



HAL
open science

La vinification du millésime 2022 au Château Duhart-Milon

Quentin Menant

► **To cite this version:**

Quentin Menant. La vinification du millésime 2022 au Château Duhart-Milon. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04560533

HAL Id: dumas-04560533

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04560533>

Submitted on 3 May 2024

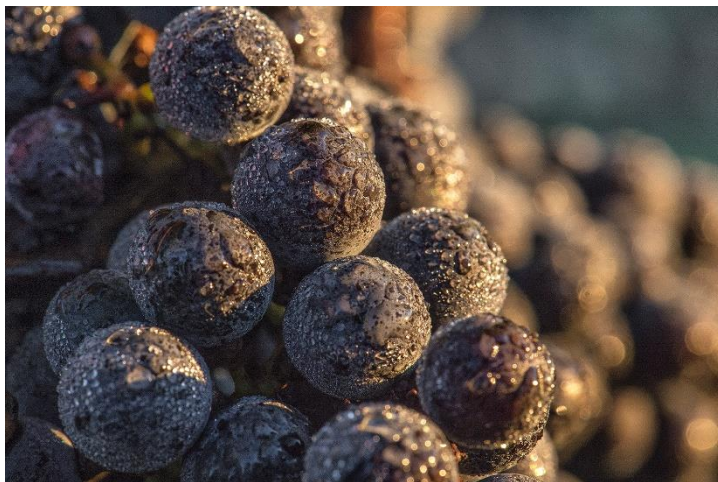
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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 diplôme national d'œnologue

La vinification du millésime 2022 au château Duhart-Milon



par Quentin Menant

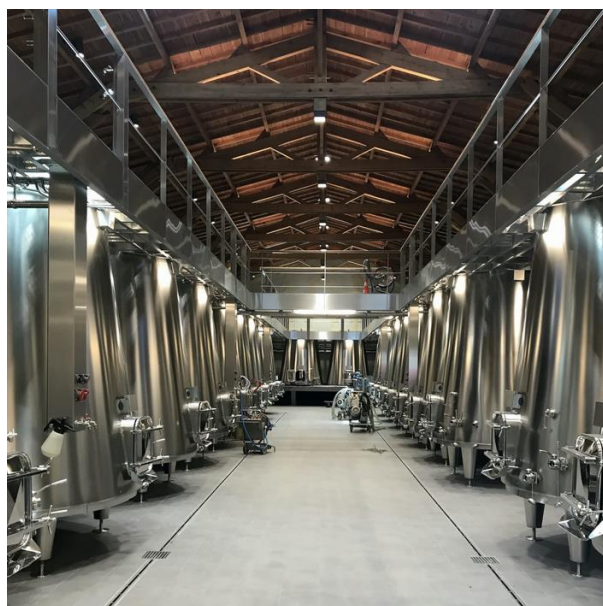
Année de soutenance : 2023

Organisme d'accueil : Château Duhart-Milon

Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du Diplôme National d'Œnologue

La vinification du millésime 2022 au château Duhart-Milon



par Quentin MENANT

Année de soutenance : 2023

Mémoire préparé sous la direction
de : Didier Ollé

Présenté le : [30/06/2023]

devant le jury :

Didier OLLE

Aurélie ROLAND

Organisme d'accueil : Château Duhart-Milon

Maître de stage : Alexandre
CANCIANI

La photographie du chai et des cuves inox présente sur la page précédente est tirée du site David Leclerc architecture, projet Duhart-Milon.

RESUME

Le Château Duhart-Milon est une propriété appartenant au groupe Domaines Barons de Rothschild. Situé au sein de l'appellation d'origine protégée Pauillac, au cœur du Médoc, son histoire est relativement ancienne. Les parcelles de la propriété sont attenantes à deux propriétés renommées, le Château Lafite Rothschild appartenant lui aussi au groupe DBR, et le château Mouton-Rothschild. Depuis son rachat dans les années 70, la propriété a subi d'énormes changements, allant du parcellaire jusqu'au chai, dans le but de redonner ses lettres de noblesse à la propriété.

Ce mémoire porte sur la réalisation des vinifications du millésime 2022 au sein du Château Duhart-Milon, pour la production des deux vins rouges de la propriété ainsi que du vin blanc. Il détaille l'ensemble des étapes de production, depuis la préparation des vendanges jusqu'au conditionnement. Le chai de Duhart-Milon a été rénové et inauguré en 2020, permettant la mise en place d'un nouvel outil de production plus adapté et en adéquation avec les objectifs de production.

