité pendant 4 heures puis on extrapole à temps infini. On mesure ainsi l'indice DIT :

$$DIT = \Delta C = (C_{init} - C_{finale}/C_{init}) \times 100$$

Où C_{init} correspond à la conductivité à -4°C avant ensemencement, C_{finale} correspond à la conductivité à -4°C et 4h après ensemencement. Si le DIT est inférieur à 3% le vin est stable ; entre 3 et 10 %, il y a une légère instabilité et si le DIT est supérieur à 10% le vin est très instable.

Lorsque l'instabilité est détectée, la méthode utilisée au domaine correspond à un procédé chimique d'inhibition de la cristallisation par ajout de carbométhyl-cellulose (CMC). Il s'agit d'un produit stable dans le temps, économiquement intéressant et qui est autorisé sur vins blancs, rosés et rouges depuis août 2009. En revanche, l'utilisation de CMC nécessite un vin parfaitement stabilisé vis-à-vis de la casse protéique car il peut y avoir des interactions protéines/CMC, induisant la formation de troubles à plus ou moins long terme en bouteille.

1.3.b. Itinéraire pour les rouges

La figure 36 présentée sur la page suivante expose les étapes de cet itinéraire.

Une fois la FML achevée, une mise au clair est effectuée avant la mise en contenant d'élevage. C'est également à ce moment-là que les pré-assemblages sont réalisés au domaine, notamment pour des raisons d'espace au Mas Llaro, comparés aux volumes traités par le Mas Mirafior.

Travaux d'ouillage pendant l'élevage : Le Mas Llaro a subi une rénovation spécifique pour pouvoir contrôler l'humidité et la température de l'espace d'élevage. Cependant, malgré cela, et en

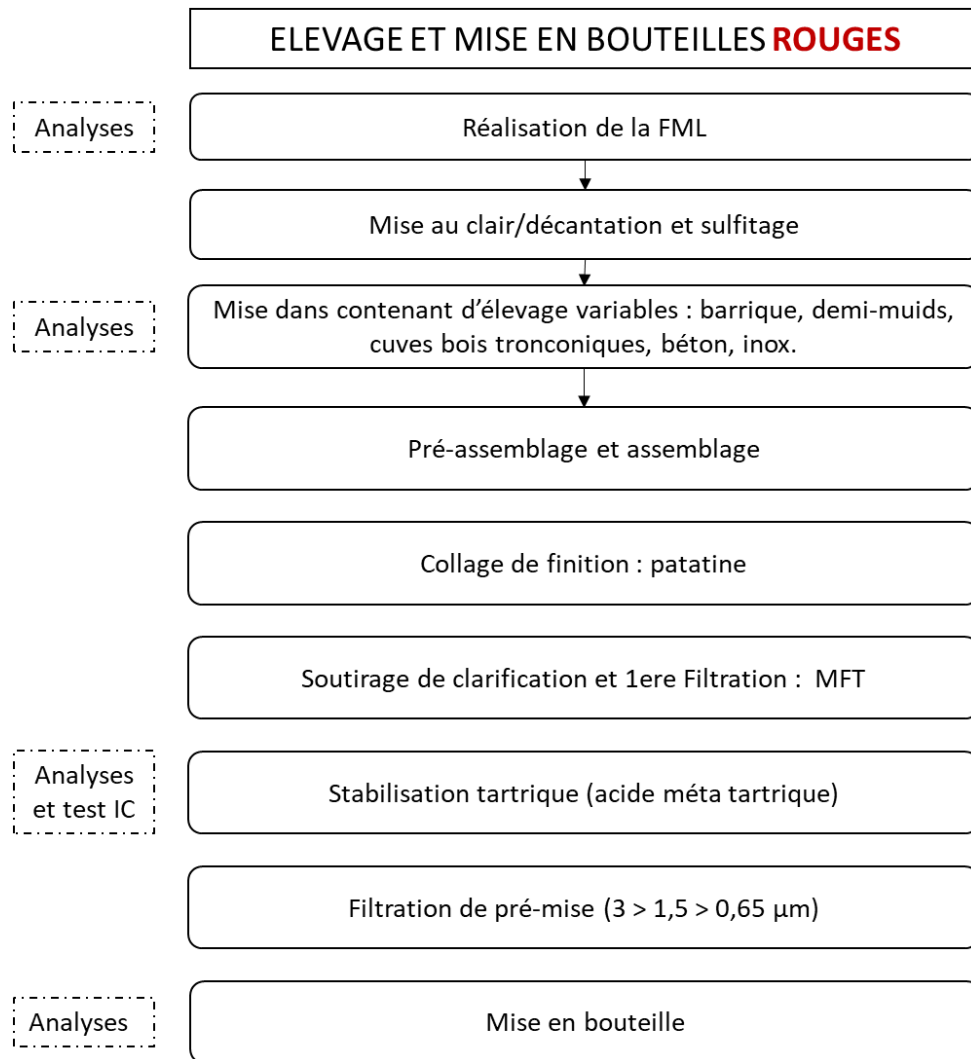


Figure 36. Itinéraire des rouges de l'élevage à la mise en bouteille.

particulier les jours de Tramontane, les pertes de volumes observées sont assez importantes. Cette année, une estimation a été faite concernant la perte de volume dans les barriques d'élevage des rouges : les résultats donnent une perte de 1 à 2 litres de vin par mois et par barrique, sous l'effet des caractéristiques de l'atmosphère et l'absorption par bois. Le travail d'ouillage est donc indispensable et conséquent au Mas Llaro.

L'ouillage permet de combler l'espace vide dans les barriques, éviter les risques d'oxydation intense du vin (en plus de l'oxygénation apporté par l'élevage dans la barrique) et empêcher le développement de micro-organismes aérobies comme les bactéries acétiques. A la fréquence des pertes de volume, l'ouillage au Mas Llaro est fait au moins une fois par semaine. Une cuve à chapeau flottant en PRFV est dédiée au stockage du vin qui sert à l'ouillage. L'ouillage se fait avec des bédiers et deux cavistes opèrent.

Collage de finition : le principe et les objectifs sont identiques à ceux présentés dans la partie dédiée aux blancs et rosés. Historiquement, le collage pour les rouges était fait à l'albumine, qui est glycoprotéine présente dans le blanc d'œuf. De nos jours, pour respecter la certification végétane et de pouvoir toucher un plus grand nombre de consommateurs, c'est la colle végétale à base de protéine de pomme de terre (la patatine) qui est utilisée. De la même manière que pour les blancs et rosés, des essais de collages sont effectués pour déterminer la dose adéquate.

Soutirage et 1ere filtration : cette étape reste identique à l'étape décrite dans la partie dédiée aux blancs et rosés.

Stabilité tartrique : le traitement de la matrice vin est différent lorsque l'on se trouve chez les vins rouges. En effet, la très grande majorité des volumes de rouges au domaine subissent un élevage assez long et la stabilisation tartrique se fait naturellement (si elle doit avoir lieu). Néanmoins, le traitement pour l'instabilité peut se retrouver sur quelques jeunes rouges. Dans ce cas, le domaine utilise de l'acide métra tartrique, ayant également un effet inhibiteur sur la croissance des cristaux. Cette addition est en revanche effectuée juste avant l'embouteillage. Mais il présente un inconvénient : ce produit est instable et donne par hydrolyse de l'acide tartrique sur le long terme (Verhnet, 2023a).

I.4. Suivi de l'élevage des modalités d'irrigation

Une fois la FML achevée pour les trois modalités d'irrigation et la vérification des concentrations en SO_2 libre et total, les vins ont été élevés en barrique de 2,25hL datant de 2017. Aucune stave n'y a été ajoutée, malgré l'âge de la barrique, puisque le but des vinifications de ces expérimentations était de voir l'effet de la stratégie d'irrigation sur les caractéristiques œnologiques et organoleptiques du vin. L'élevage prévu pour ces expériences 2023 a été fixé entre 8-10 mois (durée d'élevage minimal pour la plupart des cuvées du domaine). D'autant plus que, ces mêmes expérimentations vont être réitérées pendant le millésime 2024, ce qui nécessite une libération de l'espace.

Toutefois, un suivi de sulfitage et d'acidité volatile est effectué toutes les trois semaines : le tableau ci-dessous présente ces données de suivi.

Modalités/ Date analyses	20-oct			10-nov			01-déc		
	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem	Irr2	Irr3	Tem
Acidité volatile (g H_2SO_4 /L)	0,2	0,2	0,2	0,27	0,27	0,26	0,28	0,27	0,27
SO_2 libre (mg/L)	30	27	32	26	26	26	26	23	26
SO_2 total (mg/L)	50	48	50	49	48	49	50	49	50

L'acidité volatile et son évolution pendant l'élevage reste tout à fait normale : en barrique cette augmentation peut aller de 0,1 à 0,2 g H_2SO_4 /L lors du vieillissement du vin (Rolland, 2021), la

Tableau 4. Législation des doses de SO_2 total maximale dans les vins selon de mode de production

Catégories	Vin conventionnel	Vin biologique
Vin rouge (sucres < 5g/L)	150 mg/L	100 mg/L
Vin rouge (sucres > 5g/L)	200 mg/L	150 mg/L
Vin blanc ou rosés (sucres < 5g/L)	200 mg/L	150 mg/L
Vin blanc ou rosés (sucres > 5g/L)	250 mg/L	200 mg/L
Vin mousseux de qualité	185 mg/L	135 mg/L
Vin mousseux	235 mg/L	185 mg/L

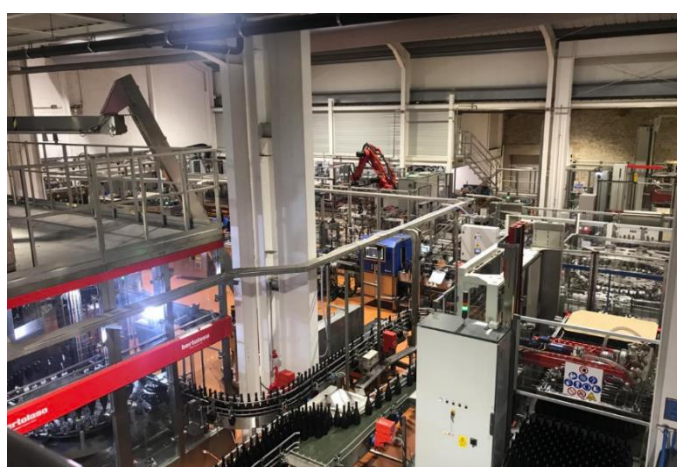


Figure 37. Salle de mise en bouteille au Mas Mirafior.