Mots clés

Pauillac – Appellation Origine Protégée – Château Duhart-Milon – Vinifications – Vin rouge
– Vin blanc – Œnologie – 2022

Pour citer ce document : Menant Quentin, 2023. *La vinification du millésime 2022 au château Duhart-Milon*. Mémoire pour le diplôme national d'œnologue, L'Institut Agro Montpellier. 100 pages.

ABSTRACT

Title : The vinification of the 2022 vintage at Château Duhart-Milon

Château Duhart-Milon is an estate belonging to the Domaines Barons de Rothschild firm. Located in the heart of the Médoc, in the protected appellation of Pauillac, its history is relatively old. The vineyards of the property are close to two famous estates, Chateau Lafite Rothschild also belonging to the DBR group, and Chateau Mouton-Rothschild. Since its purchase in the 1970s, the property has undergone enormous changes, from the plot to the winery, with the aim of restoring the property to its former glory.

This thesis deals with the vinification of the 2022 vintage at Château Duhart-Milon, for the production of the two red wines of the property as well as the white wine. It details all the production stages, from the preparation of the harvest to the packaging. The Duhart-Milon cellar was renovated and inaugurated in 2020, allowing the implementation of a new production tool more adapted and in adequacy with the production objectives.

Key words

Pauillac - Protected Designation of Origin - Château Duhart-Milon - Vinification - Red wine
– Oenology – White wine – 2022

Remerciements

J'ai effectué pendant trois mois le stage me permettant de valider mon diplôme national d'œnologie au sein du Château Duhart-Milon, dans la continuité du stage ingénieur réalisé au Château Lafite Rothschild.

Je tenais à remercier Jérémy Moulin, maître de stage et responsable R&D Lafite Rothschild Duhart-Milon pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser mon stage ingénieur au sein de la structure, m'ouvrant indirectement les portes du Château Duhart-Milon pour la seconde partie du cursus. Merci aussi à Manuela Brando, et Claire Gugenberger avec qui j'ai eu l'occasion d'échanger et travailler.

Merci à Olivier Bonneau, directeur vin LRDM, et Alexandre Canciani, maître de chai de Duhart-Milon et maître de stage, qui ont accepté que je continue de travailler avec le domaine pendant les vinifications. Merci pour le temps accordé, me permettant ainsi de réaliser le travail suivant en obtenant l'ensemble des renseignements demandés.

Merci à l'ensemble de l'équipe du chai de Duhart-Milon pour la bonne humeur, et l'humour qui ont rendu le temps passé agréable en leur compagnie : Michel, Cyril, Anthony, Romain et Ludovic.

Merci à Lucas, Romain, et Jean, stagiaires à Lafite Rothschild, pour les bons moments passés ensemble au château, et au logement.

Je remercie aussi très chaleureusement l'ensemble des équipes du domaine LRDM avec qui j'ai apprécié échanger et travailler, durant toute ma période au sein de la propriété.

I. Table des matières

Remerciements	9
Liste des abréviations	15
Liste des tableaux	17
Liste des figures	19
II. Introduction.....	21
III. Une propriété située au cœur du Médoc.....	23
A. Contexte géographique et historique du Château Duhart-Milon	23
1. L'Appellation d'Origine Contrôlée Pauillac.....	23
2. Caractéristiques pédoclimatiques de l'appellation Pauillac.....	23
a) Climat.....	23
b) Pédologie	23
B. Historique de Duhart-Milon	25
C. Le vignoble de Duhart-Milon.....	25
1. Gestion du vignoble.....	25
2. Encépagement de la propriété	27
IV. Etude des moyens de production du château Duhart-Milon.....	29
A. Le site de vinification et d'élevage	29
B. Gestion du matériel technique et du personnel	29
C. Les vins du Château Duhart-Milon	33
1. Production et volumes de la propriété	33
2. Commercialisation des vins de la propriété	35
V. Vendange et vinification du vin rouge au sein du château Duhart-Milon	35
A. Suivi des maturité et caractéristiques du millésime	35
1. Suivi des maturités et choix du moment de récolte	35
2. Le millésime 2022, un millésime chaud et sec	37
B. Préparation de la cave.....	37
C. Organisation du chantier de récolte.....	39
D. Réception de la vendange, et encuvage.....	39
E. Sulfitage de la vendange	41
F. Préparation du moût et levurage	43
G. Suivi et gestion de la fermentation alcoolique.....	45
1. Suivi de la fermentation, ajustement de l'azote assimilable	45
2. Chaptalisation.....	45

3.	Méthodes d'extraction	47
4.	Phase de macération	49
5.	Décuvage et pressurage	49
6.	La fermentation malolactique	51
VI.	Travail au chai et suivi analytique du vin rouge pendant son élevage.....	53
A.	L'élevage en barrique	53
B.	Travaux pendant l'élevage : ouillage, soutirage, assemblage et suivi analytique.....	57
1.	Les travaux d'ouillage	57
2.	Les travaux de soutirage.....	57
3.	Le suivi analytique des vins pendant l'élevage.....	59
a)	Suivi analytique classique.....	59
b)	Gestion de la problématique des phénols volatils	59
4.	Assemblage des lots	61
VII.	Vendange et vinification du vin blanc au Château Duhart Milon	63
A.	Suivi des maturités et choix du moment de récolte	63
B.	Vinification du vin blanc	63
1.	Réception et remplissage du pressoir	63
2.	Pressurage	65
3.	Débourbage	67
4.	Fermentation alcoolique et entonnage.....	69
VIII.	Elevage et travail au chai autour du vin blanc.....	71
A.	Elevage en barrique.....	71
1.	La fermentation malolactique	71
2.	L'élevage sur lies.....	73
B.	Assemblage.....	73
IX.	Préparation des vins rouge et mise en bouteille.....	75
A.	Le collage des vins	75
B.	Préparation à la mise en bouteille	75
1.	Tests de filtrabilité réalisés sur la propriété	75
2.	Itinéraire de la préparation du vin à la mise	77
3.	Bouteilles et bouchons utilisés.....	77
C.	Mise en bouteille.....	79
X.	Préparation du vin blanc et mise en bouteille	79
A.	Stabilisation du vin blanc.....	79

1.	Le collage : l'étape de stabilisation protéique.....	79
2.	Stabilisation tartrique.....	81
B.	Itinéraire de préparation du vin à la mise	81
C.	Mise en bouteille, stockage et habillage du vin blanc.....	83
XI.	Démarches qualité, hygiène et environnement.....	83
A.	Gestion de la qualité des vins produits	83
B.	Hygiène en cuverie et au chai	83
1.	Choix des revêtements et de la cuverie	83
2.	Entretien des barriques	85
3.	Produits d'entretien utilisés et fonctions.....	85
C.	Démarche environnementale du Château Duhart-Milon	85
1.	Gestion des effluents et de l'eau au chai	85
2.	Démarche environnementale	87
XII.	Conclusion	89
XIII.	Bibliographie.....	91
XIV.	Webographie	97
XV.	Annexes	98

Liste des abréviations

AM : Acide Malique
AOC : Appellation d'Origine Contrôlée
AV : Acidité Volatile
AT : Acidité Totale
CO₂ : Dioxyde de carbone
DBR : Domaines Barons de Rothschild
DM : Duhart-Milon
FA : Fermentation alcoolique
FML : Fermentation malolactique
GV : Grand Vin
HVE : Haute Valeur Environnementale
INAO : Institut National de l'Origine et de la Qualité
IPT : Indice Polyphénoliques Total
LRDM : Lafite Rothschild Duhart-Milon
LSA : Levure Sèche Active
MDM : Moulin de Duhart
MEB : Mise en Bouteille
MRC : Moût Corrigé Rectifié
PCR : Polymérase Chain Reaction
SO₂ : dioxyde de soufre
TAV : Taux Alcoométrique Volumique
TAVP : Taux Alcoométrique Volumique Potentiel

Liste des tableaux

Tableau 1 : récapitulatif du cahier des charges de l'appellation Pauillac. Données provenant de l'INAO).	22
Tableau 2 : détail des cépages et superficies correspondantes.....	29
Tableau 3 : récapitulatif de la cuverie utilisée.	29
Tableau 4 : volumes et contenants correspondants embouteillés pour le millésime 2020 du château Duhart-Milon.....	33
Tableau 5 : suivi de la maturité d'une parcelle de Cabernet Sauvignon (Laboyes Est).....	34
Tableau 6 : analyses Glories d'une parcelle de Cabernet Sauvignon (Laboyes Est).....	34
Tableau 7 : suivi de la maturité d'une parcelle de Merlot (Couradet).	34
Tableau 8 : analyses Glories d'une parcelle de Merlot (Couradet).	34
Tableau 9 : type d'analyse réalisé et paramètres analytiques suivis	37
Tableau 10 : récapitulatif des opérations fermentaires réalisées en 2022 suivant le type de raisin vinifié.....	47
Tableau 11 : bilans réalisés sur le lot Merlot-5 à différents stades clés de la vinification.	48
Tableau 12 : bilans réalisés sur le lot Cabernet Sauvignon 20 à différents stades clés de la vinification.	48
Tableau 13 : programme de pressurage pour vins rouges.....	50
Tableau 14 : proportions des barriques utilisées pour l'élevage des vins de la propriété.....	54
Tableau 15 : synthèse des tonneliers, type de chauffe et pourcentage correspondant servant à l'élevage du Grand Vin.	54
Tableau 16 : synthèse des tonneliers, type de chauffe et pourcentage correspondant servant à l'élevage du second vin.	54
Tableau 17 : suivi bimensuel des lots Cabernet Sauvignon 20 et Merlot 5.	58
Tableau 18 : suivi de certains phénols volatils pour les lots de Cabernet Sauvignon 20 et Merlot 5... ..	58
Tableau 19 : suivi des maturité d'une parcelle de Sauvignon blanc, millésime 2022.....	62
Tableau 20 : suivi des maturités d'une parcelle de Sémillon, millésime 2022.....	62
Tableau 21 : programme de pressurage des vins blancs.	64
Tableau 22 : suivi mensuel des lots Sauvignon 3 et Sémillon 2(3).	72