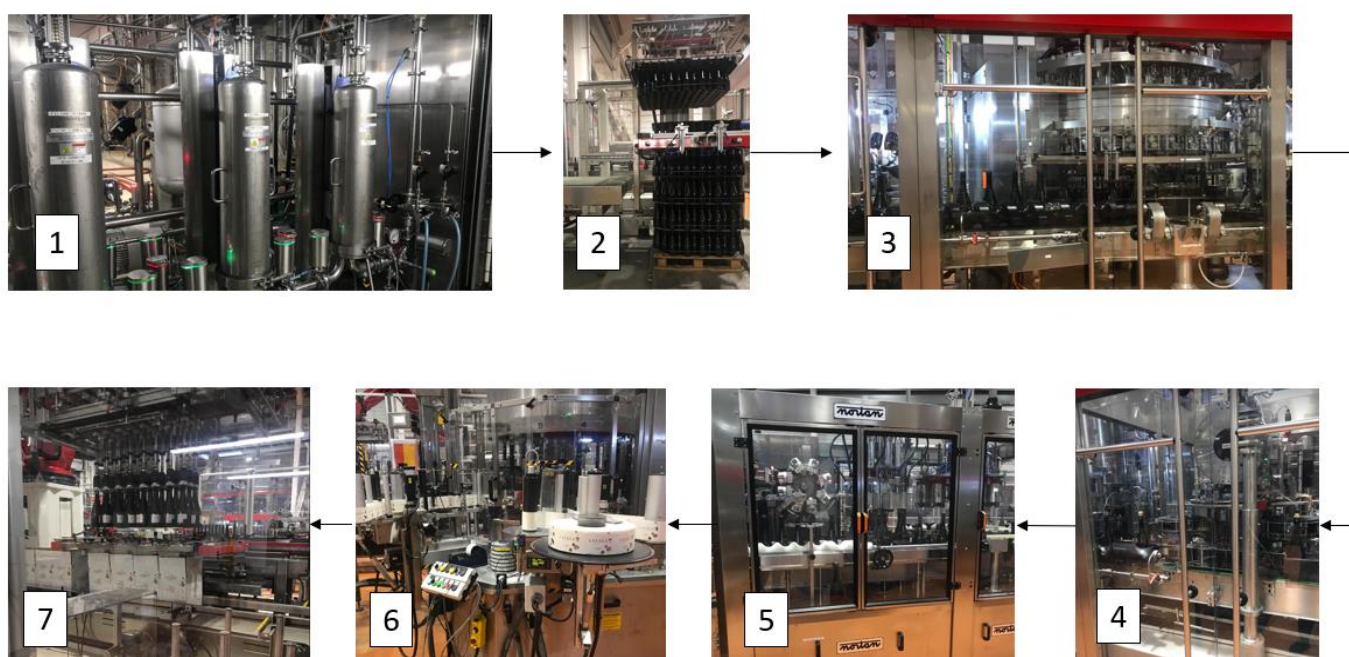


Figure 38. Composés de la ligne d'embouteillage.

valeur seuil rendant le vin non-marchand étant fixée à 0,98 g H_2SO_4 /L. Une trop forte augmentation mesurée peut être le signe d'un développement des bactéries acétiques aérobies, le plus souvent détecté pendant l'élevage (Du Toit et al, 2005). La mesure des concentrations révèle que le vin est bien protégé : si on calcule la concentration en SO_2 actif du vin à l'aide de la feuille de calcul de l'IFV, on trouve 0,44 mg/L (Tem), 0,43 mg/L (Irr3), 0,48 mg/L (Irr2) à la date du 01/12. Ces concentrations sont supérieures à la protection minimale recommandée par l'IFV, égale à 0,35 mg/L de SO_2 actif. Par ailleurs, au domaine, si le suivi de ces analyses montre une valeur de SO_2 libre inférieure à 15 mg/L, un sulfitage est effectué (la dose étant déterminée au cas par cas).

En revanche, l'objectif du domaine pour ses vins embouteillés est d'ajouter la plus faible quantité de SO_2 mais suffisante pour la protection des vins. En général, les vins embouteillés ont quasiment tous des doses de SO_2 total largement inférieures aux doses maximales autorisées (cf. Tableau 4).

I.5. Description des étapes de la mise en bouteilles

Les figures 37 et 38 illustrent la salle de mise en bouteille du domaine, située au Mas Miraflor. La ligne d'embouteillage a été installée au Mas Miraflor en 2020, permettant de produire à haute cadence avec un contrôle qualité et traçabilité précis. Dans le tableau ci-dessous, où sont présentées les différentes étapes de la mise en bouteille, les numéros indiqués correspondent à ceux indiqués sur la figure 38.

Numéro	Nom du composé de la ligne d'embouteillage	Objectifs/Descriptions
1	Filtration pré-MEB (3 μ m - 1,2 μ m- 0,65 μ m)	Filtration de clarification et stérilisation du milieu
2	Dépalettiseur bouteilles vides	Mise des bouteilles sur le circuit / contrôle qualité à vide
3	Laveuse - Remplissage	Dans une atmosphère contrôlée, lavage et remplissage des bouteilles
4	Boucheuse	Dans la même atmosphère contrôlée, boucheuse (adaptable en fonction des produits)
5	Habilleuse	Modulable selon produits
6	Étiqueteuse	Modulable selon produits
7	Encartonneuse	Modulable selon produits

(1) Pour la filtration pré-MEB, la cartouche de porosité 3 μ m est optionnelle, suivant ce que disent les tests de filtrabilité (mesure de l'indice de colmatage). En revanche les deux autres cartouches sont souvent de rigueur :

- La porosité 3 μ m est plutôt indiquée pour les vins à fort degré, avec une concentration en sucre inférieure à 2 g/L et un élevage supérieur ou égal à 24 mois.
- La porosité 1,2 μ m permet d'éliminer les organismes de type levure pouvant encore être présents. Cette porosité est utilisée pour les vins avec une concentration en sucre allant de 2 à 4 g/L
- La porosité 0,65 μ m permet d'avoir une filtration totalement stérilisante, utilisée notamment pour les vins édulcorés (concentrations en sucre supérieure à 4 g/L).

C'est également à ce moment que l'on peut ajouter l'acide méta-tartrique pour la stabilité tartrique des rouges.

(2) Au moment de vider les palettes de bouteilles vides, un contrôle qualité des bouteilles est effectué, de manière à détecter toute bouteille endommagée, ou bien ayant des défauts visibles. S'il y a une anomalie, l'opérateur à ce poste retire la bouteille et prend note du numéro de lot.

LAEXGE

CONTRÔLE DES APPORTS
RECEPTION VENDANGES

N° de document : CHA-ENRG-005
Date de création : 13/07/2020
Date de modification : 12/07/2022
Page 1 sur 1

Merci d'agrafer les tickets des tractonistes à leur journée correspondante

DATE 27/09/23

TRACTONISTE	PROCESSEUR (MACHINE / PRODUCTEUR (MARQUE))	CAPACITE	PROCESSEUR	PROCESSEUR	PROCESSEUR	CUVE	IND	IND	IND	IND	IND	IND
1234	Colombes 40 / 5000	5000	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234
1235	Colombes 40 / 5000	5000	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235
1236	Colombes 40 / 5000	5000	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236	1236
1237	Colombes 40 / 5000	5000	1237	1237	1237	1237	1237	1237	1237	1237	1237	1237
1238	Colombes 40 / 5000	5000	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238
1239	Colombes 40 / 5000	5000	1239	1239	1239	1239	1239	1239	1239	1239	1239	1239
1240	Colombes 40 / 5000	5000	1240	1240	1240	1240	1240	1240	1240	1240	1240	1240
1241	Colombes 40 / 5000	5000	1241	1241	1241	1241	1241	1241	1241	1241	1241	1241
1242	Colombes 40 / 5000	5000	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242
1243	Colombes 40 / 5000	5000	1243	1243	1243	1243	1243	1243	1243	1243	1243	1243
1244	Colombes 40 / 5000	5000	1244	1244	1244	1244	1244	1244	1244	1244	1244	1244
1245	Colombes 40 / 5000	5000	1245	1245	1245	1245	1245	1245	1245	1245	1245	1245
1246	Colombes 40 / 5000	5000	1246	1246	1246	1246	1246	1246	1246	1246	1246	1246
1247	Colombes 40 / 5000	5000	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247
1248	Colombes 40 / 5000	5000	1248	1248	1248	1248	1248	1248	1248	1248	1248	1248
1249	Colombes 40 / 5000	5000	1249	1249	1249	1249	1249	1249	1249	1249	1249	1249
1250	Colombes 40 / 5000	5000	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250

307

18.140

17

Figure 39. Fiche « contrôles des apports » pendant la période des vendanges.

LAEXGE

ORDRE DE TRAVAIL
CAVE

N° de document : CHA-ENRG-005
Date de création : 13/07/2020
Date de modification : 12/07/2022
Page 1 sur 1

DEBOURBER SOUTIRER LEVURER
RELOGER ASSEMBLER

N° 3803

DATE ordre : 19/10/2023

CONVENTIONNEL

IND : NATURE : SANS SO2 :

DENOMINATION : DE 22 L

CUVE : DE 22 L

PRODUIT : DE 22 L

APPELLATION : DE 22 L

AVEC : CO2 AZOTE

ORIGINE

CUVE	PRODUIT	VOL. INITIAL (L)	VOL. FINAL (L)
DE 22 L	DE 22 L	54,25	54,25

DESTINATION

CUVE	PRODUIT	VOL. INITIAL (L)	VOL. FINAL (L)
DE 22 L	DE 22 L	54,25	54,25

AJOUT DE PRODUITS (BIOLOGIQUES SUR MOUVEMENT) : OUI NON

CI CHA-ENRG-011

COMMENTAIRES :

DE 22 L → 17.11, 17.30, 18.33, 18.52, 19.12, 19.64, 19.79
20.10, 20.13, 20.76, 20.77, 20.78, 20.79.