Liste des figures

Figure 1 : diagramme ombrothermique (Pauillac) sur la base des données météorologiques de 1991 à 2020. Données provenant de la station météorologique de Pauillac, Météo France.	22
Figure 2 : carte pédologique des sols de la propriété LRDM (Olivier Trégoat, 1997).	24
Figure 3 : Répartition du parcellaire LRDM entre les deux propriétés.....	24
Figure 4 : Opérations de conduite du vignoble et principaux stades phénologiques.....	26
Figure 5 : encépagement et surfaces (en ha) correspondantes du château Duhart-Milon.....	26
Figure 6 : encépagement et parcellaire du château Duhart-Milon.....	28
Figure 7 : organigramme du groupe LRDM.	28
Figure 8 : organisation des bâtiments au sein du chai de Duhart-Milon. Photographie aérienne, 2021, Géoportail.....	30
Figure 9 : plan du cuvier.	30
Figure 10 : photographies d'illustration.	32
Figure 11 : photographie du chai inox 1. Tiré du site internet David Leclerc Architecture, projet Duhart-Milon.	32
Figure 12 : dispositif R'pulse. Tiré du site internet https://www.monrpulse.fr/	32
Figure 13 : étiquettes des vins rouge du château Duhart-Milon	34
Figure 14 : photographies d'une remorque de transport des caisses, et de la pesée d'une palette....	36
Figure 15 : schéma synthétique d'une chaîne de réception de vendange au château Duhart-Milon..	36
Figure 16 : photographies de la réception de vendange, et d'un cuvon servant aux transports des baies foulées.....	38
Figure 17 : photographies de la chaîne de réception en fonctionnement et de l'encuvage au cuvier béton.	38
Figure 18 : photographies d'un remontage aéré. À gauche, le système mis en place, à droite le haut d'une cuve et l'aspersion réalisée.	40
Figure 19 : cinétique fermentaire et évolution de la température du lot Cabernet Sauvignon 20.	42
Figure 20 : suivi de la concentration en acide malique pour le lot Cabernet Sauvignon 20.	42
Figure 21 : cinétique fermentaire et évolution de la température du lot Merlot 5.....	44
Figure 22 : suivi de la concentration en acide malique pour le lot Merlot 5.	44
Figure 23 : cycle de pressurage pour le marc de vin rouge. Chaque retour à 0 de la pression induit une rebêche.....	50
Figure 24 : processus d'assemblage précédent la période d'élevage.....	52
Figure 25 : schéma synthèse des opérations sur vin rouge allant de la vendange à la mise en bouteille.	58
Figure 26 : succession des différentes opérations au cours de la vinification et de l'élevage du vin rouge au sein du Château Duhart-Milon.....	60
Figure 27 : cycle de pressurage utilisé pour les vins blancs. Chaque retour à 0 correspond à une rebêche.....	66
Figure 28 : cinétique fermentaire et évolution de la température du lot Sauvignon 3.	70
Figure 29 : cinétique fermentaire et évolution de la température du lot Sémillon 2(3).	70
Figure 30 : schéma synthèse des opérations sur vin blanc allant de la vendange à la mise en bouteille.	72

II. Introduction

C'est sous l'époque romaine que la culture de la vigne s'est implantée et développée en France. Dès le Moyen-Age on retrouve des exportations de vins depuis la région bordelaise vers l'Angleterre. C'est vers la fin du XV^{ème} siècle que l'on retrouve les premiers îlots viticoles dans le Médoc, autour de Margaux, et jusqu'à Pauillac. Au XVII^{ème} siècle, les premiers grands travaux d'assèchements débutent, avec en parallèle des évolutions viticoles permettant un meilleur transport du vin. Le XVIII^{ème} voit alors la noblesse bordelaise investir massivement dans le Médoc, les exportations de vins ne cessant de croître. Le classement de 1855 conduit alors à une structuration du vignoble, notamment médocain, le système de cru classé se mettant alors en place. Malgré plusieurs périodes de crises, comme celle du phylloxera, de l'arrivée des maladies cryptogamiques, d'incidents climatiques (gel) ou encore économiques, le vignoble s'est maintenu dans cette zone de production. La seconde moitié du XX^{ème} siècle voit le vignoble renaître, suivie par une explosion économique liée à certaines appellations et châteaux extrêmement convoités par les acheteurs.

Aujourd'hui, ce passé se mêle de plus en plus avec la modernité, avec l'utilisation de nouvelles pratiques et technologies, dont les applications sont multiples et concernent l'ensemble du processus de production. C'est le cas pour le Château Duhart-Milon, propriété du groupe Domaines Barons de Rothschild (DBR). Ce château qui a connu des heures compliquées par le passé, a, sous l'impulsion de ses nouveaux propriétaires, pu se moderniser tout en restructurant son vignoble. Au sein du groupe DBR, les châteaux Lafite Rothschild et Duhart-Milon sont gérés d'une manière spécifique :

- Les travaux de la vigne sont organisés de manière commune entre Lafite Rothschild et Duhart-Milon (un unique pôle technique).
- Deux chais de vinification séparés, sur les sites historiques, avec des équipes propres. Les processus de vinification sont sensiblement les mêmes, avec des particularités pour chacune des propriétés.

Ce rapport s'inscrit dans le cursus permettant de valider le diplôme national d'œnologie. Il permet de rendre compte du processus de production des vins de la propriété, allant des vendanges jusqu'à la mise en bouteille et la commercialisation. Une période de stage est réalisée en parallèle, permettant de participer aux différentes opérations au sein du chai, allant des contrôles maturité jusqu'à l'entonnage du millésime.

La première partie de ce rapport permet de présenter l'appellation Pauillac, à travers une description de l'appellation d'origine protégée, en se focalisant par la suite sur le terroir de la propriété et son organisation. Dans un second temps, c'est l'outil de production du domaine qui est présenté, allant du vignoble à la cuverie. Cette description permet ensuite de s'atteler à la description des vinifications, depuis le chantier de récolte jusqu'à l'entonnage du millésime 2022, en séparant le travail en deux axes : les travaux en lien avec le vin rouge, et ceux en lien avec le vin blanc. Pour finir, ce sont l'ensemble des aspects liés au contrôle de la qualité, de l'hygiène et à l'environnement qui sont abordés.