Décarbonation + 1 g/l SO₂ au soutirage (220 ml) -

Fait le :
Par :

"Donnée supprimée : non conforme RGPD"

Figure 40. Exemple de fiche « ordre de travail », concernant ici un soutirage et assemblage.

L'ensemble des lots défailants sera ensuite enregistré et l'équipe qualité pourra envisager de contacter le fournisseur.

(3), (4), (6), (5) Après avoir passé la filtration pré-MEB, le vin est acheminé vers un premier caisson où la composition de l'atmosphère est contrôlée. Les bouteilles sont lavées puis remplies, bouchées, habillées et étiquetées. Un contrôle qualité est également effectué à ces étapes, sur les niveaux de remplissage, les hauteurs d'étiquetage et les règles d'habillage en fonction du produit.

II. Etudes démarches qualité et sécurité

II.1. La traçabilité

Avec les volumes traités chaque année, la pluralité des sociétés administratives et les différents sites de vinifications et d'élevages du domaine, la traçabilité requiert une grande rigueur à chaque étape de la production. Pendant les vendanges, chaque entrée du raisin au Mas Miraflor fait l'objet d'un contrôle sur la masse récupérée, la qualité, l'appellation de la parcelle, les produits œnologiques ajoutés, le tractoriste ou le conducteur du camion-benne. Tout ceci est notifié une fiche « contrôle apports » (cf. figure 39), complétée quotidiennement et remise en fin de journée au bureau gérant la traçabilité.

Chaque opération de travail sur les cuves, chaque déplacement de vins et toutes filtrations ou travail sur le vin est d'abord inscrit sur des ordres de travail (individuel à chaque opération). Cet ordre de travail est complété par les œnologues du domaine et transmis aux cavistes le matin (cf. figure 40).

Concernant les produits œnologiques, à chaque utilisation est demandé à l'opérateur de remplir le numéro de lot du produit utilisé et la DLUO (Date limite de Consommation Optimale). Toutes ces données sont écrites sur une fiche d'addition adjointe à la fiche d'ordre de travail. D'ailleurs tous les produits œnologiques sont entreposés à l'extérieur de la cave de vinification (cf. figure 6).



Figure 41. Salle de stockages des produits œnologiques

Toutes ces feuilles sont récupérées en fin de journée par les œnologues qui assurent le suivi des quantités et déclenchent des demandes de commandes quand cela est nécessaire.

La traçabilité concerne également le « chemin » des vins depuis leur cuves de fermentations, vers les barriques d'élevage et la mise en bouteille.

II.2. Travail et hygiène aux chais de vinification et d'élevage

Toute personne travaillant en cave de vinification ou d'élevage doit avoir un pantalon et des chaussures de sécurité, ainsi qu'un détecteur de CO_2 sur soi. De plus, si l'opération le nécessitait et pour la manipulation de produits dangereux, des gants et masques étaient disponibles en nombre. Chaque caviste a également suivi une formation d'une journée, dispensée sur les heures de travail, sur l'ensemble des risques au travail et comment les éviter.

La maîtrise de la vinification et de l'élevage repose sur une gestion de l'hygiène importante. Les Mas Miraflor et Llaro ont été aménagés pour faciliter les travaux de nettoyage :

LAVAGE		VALIDATION NETTOYAGE + PROPRETE									
DATE	N° CUVE	PERSONNE	PRODUITS UTILISES			PH EAU RINÇAGE	INTERIEUR (surface équipements et drains)	HAUT (chapeau, membrane, soupape, cheminée)	BAS (porte jaugé, vannes, joints toriques, dépotateur, bouchon)	NOM DU VERIFICATEUR	CUVE CONFORME
			SOUDE (kg)	ACIDE (kg)	AUTRE PRODUIT Préciser *kg						
	1145	D.L.	1	1	Dive	ok	ok	ok	ok	D.L.	✓
	1147	D.L.	1	1	Dive	ok	ok	ok	ok	D.L.	✓
	1148	D.L.	1	1	Dive	ok	ok	ok	ok	D.L.	✓
	1149	D.L.	1	1	Dive	ok	ok	ok	ok	D.L.	✓
01/09/23	1145	NL	1	1	Dive	OK	//	//	//	//	//
04/09/23	1143	NL	1	1	Dive	OK	//	//	//	//	//
19/09	1147	NL	1	1	Dive	OK	//	//	//	//	//
19/09	1146	NL	1	1	Dive	OK	//	//	//	//	//
22/09	1140	NL	1	1	Dive	OK	//	//	//	//	//

Figure 42. Fiche de suivi de nettoyage des cuves vinifiées selon le mode de production biologique.

- Le sol en béton (dans les deux mas) est toujours agrémenté d'une pente, permettant de nettoyer correctement après une opération, avec un écoulement des liquides vers les rigoles et évacuations.
- Au Mas Mirafior, toutes les cuves sont en inox, ce qui assure une très bonne hygiène sans avoir à utiliser de grandes quantités d'eau. Les quelques cuves bétons du Mas Llaro ont un revêtement de résine époxydique à l'intérieur, ce qui facilite le nettoyage et limite la consommation également. Chaque cuve, quel que soit sa matière, possède une pente au fond, ce qui facilite également le nettoyage.
- Les raccords, pistolets vannes, asperseurs disponibles sont tous en inox.

Concernant le processus de nettoyage de cuves, chaque cuve est nettoyée en 3 étapes (passage de soude, acide citrique et eau) en circuit fermé 5 à 10 min pour chacun des passages. A chaque fin de nettoyage de cuve, l'opérateur doit remplir une fiche de suivi, existante en plusieurs exemplaire en fonction du mode de vinification (conventionnel ou biologique) (cf. Figure 42). Le caviste profite également de ce nettoyage de cuves avec ces solutions pour nettoyer efficacement les tuyaux utilisés la journée. Les tuyaux sont ensuite rangés soigneusement sur des tringles fixées aux murs

Les produits d'entretien sont localisés dans une pièce à part, dans la cave de vinification. Chaque produit est à manipuler avec gants et masque. Chaque contenant de produits est disposé sur un bac de récupération pour éviter tout écoulement sur le sol lorsque d'un opérateur prend de ce produit. Respectant la réglementation, cette pièce comprend également un accès à l'eau proche en cas de contact avec la peau, et sortie vers l'extérieur bien identifiée et rapide, ainsi qu'une « rince-œil » en cas de contact avec les yeux.

Figure 43. Salle de stockages des produits d'entretien.



Toutes les deux semaines, l'équipe qualité réalise en interne des audits, contrôlant ces fiches de suivi de nettoyage, les fiches de suivi des utilisations produits œnologiques et de nettoyage et relève tous les points non conformes dans la cave.

Pour les barriques, après chaque soutirage, elles sont rincées à la l'eau froide, puis passées à la vapeur, puis une nouvelle fois rincées. Elles sont ensuite mises à égoutter pendant 24 h puis sont méchées avec une pastille de soufre à brûler. La masse de ces pastilles est variable selon le volume de la barrique mais aussi de l'utilisation prochaine de la barrique : une barrique qui sera utilisée peu de temps après sera méchée avec une pastille de faible grammage, pour ne pas qu'une forte dose de SO_2 se retrouve dans le vin et ainsi que l'œnologue n'est plus le contrôle des sulfites.

II.3. Gestion des déchets et effluents

Le domaine s'est doté de son propre bassin de récupération de eaux usées situé au Mas Mirafior de contenant 15 000 mètres cubes. Les eaux de ce bassin sont contrôlées via des analyses dans les laboratoires extérieures spécialisées. Ce bassin est vidée chaque année.

Le marc de raisin est envoyé à la distillerie. Les autres déchets sont en revanche gérés par des prestataire extérieures (le bois, la ferraille, bidon chimique, plastique, verre). Les lies sont en

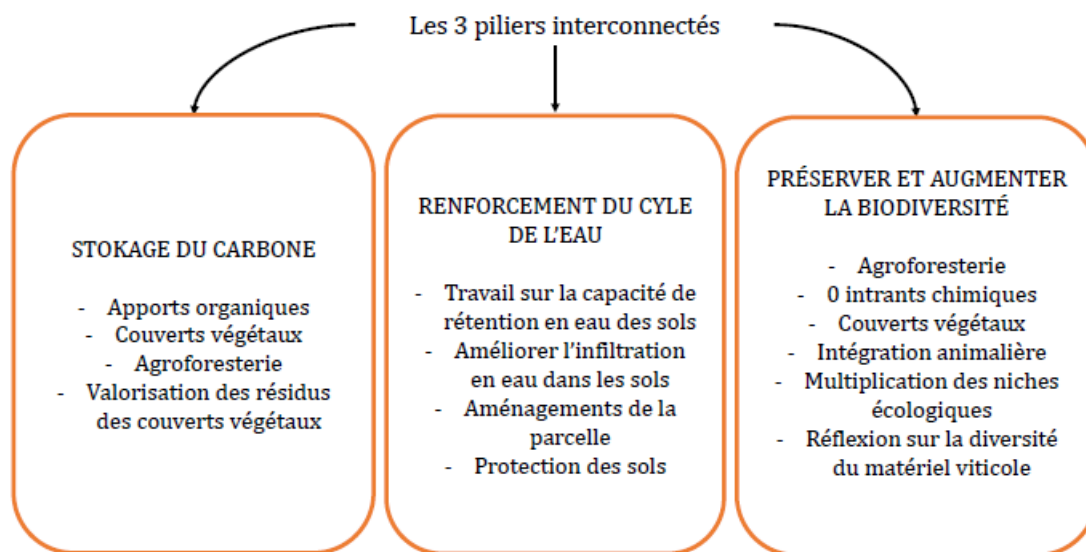


Figure 44. Schéma explicatif des principes de la viticulture régénérative.

revanche pour la plupart filtrée par un filtre terre de kieselguhr ; dans le cas contraire, elles sont également envoyées à la distillerie.

II.4. Démarches environnementales

Le domaine Lafage est un des domaines du Roussillon qui investit énormément dans la recherche agronomique pour trouver des solutions contre le changement climatique. Par ailleurs, il œuvre énormément pour diminuer son empreinte carbone, estimée par un audit ISO 14064 à 9800 tonnes d'équivalents CO_2 , soit l'empreinte carbone d'un français moyen sur une année. L'objectif à terme est d'arriver à la neutralité carbone d'ici 2050. A ce jour, le domaine a mis en place un certain nombre de démarches et/ou d'installations :

- Sur le site de production du Mas Miraflor, le domaine a décidé de se doter de panneaux solaires d'une surface de 280 m².
- Une sensibilisation à l'utilisation de l'eau en cave de vinification, pour préserver la ressource sous tension dans le Roussillon.
- Le changement de format des bouteilles a économisé 320 tonnes CO_2 équivalents.
- La mise en place de bouteilles consigne, pour l'économie de verre.
- La réduction des déchets qui est estimée à ce jour à 40%.
- Un travail approfondi sur le biochar, permettant de réduire son empreinte carbone en piégeant du carbone dans les sols, tout en ayant des effets bénéfiques sur le plan agronomique. L'impact sur l'œnologie (qualité des vins) est encore en cours de recherche au domaine, souhaitant notamment passer de 4 à 100 ha de parcelles avec du biochar dans les sols à partir de 2024.

Le domaine s'est également engagé dans la démarche labelisée de la viticulture régénérative, dont les principes sont expliqués dans le figure 44.

CONCLUSION

Le domaine Lafage est intimement lié à la viticulture du Roussillon puisque la famille cultive la vigne depuis sept générations. C'est surtout dans les années 2000 que le domaine a connu une véritable expansion tant sur le plan du foncier et des terroirs que sur l'œnologie et la reconnaissance des vins produits à travers le monde. La modernisation des sites de production, d'élevage et de mise en bouteille a permis d'assurer le processus de vinification et de proposer aux consommateurs une grande palette de produits.

De nos jours, ce domaine est un acteur majeur en viticulture, dans les recherches de solutions agronomiques face au changement climatique. Le millésime 2023 est en effet un exemple des conséquences du changement, observables en viticulture et en œnologie : sur la période hivernale 2022 à 2023, le cumul des précipitations a été de 103 mm, ce qui représente le tiers de cumul moyen des quinze dernières années sur cette même période. A cela s'ajoute des précipitations rares pendant la période végétative, les événements étant intenses. Ainsi, la baisse du rendement sur le millésime 2023 a été située entre 20 et 25% (tout cépage confondu) et la pérennité du vignoble du Roussillon peut être remise en cause, même avec des possibilités d'irrigation sur du moyen-long terme. En œnologie, les difficultés remarquées sur ce millésime est tout d'abord la gestion de la maturité associée à la prise de décision de la vendange. En effet, cette situation de sécheresse intense, presque inédite, a grandement perturbé les cinétiques des différentes maturités (physiologique, phénoliques, aromatiques). La sécheresse a ensuite impliqué un stress hydrique important sur les vignes non irriguées, qui parfois avait des niveaux d'azote assimilable faibles. C'est pourquoi, pour certaines cuves, les fins de FA étaient compliquées, même avec des complémentations azotées. En addition des hauts TAVP, le levurage a été très utilisé cette année et très peu de pied de cuves, ni de FA spontanée ont été entrepris.

Les solutions pour palier à ce manque d'eau majeur sont multiples au domaine. Cela passe tout d'abord par une profonde modification des apports en matière organique dans les parcelles. Adjoint à cette matière organique, le domaine a décidé d'approfondir les expérimentations sur le biochar, matière microporeuse issue d'une pyrolyse, dans laquelle le domaine fonde beaucoup d'espoirs. En effet, cette année, les expérimentations R&D ont montré que l'apport de biochar associé à du compost permettait d'avoir une croissance végétative 45% plus importante comparé au témoin, pour des plants de l'année et même pour la quantité d'eau reçue. De plus, cet apport de biochar a permis une optimisation de l'eau estimée à 180 mètres cubes par hectare. La littérature n'a pas encore étudié les effets en œnologie mais le domaine compte bien s'y intéresser dès le millésime 2024. L'autre solution que le domaine a choisie est la REUT, la réutilisation d'eau usées traitées, pour laquelle le domaine a commencé à investir en 2024 également, notamment pour subvenir aux possibles futurs besoins en eaux d'irrigation.

Enfin, l'irrigation est sujet souvent débattu entre spécialistes en viticulture et en œnologie, à travers le monde et parfois même mal perçu par les consommateurs. Mais, elle devient dans le Roussillon presque inévitable. Les résultats des expérimentations du millésime 2023 sont probants : l'irrigation raisonnée et adaptée à la vigne et aux objectifs de production a permis ici de maintenir un rendement, assurant la rentabilité financière pour l'année mais participant aussi à la pérennité du vignoble. Sur des mesures de développement végétatif des 3 modalités, les deux modalités irriguées ont eu, en fin de croissance, des rameaux primaires de 80 cm en moyenne, alors que ceux de la modalité témoin étaient deux plus courts. Même observations pour les nombres de feuilles par rameaux, quasiment 40% plus nombreuses pour les modalités irriguées. Par la suite, c'est la pérennité « œnologique », tant sur la quantité de vin produit que sur sa qualité, qui est touchée. Finalement, tout ceci peut mettre sur le devant de la scène, la question de l'irrigation raisonnée dans les régions méditerranéennes.

BIBLIOGRAPHIE

- Antalick, G., Šuklje, K., Blackman, J. W., Schmidtke, L. M., et Deloire, A., (2021). Performing sequential harvests based on berry sugar accumulation (mg/ berry) to obtain specific wine sensory profiles. *OENO One*, 55(2), 131-146. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4527>
- Aquastat, (2021). Climate information tool. <https://www.fao.org/aquastat/>
- Batista L., Monteiro S., Loureiro V.B., Teixeira V.B., Teixeira A.R., Ferreira R.B., (2009). The complexity of protein haze formation in wines. *Food Chem.* 2009, 112, 169–177.
- Bautista R., Fernandez E., Falque E., (2007). Effect of the contact with fermentation-lees or commercial-lees on the volatile composition of white wines. *European Food Research Technology*, 224, 405–413.
- Bely M., J.M. Salmon, Barre P., (1994). Assimilable nitrogen additions and hexose transport activity during enological fermentations. *J. Inst. Brew.* 100 : 279-282
- Betteridge A., Grabin P., Jiranek V., (2018). Improving *Oenococcus oeni* to overcome challenges of wine malolactic fermentation. *Trends Biotechnol.* 33, 547-553.
- Bigard, A., Romieu, C., Ojeda, H., et Torregrosa, L., (2022). The sugarless grape trait characterised by single berry phenotyping. *OENO One*, 56(1), 89-102. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.3.5495>
- Blondin B., (2021 a). Les levures. Cours dispensé pendant l'UE7 Microbiologie, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Blondin B., (2021 b). Les bactéries lactiques. Cours dispensé pendant l'UE7 Microbiologie, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Blondin B., (2021 c). Les cinétiques fermentaires. Cours dispensé pendant l'UE7 Microbiologie, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Carbonneau A, Torregrosa L, Deloire A, Pellegrino A, Pantin F, Romieu C, Ojeda H, Jaillard B, Metay A, Abbal P., (2020). *Traité de la vigne - 3e édition. Physiologie, terroir, culture.* Collection : Pratiques Vitivinicoles, Dunod. 712 p.
- Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « Côtes du Roussillon villages », homologué par arrêté du 15 décembre 2017.
- Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « Côtes du Roussillon », homologué par arrêté du 15 décembre 2017
- Cahier des charges de l'indication géographique protégée « Pays d'Oc », homologué par arrêté du 8 décembre 2017
- Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « Maury », homologué par arrêté du 16 novembre 2010
- Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « Muscat de Rivesaltes », homologué par le décret n°2011-1720 du 30 novembre 2011.
- Cahier des charges de l'indication géographique protégée « Côtes Catalanes », homologué par arrêté du 16 mars 2011
- Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « Rivesaltes », homologué par décret n°2011-479 du 2 mai 2011
- Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales (CA 66), (2000). *Aperçu agro-climatologique du département des Pyrénées-Orientales.*
- Chatonnet P., Dubourdiou D., Boidron J.N., (1992). Incidence des conditions de fermentation et d'élevage des vins blancs secs en barriques sur leur composition en substances cédées par le bois de chêne. *Sciences Des Aliments*, 12, 665–685.
- Carpena M., Pereira G.A., Prieto M.A., Simal-Gandara J., (2020). Wine Aging Technology: Fundamental Role of Wood Barrels. *Foods* 9, n° 9 (23 août 2020): 1160.
- Cutzach I., Chatonnet P., Dubourdiou D., (1998a). Étude de l'arôme des vins doux naturels non muscatés. 1re Partie : Analyse qualitative de l'arôme des vins doux naturels de Banyuls et Rivesaltes rencontré au cours de leur vieillissement. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 32, 2, 99-110.

- Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Languedoc-Roussillon (DREAL), (2017). L'atlas des paysages du Languedoc-Roussillon. <http://paysages.languedocroussillon.developpement-durable.gouv.fr/pyrenees-orientales/fondements11.html>
- Deloire, A. et Pellegrino, A., (2021). Rappels sur la vigne et le déficit hydrique. Quels leviers au vignoble à courts et moyens termes ? : Langue originale de l'article : français. IVES Tech. Rev. Vine Wine. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2021.4842>
- Desseigne J.M., (2021). Les équipements de cuverie. Cours dispensé pendant DNOE1 Génie Œnologique, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Duc C., Pradal M., Sanchez I., Noble J., Tesnière C., Blondin B., (2017). A set of nutrient limitations trigger yeast cell death in a nitrogen-dependent manner during wine alcoholic fermentation. PLoS ONE 12(9): e0184838. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184838>
- Fillion, L., Ageorges, A., Picaud, S., Coutos-Thévenot, P., Lemoine, R., Romieu, C. & Delrot, S., 1999. Cloning and expression of a hexose transporter gene expressed during the ripening of grape berry. Plant. Physiol. 120, 1083-1093.
- Monteiro F.F., Bisson L.F., (1991). Biological Assay of Nitrogen Content of Grape Juice and Prediction of Sluggish Fermentations, American Journal of Enology and Viticulture; 42 : 47 - 57.
- Pratelli, R., Lacombe, B., Torregrosa, L., Gaymard, F., Romieu, C., Thibaud, J. & Sentenac, H., (2002). A grapevine gene encoding a guard cell K⁺ channel displays developmental regulation in the grapevine berry. Plant Physiol. 128, 564-577.
- Galea A.M. et Brown A.J., (2009). Special relationship between sterols and oxygen: Were sterols an adaptation to aerobic life? Free Radic. Biol. Med. 2009, 47, 880–889.
- Gokbayrak, Z., Dardeniz, A., Bal, M., (2008). Stomatal density adaptation of grapevine to windy conditions. Trakia J. Sci. 6.
- Groat M. et Ough C.S., (1978). Effects of Insoluble Solids Added to Clarified Musts on Fermentation Rate, Wine Composition, and Wine Quality. Am. J. Enol. Vitic. 1978, 29, 112–119.
- Granes, D., Edouard Medina, Lucile Blateyron, Céline Romero, Eric Bru, Christophe Roux, Caroline Bonnefond, Agnès Piperno, Myriam Rouanet, Thomas Oui, (2008). L'alimentation azotée de la levure. Revue internet de viticulture et œnologie, N.6
- Hardy X., (2023). Découvertes des vins doux naturels. Cours dispensé par le responsable communication du CIVR, pendant l'UE15 Vinifications et élevages des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Herent N., (2023). Analyse du développement de la vigne, de la cinétique de maturation des baies et des profils des vins, sur du grenache N, en conditions méditerranéennes, en fonction de différentes techniques d'irrigation de conservation. Mémoire d'Ingénieur Agronome, option viticulture-œnologie, L'Institut Agro Montpellier. 130p.
- Henschke P. et Jiranek V., (1993). Yeast metabolism of nitrogen compounds. Wine Microbiology and Biotechnology. Fleet G.H. (Eds) 77-165.
- Huglin, P. et Schneider, C. (1998). Biologie et écologie de la vigne (2ème édition). Paris : Lavoisier - Tec & doc.
- Jacquier N. et Schneiter R., (2012). Mechanisms of sterol uptake and transport in yeast. J. Steroid Biochem. Mol. Biol. 2012, 129, 70–78.
- Macheix J.J., Sapis J.C., Fleuriet A., Lee C.Y., (1991). Phenolic compounds and polyphenoloxidase in relation to browning in grapes and wines. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 30:4, 441-486
- Marty P., 2021. Les Pyrénées-Orientales : une mosaïque de terroirs viticoles.
- Meistermann E., (2010). Stabilisation protéique des vins blancs et rosés. Revue Internet de viticulture et d'œnologie, N.10/2.
- Moine-Ledoux V., et Dubourdieu D. (1999). An invertase fragment responsible for improving the protein stability of dry white wines. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79(4), 537–543.

- Ochando T., Mouret J.R., Humbert-Goffard A., Sablayrolles J.M., Farines V., (2017). Impact of initial lipid content and oxygen supply on alcoholic fermentation in champagne-like musts. *Food Res. Int.* 2017, 98, 87–94
- Oliveira Lago, L., Swit, P., Moura Da Silva, M., Telles Biasoto Marques, A., Welke, J., Montero, L., Herrero, M., (2023). Evolution of anthocyanin content during grape ripening and characterization of the phenolic profile of the resulting wine by comprehensive two dimensional liquid chromatography. *J. Chromatogr. A* 1704, 464131. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.464131>
- Parker, A. K., García de Cortázar-Atauri, I., Van Leeuwen, C., et Chuine, I., (2011). General phenological model to characterise the timing of flowering and veraison of *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(2), 206-216.
- Perez-Serradilla J.A, De Castro M.D.L., (2008). Role of Lees in Wine Production: A Review. *Food Chemistry* 2008, 111 (2), 447–456.
- Prida A., (2023). Aspects sensoriels de l'usage de chêne en œnologie : de l'élevage en barrique jusqu'au vieillissement en bouteilles. Cours dispensé pendant l'UE15 Vinifications et élevage des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Pratelli, R., Lacombe, B., Torregrosa, L., Gaymard, F., Romieu, C., Thibaud, J. & Sentenac, H., (2002). A grapevine gene encoding a guard cell K⁺ channel displays developmental regulation in the grapevine berry. *Plant Physiol.* 128, 564-577.
- Rabot, A., (2017). Using of a combined approach by biochemical and image analysis to develop a new method to estimate seed maturity stage for Bordeaux area grapevine. *OENO One* 51. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.1.1764>
- Restrepo S., Espinoza L., Ceballos A., Urtubia A., (2019). Production of Fatty Acid Content during Alcoholic Wine Fermentation under Selected Temperature and Aeration Conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, ajev.2018.18030.
- Ribereau-Gayon P., Dubourdieu D., Doneche B., Lonvaud A., (2020 a). *Traité d'œnologie, tome 1, Microbiologie du vin - vinifications*. Collection pratiques vitivinicoles, Dunod.
- Rodriguez-Rodriguez P., Bautista-Ortin A.B., Gomez-Plaza E., (2012). Chapter 11 : Increasing wine quality through the use of oak barrels: Factors that will influence aged wine color and aroma. In *Wine Types Prod. Health*; Nova Science Publishers: Hauppauge, NY, USA, 2012; pp. 251–296.
- Rolland A., (2021). Les biogénèse des composés aromatiques en contexte œnologique. Cours dispensé pendant l'UE5 Composition raisin-vin, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Rolland A., (2023). Les vinifications en blanc. Cours dispensé pendant l'UE15 Vinifications et élevage des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- RUGGIERO A., Vitalini S., Burlini N., Bernasconi N., Iriti M., (2013). Phytosterols in grapes and wine, and effects of agrochemicals on their levels. *Food Chem.* 2013, 141, 3473–3479.
- Salmon J.M., Fornairon-Bonnefond C., Mazauric J.P., Moutounet M., (2000). Oxygen consumption by wine lees: impact on lees integrity during wine ageing. *Food Chem.* 2000, 4, 519-528.
- Shahood, R., Torregrosa, L., Savoi, S., Romieu, C., (2020). First quantitative assessment of growth, sugar accumulation and malate breakdown in a single ripening berry. *OENO One* 54, 1077 - 1092. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.3787>
- Spring, J.-L., Verdenal, T., Zufferey, V., Viret, O., 2012. Nitrogen dilution in excessive canopies of Chasselas and Pinot noir cvs. *OENO One* 46, 233. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2012.46.3.1520>
- Sumby K.M., Bartle L., Grabin P.R., Jiranek V., (2019). Measures to Improve Wine Malolactic Fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology* 103, n°5 (mars 2019): 2033-51.
- Šuklje, K., Antalick, G., Meeks, C., Blackman, J.W., Deloire, A., Schmidtke, L.M., (2017). Optimising harvest date through use of an integrated grape compositional and sensory model: a proposed approach for a better understanding of ripening of autochthonous varieties?
- Styger G., Prior B., Bauer F.F., (2011). Wine flavor and aroma. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2011, 38,

1145–1159.