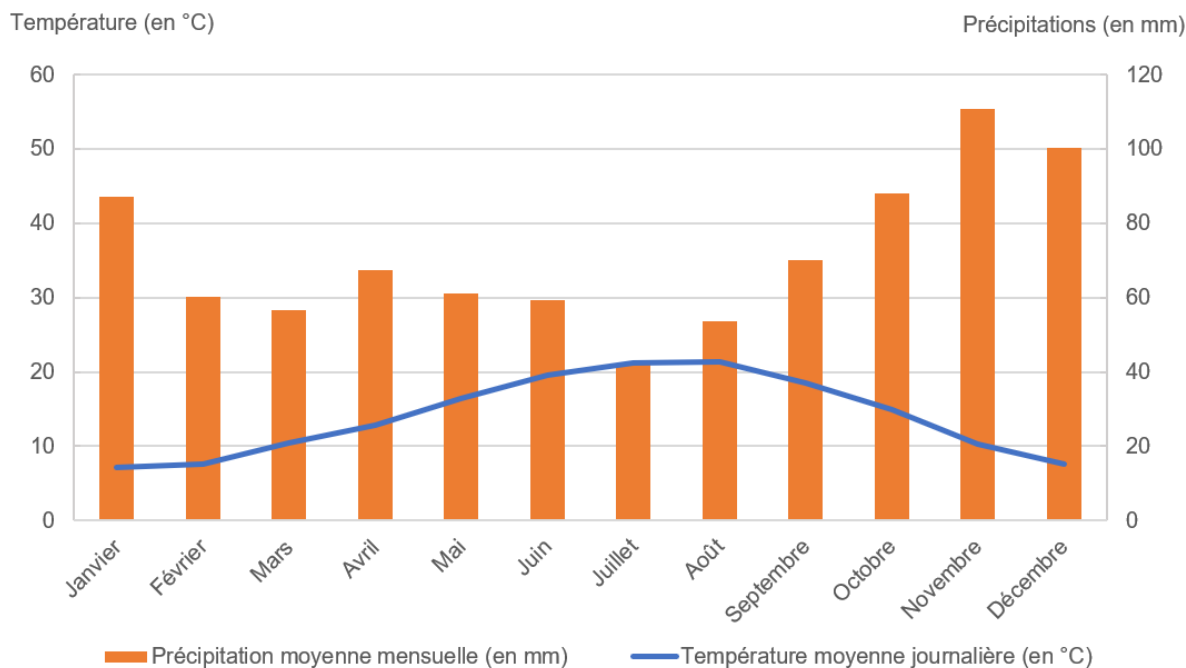


Figure 1 : diagramme ombrothermique (Pauillac) sur la base des données météorologiques de 1991 à 2020. Données provenant de la station météorologique de Pauillac, Météo France.

Tableau 1 : récapitulatif du cahier des charges de l'appellation Pauillac. Données provenant de l'INAO.

Cahier des charges de l'appellation Pauillac			
Vigne		Vin	
Aire géographique de production	Pauillac Certaines parcelles se situant sur les communes de Saint-Estèphe, Saint-Julien-Beychevelle et Saint-Sauveur	Couleur et type de produit	Vin tranquille rouge
Encépagement	Cabernet franc N, Cabernet-Sauvignon N, Carmenère N, Cot N, Merlot N, et Petit Verdot N	Caractéristiques du vin commercialisé	Titre alcoométrique volumique naturel minimum de 11% Concentration en acide malique $\leq 0,30$ g/L Teneur en sucres fermentescibles ≤ 2 g/L Acidité volatile: $\leq 0,64$ g(H ₂ SO ₄)/L pour les vins de 1 an $\leq 0,80$ g(H ₂ SO ₄)/L pour les vins de plus de 1 an
Densité de plantation	Densité minimale de plantation de 7000 pieds/ha Inter-rang maximum de 1,5m Ecartement inter-cep minimum de 0,8m	Technique soustractive d'enrichissement	Taux de concentration ≤ 15 % TAV $\leq 13,5$ % après enrichissement
Entrée en production	2 ans pour les jeunes vignes plantées 1 an pour les vignes greffées ou surgreffées	Cuverie	Capacité = 1,5 x production moyenne décennale
Taille	A réaliser avant le stade feuilles étalées (stade 9 de Lorenz) Charge maximale de 12 yeux francs par pied Taille "médocaine" avec un nombre d'yeux francs dépendant du cépage Taille à cots à deux cordons	Elevage	Minimum jusqu'au 1er juin de l'année qui suit la récolte
Palissage	Hauteur de feuillage au minimum égale à 0,6 fois l'inter-rang si celui-ci est inférieur à 1,4m Hauteur de feuillage palissé mesurée à 0,10m sous le fil de pliage	Conditionnement	Entre le 1er juin de l'année qui suit la récolte et le 31 décembre de la troisième année qui suit la récolte
Irrigation	Autorisée pendant la période de végétation.	Mise sur le marché	A partir du 1er septembre de l'année suivant celle de la récolte
Charge maximale	9500 kg/ha soit en moyenne: - 14 grappes/pied pour le Petit Verdot et pour les tailles réalisées en cordon et éventail - 12 grappes/pied pour les autres cépages		
Rendement	Rendement visé de 57 hL/ha Rendement butoir de 63 hL/ha		
Maturité des raisins	Richesse en sucre minimale de 189 g/L pour le Merlot et de 180 g/L pour les autres cépages		

III. Une propriété située au cœur du Médoc

A. Contexte géographique et historique du Château Duhart-Milon

1. L'Appellation d'Origine Contrôlée Pauillac

Pauillac est une commune se situant dans le Médoc, sur la rive gauche de l'estuaire de la Gironde, dans le département du même nom. Elle se trouve à 70 km au nord-ouest de Bordeaux. Cette appellation d'origine contrôlée communale (AOC) porte le nom de la ville, comme c'est le cas pour Margaux plus au sud de la région. L'AOC permet de garantir un ensemble de règles, et faire reconnaître une spécificité dans la manière de produire, ainsi que dans le produit fini. On se trouve dans une région historique de production viticole. L'AOC Pauillac a été reconnue le 14 novembre 1936 par l'Institut National de l'Origine et de la Qualité (INAO). Elle comprend les communes de Pauillac, et certaines parcelles situées sur les communes de Saint Estèphe, Saint-Julien-Beychevelle et Saint-Sauveur.