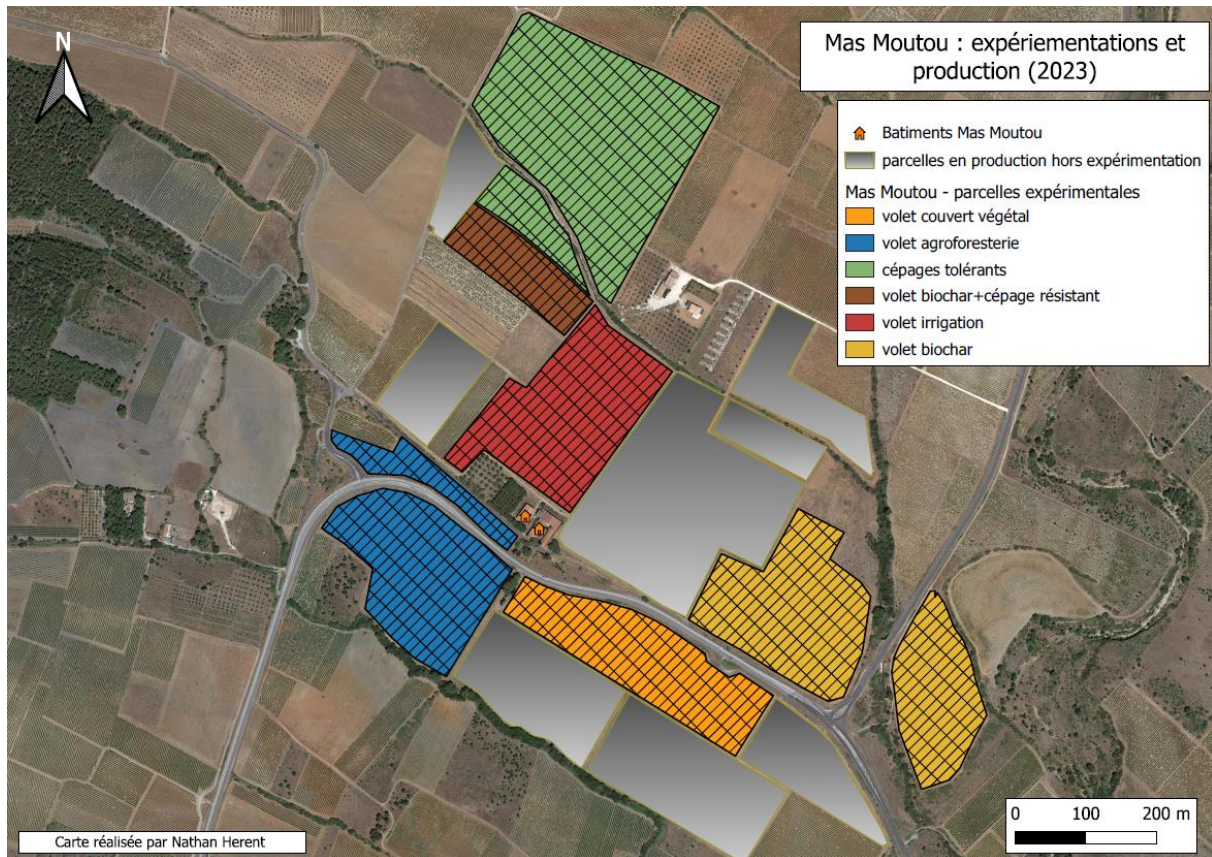
- Tonietto, J., et Carbonneau, A., (2004). A Multicriteria Climatic Classification System for Grape-Growing Regions Worldwide. *Agricultural and forest meteorology*, 124(1-2), 81-97.
- Van Leeuwen, C., Pieri, P., Gambetta, G., Irvine, A. D., De Ressaiguier, L., Marguerit, E., Marchand Marion, S., Farris, L., Geffroy, O., et Ollat, N., (2022). L'effet de l'état hydrique de la vigne sur la maturation du raisin. *Revue des Oenologues et des Techniques Vitivinicoles et Oenologiques*, 182, 24-27.
- Van Der Rest M.E, Kamminga A.H, Nakano A., Anraku Y., Poolman B., Konings W.N., (1995). The plasma membrane of *Saccharomyces cerevisiae*: Structure, function, and biogenesis. *Microbiol. Rev.* 1995, 59, 304–322.
- Van Sluyter S.C., Mc Rae J.M., Falconer R.J., Smith P.A., Bacic A., Waters E.J., Marangon M., (2015). Wine protein haze: Mechanisms of formation and advances in prevention. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(16), 4020–4030.
- Verhnet A. (2023a). Les collages des moûts et des vins. Cours dispensé pendant l'UE16 Stabilisation, clarification, élevage, et conditionnement des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Verhnet A. (2023b). Instabilité colloïdales dans les vins. Cours dispensé pendant l'UE16 Stabilisation, clarification, élevage, et conditionnement des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Verhnet A. (2023c). Méthodes physiques de clarification des moûts et des vins. Cours dispensé pendant l'UE16 Stabilisation, clarification, élevage, et conditionnement des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- Vivas N., (2005). *Manual De Toneleria Destinado A Usuarios De Toneles*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Volschenk, H., van Vuuren, H.J.J., Viljoen-Bloom, M., (2017). Malic Acid in Wine: Origin, Function and Metabolism during Vinification. *South Afr. J. Enol. Vitic.* 27.
<https://doi.org/10.21548/27-2-1613>
- Waters E.J., Wallace W., Williams P.J., (1992). Identification of heat-unstable wine proteins and their resistance to peptidases. *J. Agric. Food Chem.* 1992, 40, 1514–1519.
- Zironi R., Comuzzo P., Tat L., Scobiola S., (2009). Oxygène et vin. *InfoWine*, revue internet de viticulture et d'œnologie, 2009 n° 10 /1. Extrait des Notes Techniques du code de bonne pratique de viticulture et de vinification biologiques, produit du projet EU FP6 STREP – ORWINE

SITOGRAPHIE

1. François Davaux, Stabilité protéique et collage des vins blancs à la bentonite, consulté le 05 février 2024, Institut Français de la vigne et du vin :
<https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/stabilite-proteique-et-collage-des-vins-blancs-a-la-bentonite/>
2. Auteurs non cités, Grille d'évaluation des pratiques œnologiques, consulté le 12 février 2024, Institut Français de la vigne et du vin :
<https://www.vignevin.com/pratiques/oen/index.php?etape=1&operation=1&onglet=Caract%E9ristiques>
3. Auteurs non cités, Stabilité tartrique, consulté le 15 février 2024, Institut Français de la vigne et du vin :
<https://www.vignevin.com/publications/fiches-pratiques/stabilisation-tartrique/>

ANNEXES

Annexe n°1. Carte du Mas Moutou, décrivant les parcelles en production et expérimentales du domaine (les six volets expérimentaux menées sont présentées sur cette carte), localisé dans le secteur du Crest.



Annexe n°2. Itinéraire technique de la parcelle expérimentale du Mas Moutou

Description	
Type de conduite	Agriculture Biologique
Fertilisation	Apport du produit PERIS BIO (10-3-1) à la dose de 400 kg/ha
Gestion du rang et de l'inter-rang	Labour mécanique + passages des interceps
Commentaires	<ul style="list-style-type: none">- Pas de rognage/écimage- Relevage des modalités Irr2 et Irr3 uniquement

Annexe n°3. Caractéristiques du système d'irrigation goutte-à-goutte sur la parcelle expérimentale

Paramètres	Valeurs
Débit des goutteurs	1,6 L/h
Distance inter-rang	2,5 m
Distance entre goutteur	1 m
Surface par modalité	0,3 ha (Irr 2 et Tem) 0,37 ha (Irr 3)
Débit sur la modalité	1,92 m ³ /h (Irr 2 et Tem) 2,37 m ³ /h (Irr 3)





YEAST

ENARTISFERM Q7

Alcohol tolerant strain capable of producing berry notes and thus refreshing the aroma of red wines produced in hot regions

	<p>ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS A selected strain from Primitivo grapes, EnartisFerm Q7 is recommended for the production of wines made in warm regions. EnartisFerm Q7 turns musts with a potential alcohol content of 16.5 - 17% dry. At the same time, it produces pleasant fresh fruit aromas such as blackberry, blueberry and plum that help mask and refresh the overripe and jammy fruit notes often found in wines produced in hot regions or vintages. A moderate fermenter, EnartisFerm Q7 can be used for fermenting both young wines and wines intended for medium to long ageing.</p>														
	<p>MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS</p> <table border="0"> <tr> <td>Species</td> <td><i>Saccharomyces cerevisiae</i></td> </tr> <tr> <td>Fermentation temperature</td> <td>16 - 30°C</td> </tr> <tr> <td>Lag phase</td> <td>medium</td> </tr> <tr> <td>Fermentation speed</td> <td>moderate-slow</td> </tr> <tr> <td>Alcohol tolerance</td> <td>≤ 16.5% v/v</td> </tr> <tr> <td>Sugar/alcohol yield</td> <td>16 g per 1% alcohol</td> </tr> <tr> <td>Killer factor</td> <td>neutral</td> </tr> </table>	Species	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Fermentation temperature	16 - 30°C	Lag phase	medium	Fermentation speed	moderate-slow	Alcohol tolerance	≤ 16.5% v/v	Sugar/alcohol yield	16 g per 1% alcohol	Killer factor	neutral
Species	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>														
Fermentation temperature	16 - 30°C														
Lag phase	medium														
Fermentation speed	moderate-slow														
Alcohol tolerance	≤ 16.5% v/v														
Sugar/alcohol yield	16 g per 1% alcohol														
Killer factor	neutral														
	<p>ENOLOGICAL CHARACTERISTICS</p> <table border="0"> <tr> <td>Nitrogen demand</td> <td>medium (200-250 mg/l)</td> </tr> <tr> <td>Oxygen demand</td> <td>medium</td> </tr> <tr> <td>Volatile acidity production</td> <td>medium</td> </tr> <tr> <td>H₂S production</td> <td>low</td> </tr> <tr> <td>SO₂ production</td> <td>low</td> </tr> <tr> <td>Glycerol production</td> <td>high (12-13 g/L in wine with 15% alcohol)</td> </tr> </table>	Nitrogen demand	medium (200-250 mg/l)	Oxygen demand	medium	Volatile acidity production	medium	H ₂ S production	low	SO ₂ production	low	Glycerol production	high (12-13 g/L in wine with 15% alcohol)		
Nitrogen demand	medium (200-250 mg/l)														
Oxygen demand	medium														
Volatile acidity production	medium														
H ₂ S production	low														
SO ₂ production	low														
Glycerol production	high (12-13 g/L in wine with 15% alcohol)														
	<p>APPLICATIONS Fermentation of red wines produced in hot regions or vintages with high potential alcohol content.</p>														
	<p>DOSAGE 20-40 g/hL</p> <p>Higher doses apply in the case of altered grapes, high sugar concentrations and musts in a non-perfect microbiological condition.</p>														
	<p>INSTRUCTIONS FOR USE</p> <ul style="list-style-type: none"> Disperse in a volume of clean water 10 times the weight of the yeast, stirring gently. The temperature of the water should be between 35 and 40°C. Wait 20 minutes then stir again. Add the suspension to the must or crushed grapes at the beginning of the tank filling. Ensure that the temperature difference between the yeast suspension and the must does not exceed 10°C. Evenly distribute the yeast within the inoculated mass. <p>Observing the times and methods described above ensures maximum viability of the rehydrated yeast.</p> <p>Nutrifer Arom Plus can be used at the time of inoculation for yeast nutrition to amplify the production of fruity flavors. Nutrifer Arom Plus provides branched chain amino acids that EnartisFerm Q7 is able to utilize for the synthesis of aroma compounds. Nutrifer Advance at 1/3 of fermentation prevents the appearance</p>														

The indications given here correspond to the current state of our knowledge and experience, however they do not relieve the user from compliance with safety and protection regulations or from improper use of the product.

	of reduced odors and ensures complete and regular fermentation. The addition of EnartisPro Tinto to the inoculum improves aromatic and color stability and increases the ageing potential of the wine.
	<p>PACKAGING AND STORAGE CONDITIONS 0.5 kg, 10 kg</p> <p>Sealed package: store in a cool (preferably 5-15°C or 41-59°F) and dry area. Opened package: carefully reseal and store as indicated above; use quickly.</p>
	<p>COMPLIANCE The product complies with: Codex Œnologique International.</p> <p>Product approved for winemaking in accordance with Reg. (EU) 2019/934 and subsequent amendments.</p> <p>Product approved for winemaking by the TTB. Use within Enartis' recommended dosages.</p> <p>Contains E491 (sorbitan monostearate).</p>

LEVURE

ANCHOR LEGACY NT 50

Levure hybride *Saccharomyces cerevisiae* pour l'élaboration de vins rouges fruités.

ORIGINE

NT 50 est un produit issu du programme d'hybridation de levure de l'Institut de la Vigne et du Vin ARC Infruitec Nietvoorbij de Stellenbosch en Afrique du Sud.

APPLICATION

La souche NT 50 permet la production de vins rouges aux arômes de fruits rouges (fraise, framboise et cerise), de baies noires (mûre et cassis) et d'épices. Cette levure est particulièrement adaptée à la vinification des cépages Syrah, Cabernet franc, Grenache, Pinot noir et Gamay, avec ou sans élevage en barriques.

CINÉTIQUE DE FERMENTATION

- Fermentation rapide: il est conseillé de contrôler la température
- Facteur de conversion: 0.57 - 0.62

CARACTÉRISTIQUES TECHNOLOGIQUES

- Tolérance au froid: 13 °C; la résistance de la levure à basse température permet son utilisation en macération pré-fermentaire à froid
- Températures optimales: 14 - 28 °C; pour éviter une fermentation trop rapide, il est conseillé de réguler la température (ne pas dépasser 30 °C)
- Osmotolérance: 260 g/L sucre
- Tolérance à l'alcool à 20°C: 16.5% vol
- Production d'écume: moyenne

CARACTÉRISTIQUES DU MÉTABOLISME

- Production de glycérol: 11 - 13 g/L
- Production d'acidité volatile: généralement inférieure à 0.3 g/L
- Production de SO₂: faible
- Besoin en azote: moyen

PHÉNOTYPE

- Killer: positif
- Activité cinnamate décarboxylase: ambigu (POF+/-)

DOSE D'EMPLOI

30 g/hL

CONDITIONNEMENT

NT 50 est conditionnée sous vide en paquets de 1 kg. Le stockage doit être effectué dans l'emballage d'origine fermé, dans un local frais (5 - 15 °C) et sec.



LA souche des conditions extrêmes !



SafCEno™ BC S103



INGREDIENTS

Levure (*Saccharomyces bayanus**), Emulsifiant E491 (monostéarate de sorbitane)

ORIGINE

La souche **SafCEno™ BC S103** a été sélectionnée sur Chardonnay pour ses excellentes caractéristiques fermentaires et sa très grande résistance aux conditions de vinification extrêmes.

CARACTERISTIQUES OENOLOGIQUES

Aptitudes fermentaires	<ul style="list-style-type: none">▪ Excellente force d'implantation▪ Large spectre de températures de fermentation : 10 - 35 °C▪ Très bonne assimilation du fructose▪ Très bonne tolérance à l'alcool : jusqu'à 18% vol./vol.▪ Faibles besoins azotés
Caractéristiques métaboliques	<ul style="list-style-type: none">▪ Rendement sucre / alcool : 16,2 g/l pour 1% vol./vol.▪ Absence de production de composés soufrés▪ Faible production de mousse▪ Faible production d'alcools supérieurs▪ Production d'acidité volatile inférieure à 0,2 g/L

SUGGESTIONS D'APPLICATIONS

- **Sécuriser les fermentations en conditions difficiles**

La **SafCEno™ BC S103** est adaptée à tout type de moûts à fort degré potentiel, très clarifiés ou contenant des doses de SO₂ élevées.

- **Respecter la typicité variétale**

La **SafCEno™ BC S103** amplifie les caractéristiques variétales des cépages et participe à l'obtention de vins fins et typiques de leur terroir. Elle se révèle particulièrement adaptée pour des Chardonnay au profil net et frais.

- **En curatif**

Du fait de sa forte résistance à l'alcool (18%) et au SO₂, la **SafCEno™ BC S103** est tout à fait adaptée aux reprises de fermentation (titre alcoométrique et teneur en SO₂ élevés). Se référer au protocole Fermentis® pour redémarrer une fermentation arrêtée.

- **Pour la prise de mousse**

De par ses caractéristiques techniques, la **SafCEno™ BC S103** peut être utilisée en seconde fermentation, qu'elle soit réalisée en bouteille selon la méthode traditionnelle ou en cuve close (préférée dans ce dernier cas là à la **SafCEno™ VR44**).

* d'après « The Yeasts, A Taxonomic Study » 5^e édition, C.P. Kurtzman, J.W. Fell and T. Boekhout, 2011.

The obvious choice for beverage fermentation   

Fermentis Division of S.I. Lesaffre - BP 3029 - 137 Rue Gabriel Péri - 59703 Marcq-en-Barœul. Cedex - FRANCE - Tel. +33 (0)3 20 81 62 75 - Fax. +33 (0)3 20 81 62 70 - www.fermentis.com



UTILISATION



Le savoir-faire historique et l'amélioration continue des techniques de production de levure propres à Lesaffre ont permis d'obtenir des levures sèches de **qualité exceptionnelle capables de supporter des conditions d'utilisation très variées. Il est désormais possible d'utiliser ces levures sans réhydratation ou en réhydratation à froid sans affecter leur viabilité, cinétique et/ou profil analytique.**

Les professionnels du vin choisiront les conditions d'utilisation les mieux adaptées à leurs besoins :

- **En inoculation directe**

Réhydrater les levures dans au moins 10 fois leur poids en moût (éventuellement directement par le haut de la cuve de fermentation ou pendant le remplissage de la cuve après débouillage des blancs et rosés). Agiter lentement pour éviter la formation de grumeaux. Transférer immédiatement dans la cuve de fermentation lors d'un remontage avec aération (ou homogénéiser le volume de la cuve).

- **Avec réhydratation préalable**

Réhydrater la levure dans au moins 10 fois leur poids en eau à température ambiante. Agiter lentement de façon à éviter la formation de grumeaux. Laisser reposer 20 minutes et transférer la suspension de levures dans la cuve de fermentation lors d'un remontage aéré.

DOSES D'EMPLOI

Vins tranquilles blancs et rouges : 10 à 20 g/hl

Fermentation en barrique : diviser le taux d'inoculation par 2 pour permettre une fermentation régulière sans générer une hausse trop importante de la température.

Reprise de fermentation : 30 à 40 g/hl

Prise de mousse : 15 à 40 g/hl

CONDITIONNEMENT

Carton de 20 sachets de 500g sous vide (Poids net total du carton : 10 kg)

Caisse-outre de 10 kg sous vide (Poids net total du carton : 10 kg)

GARANTIE

Le taux élevé de matière sèche de ce produit lui assure une conservation optimale dans son emballage d'origine à une température ne dépassant pas 20°C (pendant 3 ans), et 10°C pour une conservation prolongée (4 ans).

Fermentis® garantit la conformité du produit au Codex Œnologique International jusqu'à la DLUO dans les conditions de conservation décrites ci-dessus.

Chacune des levures œnologiques Fermentis® est élaborée selon un schéma de production spécifique et bénéficie de tout le savoir-faire du groupe Lesaffre, leader mondial de la levure. Cela vous garantit les meilleures performances en termes de pureté microbiologique et d'activité fermentaire.

Les informations contenues dans cette fiche technique sont la transcription exacte de l'état de nos connaissances du produit à la date indiquée. Elles sont la propriété exclusive de Fermentis® Division of S.I.Lesaffre. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de s'assurer que l'usage de ce produit en particulier est conforme aux lois et réglementations en vigueur.

The obvious choice for beverage fermentation

Annexe n°5. Fiche constructeur du Vitadrive F3 de la société Erbslöh



VitaDrive®

Nutriments organiques pour la réhydratation des levures

Description du produit

VitaDrive® protège et stimule les levures lors de la réhydratation et optimise leurs capacités fermentaires.

Produit conforme au règlement de la Commission européenne N° 934/2019 relatif aux pratiques œnologiques. L'utilisateur doit s'assurer du respect des réglementations nationales. La pureté et la qualité du produit sont testées en laboratoire.

Dosage

<p>Composition</p>	<p>Levures inactivées, écorces de levures, phosphate diammonique</p> <p>Les levures inactivées contiennent des nutriments essentiels libérés au cours de la fermentation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acides aminés (groupe A - absorbés préférentiellement par les levures) • Minéraux • Vitamines <p>Teneurs relatives en acides aminés dans VitaDrive®</p>
<p>Objectifs</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Soutenir le métabolisme et la croissance des levures • Augmenter la teneur en acides gras insaturés, vitamines, stéroïdes et améliorer la résistance au choc osmotique • Accroître la tolérance à l'alcool • Augmenter le taux de survie à la fin de la fermentation • Protéger les arômes et la couleur • Améliorer le profil organoleptique du vin • Réduire les besoins en SO₂
<p>Autres bénéfices</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure assimilation des composés azotés • Prévention de la formation de composants indésirables (H₂S) • Adsorption des composés toxiques (liaison avec les acides gras à chaîne courte / pesticides / herbicides / ochratoxine A / métaux lourds) • Réduction de l'amertume dans le vin et amélioration de la sensation en bouche
<p>Astuce</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aide au redémarrage de la fermentation en cas d'arrêt
<p>Dosage recommandé</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1 kg de VitaDrive® pour la réhydratation de 1kg de levures
<p>Dose maximale légale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 50 g/hl
<p>Mise en œuvre</p>	<ul style="list-style-type: none"> • VitaDrive® est incorporé directement dans le mélange moût/eau (37 - 42 °C), ou au plus tard 10 minutes après tout en agitant.
<p>Remarque</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En fonction de la situation nutritionnelle du moût nous recommandons l'ajout de nutriments pour levures des gammes Vitamon® et Vitaferm®. Tenir compte des composants listés dans la formulation pour le calcul des doses maximales légales.