Cette appellation s'étend sur 1213 ha, soit 7,5% du vignoble médocain (Pauillac, 2017). On y retrouve 18 crus classés en 1855 dont 3 premiers grands crus, 3 crus bourgeois, 22 autres crus, ainsi qu'une cave coopérative. Le Château Duhart-Milon est un quatrième cru classé du Médoc (classement de 1855). Ce dernier appartient au groupe DBR, qui intègre aussi le Château Lafite Rothschild (AOC Pauillac), Château l'Évangile (AOC Pomerol), Château Rieussec (AOC Sauternes), Château Paradis Casseuil (AOC Entre-deux-mers), Domaine d'Aussières (AOC Corbières), Bodegas Caro (Argentine), Los Vascos (Chili) et Long Dai (Chine).

Les principales spécificités du cahier des charges sont résumés dans le tableau 1. Il s'agit d'une appellation réservée exclusivement à la production de vin rouge tranquille. Le vin blanc produit par le Château Duhart-Milon, à partir de Sémillon et de Sauvignon (blanc et gris) est commercialisé sous l'appellation Bordeaux blanc sec.

2. Caractéristiques pédoclimatiques de l'appellation Pauillac

a) Climat

L'ensemble du bordelais se situe dans un climat tempéré de type océanique. L'estuaire de la Gironde permet de déplacer les masses d'air, fournissant une certaine protection contre le gel et la sécheresse. La pluviométrie est répartie sur l'ensemble de l'année. Le climat et son évolution, rythme les travaux et le cycle de la vigne. On retrouve des hivers relativement doux et humides, avec des épisodes gélifs courant janvier, un printemps pluvieux et chaud, des étés chauds, ensoleillés et relativement secs. Des orages peuvent néanmoins avoir lieu sur la période estivale, pouvant alors causer des dégâts sur l'appareil végétatif si ces derniers sont venteux ou chargés en grêle. L'automne ne déroge pas à la règle, la période de vendange restant cependant relativement clémente, laissant ensuite place à un temps frais et humide. On observe des écarts de température diurne et nocturne favorisant la maturation des baies de raisin.

La pluviométrie, globalement bien répartie sur la saison, permet un apport constant en eau à la vigne sur la période de croissance. La température moyenne journalière à Pauillac est de 14°C, la précipitation moyenne annuelle de 857mm (Météo France, 2023). La période allant d'octobre à mars voit 59 % de la pluviométrie totale annuelle, permettant une bonne reconstitution des réserves hydriques de la zone. La moyenne annuelle d'ensoleillement est de 2000 heures. Le diagramme ombrothermique est réalisé figure 1.

b) Pédologie

La majorité des sols du Médoc est composée d'un ensemble gravelo-sableux d'alluvion du Quaternaire (Van Leeuwen et al., 2018) reposant sur un sous-sol calcaire. Ces graves ont été charriées par la Gironde. La propriété Lafite Rothschild Duhart-Milon (LRDM) se trouve sur d'anciennes terrasses fluviales qui appartiennent aux groupes T3 et T4, formant l'ensemble des terrasses fluviales bordelaises les plus qualitatives.