Conservation

Conserver au sec et à l'abri de la lumière. Les emballages entamés devront être immédiatement refermés et utilisés le plus rapidement possible.

ERBSLÖH Geisenheim GmbH • Erbslöhstraße 1 • 65386 Geisenheim, Germany
Tel.: +49 6722 708-0 • Fax: +49 6722 6098 • info@erbsloeh.com • www.erbsloeh.com

ERBSLÖH
Fortschritt macht Zukunft®

Les présentes recommandations s'appliquent à l'utilisation du produit en tant qu'aide technologique ou additif dans le cadre d'une bonne pratique de production. Seule cette utilisation peut participer à la sécurité du produit final. Toutefois, nos fiches techniques sont basées sur nos connaissances et notre expérience actuelles et n'apportent que des informations générales sur nos produits. En raison des traitements préliminaires non connus et compte tenu des imprévus liés aux produits naturels à traiter, toutes les données sont fournies sans garantie et notre responsabilité ne sera pas engagée. Le respect des lois et règlements quant à l'utilisation de nos produits relève de la responsabilité de l'utilisateur. Toutes les informations sont sujettes à changement sans préavis. Nos conditions générales de ventes s'appliquent, se référer à www.erbsloeh.com.
Version 008 - 01/2022 RL - Imprimé le 14/01/2022

LEVEL² LAKTIA™

SOLUTIONS *Lachancea thermotolerans*

REDONNER DE LA FRAÎCHEUR À VOS VINS

LEVEL² SOLUTIONS La grande variété de levures naturelles sélectionnées reflète la biodiversité de la microflore présente au cours de la fermentation alcoolique des vins. Cependant, cet univers est encore sous-exploité au regard du grand nombre d'espèces et de sous-espèces (autres que *Saccharomyces*) qui sont présentes dans la plupart des moûts de raisins. Au cours de la fermentation spontanée, l'activité microbienne engendre une succession d'activités enzymatiques qui contribuent sans aucun doute, positivement ou négativement, à la complexité aromatique et à la diversité des vins. Grâce à la R&D Lallemand Oenology, la gestion de la fermentation alcoolique (FA) par l'utilisation de levures non-*Saccharomyces* en combinaison avec *Saccharomyces cerevisiae* ouvre de nouvelles possibilités aux vificateurs.

DESCRIPTION

LEVEL² LAKTIA™ est une culture pure de *Lachancea thermotolerans*, sélectionnée par Lallemand Oenology pour sa capacité unique à produire un niveau élevé d'acide lactique pendant la fermentation. Utilisée en inoculation séquentielle avec la plupart des levures œnologiques *Saccharomyces cerevisiae* sélectionnées, LEVEL² LAKTIA™, en produisant un niveau significatif d'acide lactique, est un outil naturel pour l'assemblage et/ou pour rééquilibrer les vins issus des régions à climat chaud. Au-delà de la fraîcheur et de l'acidité qu'elle confère, LEVEL² LAKTIA™ apporte également une complexité aromatique dès le début de la fermentation alcoolique.

BÉNÉFICES

Analyse sensorielle Merlot (Sud de la France) :

Impact sur l'acidité (Tempranillo, Espagne) :

Paramètre	Témoin (S. cerevisiae seule)	LEVEL ² LAKTIA™ + S. cerevisiae
pH (20°C ± 0,02)	3,4	3,5
Acidité totale (g/L d'acide tartrique)	9,7	6,3
Acide L-lactique (g/L +/- 0,1)	3,3	0,1

Analyse à la fin de la FA (la concentration en acide malique et l'acidité volatile étaient les mêmes)

PASSER AU NIVEAU SUPÉRIEUR

www.lallemandwine.com

LEVURES NATURELLES
 ENZYMES NATURELS
 NUTRIENTS ET PRÉSERVATIFS NATURELS
 LEVURES SYNTHÉTIQUES NATURELLES
 ENZYMES
 OSMORÉGULATION
 APPLIQUÉS À LA VITICULTURE

LALLEMAND OENOLOGY
Original by culture

LEVEL² LAKTIA™

SOLUTIONS *Lachancea thermotolerans*

REDONNER DE LA FRAÎCHEUR À VOS VINS

PROPRIÉTÉS

- Culture pure de *Lachancea thermotolerans*.
- Phase de latence : modérée.
- Tolérance à l'alcool : < 10 % vol.
- Optimum de température de fermentation : de 14 à 28°C.
- Besoins en azote élevés.
- Production d'acidité volatile : très faible.
- Forte production de glycérol.

MISE EN ŒUVRE

À UTILISER EN INOCULATION SÉQUENTIELLE TEL QU'INDIQUÉ CI-DESSOUS.

Vinification en rouge : l'ajout de SO₂ à la réception de la vendange doit être inférieur à 4 g/hL.

Vinification en blanc ou rosé : avant inoculation, s'assurer que le niveau de SO₂ libre est strictement inférieur à 15 mg/L.

1^{ÈRE} INOCULATION : LEVEL² LAKTIA™

Inoculation à 25 g/hL : réhydrater la levure dans 10 fois son poids d'eau à 30°C.

Après 15 minutes, mélanger très doucement.

Pour aider la levure réhydratée à s'acclimater à la température basse du moût et éviter un choc thermique, mélanger doucement une quantité égale de moût avec la suspension de levures réhydratées (cette étape peut être répétée si l'écart de température initial est important).

Le temps de réhydratation total ne doit pas dépasser 45 minutes.

2^{ÈME} INOCULATION : *Saccharomyces cerevisiae*

Après 24 heures, procéder à un deuxième ensemencement avec une levure sélectionnée *Saccharomyces cerevisiae* à 25 g/hL, en utilisant un protecteur de levure (GO-FERM PROTECT™ ou GO-FERM PROTECT EVOLUTION™) pendant la réhydratation en suivant le protocole standard recommandé.

Remarque : l'inoculation différée (> 24 h) de la levure *Saccharomyces cerevisiae* conduira à une production plus importante d'acide lactique par LEVEL² LAKTIA™, et par conséquent à un effet d'acidification plus élevé. En cas de température faible du moût (≤ 16°C) cette pratique est généralement recommandée.

Recommandations nutritionnelles :

- 1/ Ajouter un nutriment levurien organique (FERMAID™ O) juste après l'inoculation de LEVEL² LAKTIA™.
- 2/ Ajouter un nutriment levurien organique ou mixte (FERMAID™ O ou FERMAID™ E) au premier tiers de la fermentation alcoolique.

Gestion de la fermentation malolactique (si souhaitée) :

- Préférer la co-inoculation avec une bactérie œnologique sélectionnée ajoutée en même temps que *S. cerevisiae*.
- En cas d'inoculation séquentielle avec une bactérie œnologique, si le niveau d'acide lactique est supérieur à 3 g/L, procéder à un assemblage de ce vin avec un autre vin sans acide lactique avant inoculation.

Pour plus d'informations, merci de contacter votre fournisseur ou Lallemend Oenology.

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE



- Disponible uniquement en sachets de 500 g.
- Conserver 24 mois à 4°C, dans le sachet d'origine non-ouvert.

Ce document contient les informations les plus récentes sur la connaissance de nos produits ; celles-ci sont donc susceptibles d'évoluer et ne constituent pas un engagement contractuel. Il est mis à disposition sans garantie dans la mesure où les conditions de mise en œuvre du produit sont hors de notre contrôle. Il ne libère l'utilisateur ni des contraintes réglementaires ni des normes sanitaires et sécuritaires en vigueur.

Mai 2020

www.lallemandwine.com



LALLEMAND
LALLEMAND OENOLOGY
Original by culture

RESUME & ABSTRACT

Depuis les années 1850, les émissions de gaz à effets de serre n'ont jamais cessé d'augmenter, ce qui a, entre autres, impliqué une augmentation des températures moyennes de surfaces terrestres et maritimes : les données climatiques du rapport du GIEC en 2022 montrent par exemple que la température moyenne des océans a augmenté de 0,88°C et celle de surface terrestre de 1,59°C, sur la période 2011 à 2020. Bien évidemment, l'aspect thermique n'est pas l'unique conséquence du changement climatique puisque l'on peut souligner une profonde modification du cycle de l'eau, notamment des volumes de précipitations et de la distribution de ces dernières.

Le domaine Lafage, en réponse à ces changements climatiques, a décidé de mettre un dispositif expérimental sur un site de production uniquement dédié à cet effet. L'un des expérimentations porte sur la mise en place d'une stratégie d'irrigation de conservation sur une parcelle de Grenache N. L'objectif est également d'étudier l'effet de cette irrigation sur la cinétique de développement de la vigne, de la maturité du raisin mais aussi sur la cinétique fermentaire du moût et l'effet sur le profil vin. C'est dans ce contexte que des microvinification ont été effectués au domaine.

Mot clés : Roussillon, Grenache N, microvinification, cinétique fermentaire, profil vin, changement climatique.

Since 1850's, the greenhouse gases never stopped increasing, which has involved the uprising of temperatures of land and ocean : for example, between 2011 and 2020, the climatic data coming from the IPCC 2022 shows the average ocean temperature has increased 0,88°C and the average terrestrial temperature has increased 1,59°C. The temperature concerns are obviously not the only issue of Global Warming because we can emphasize a deep modification of hydrologic cycle, especially the amount and distribution of rainfalls.

The Lafage wine estate has decided to face the problems caused by the climate change and set an experimental process up in place where the plots are only dedicated to research. One of these experimentations consist in setting a low irrigation strategy for an Grenache noir plot. The aim is also to study the effect of this irrigation on the vine growth, grapes maturity but also the kinetic fermentation and wine profile. In this context, micro vinification have been done in the cellar of the wine estate.

Key words : Roussillon, Grenache N, micro vinification, kinetic fermentation, wine profile, climate change.