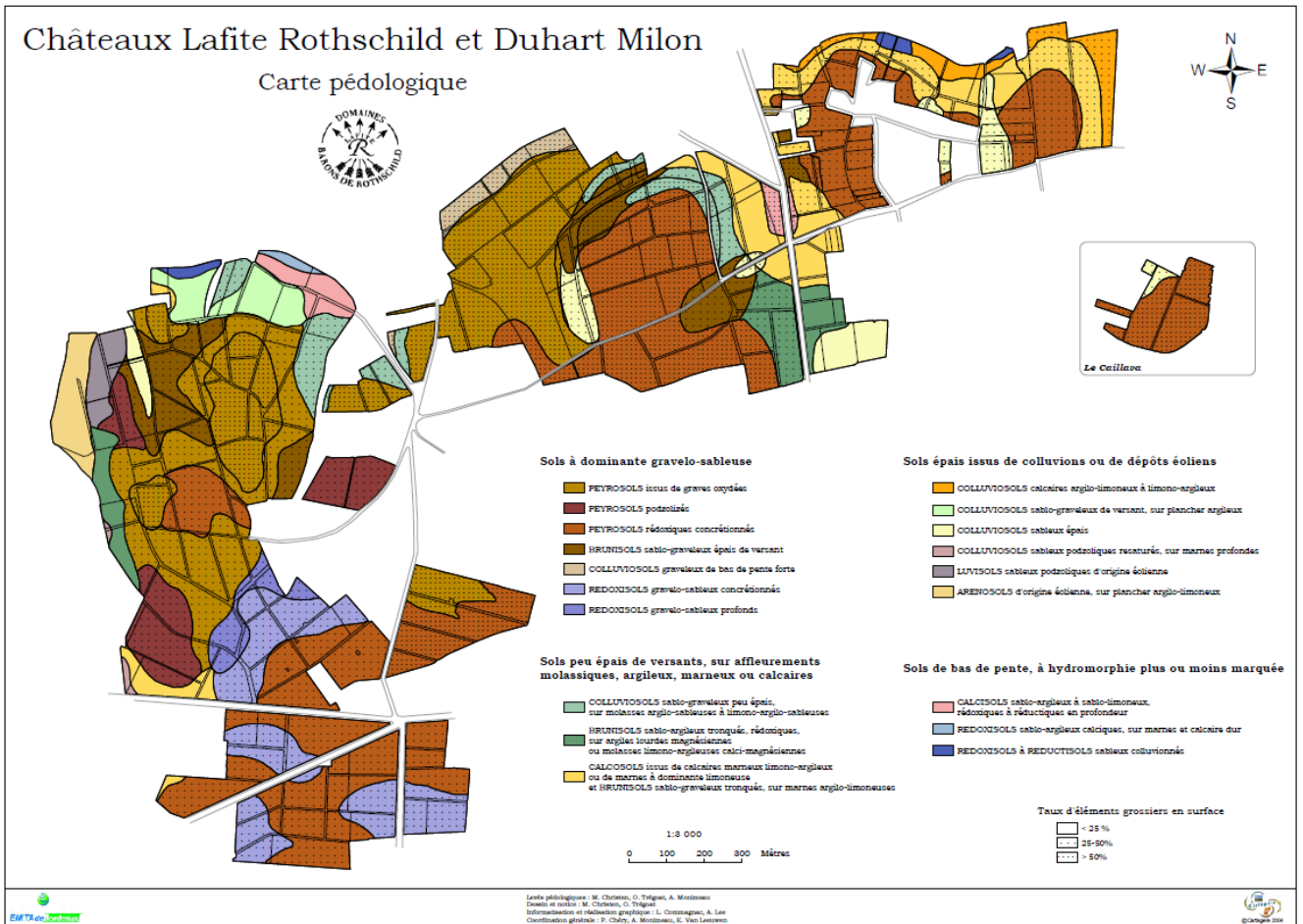


Figure 2 : carte pédologique des sols de la propriété LRDM (Olivier Trégoat, 1997).

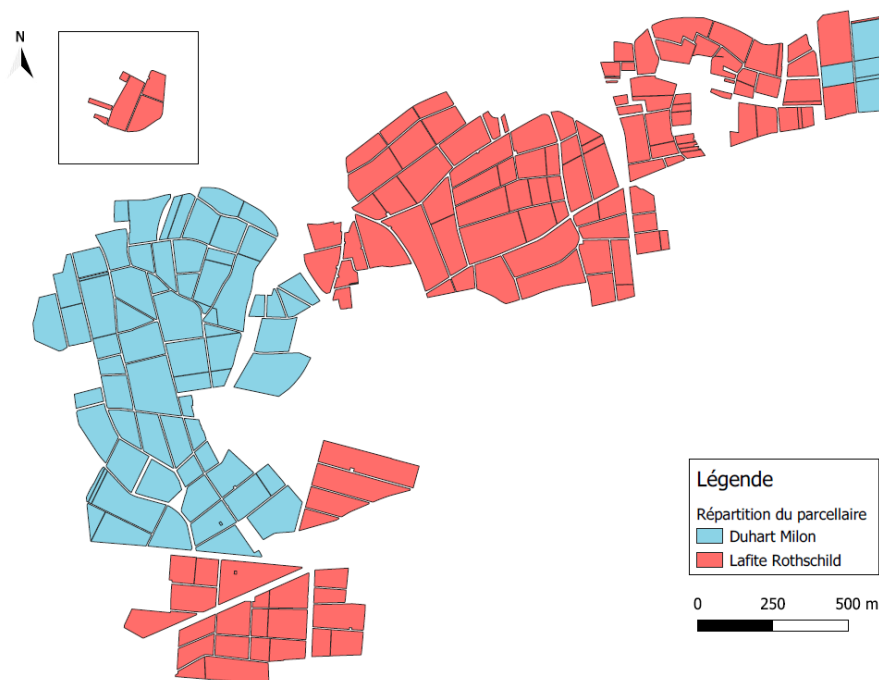


Figure 3 : Répartition du parcellaire LRDM entre les deux propriétés.

L'ensemble des sols a été cartographié à la fin des années 90 (Fig. 2), dans le cadre du travail d'Olivier Tréogat, actuel directeur technique des propriétés DBR (hors LRDM), et Maxime Christen, consultant pour la propriété.

Les sols, à dominante gravelo-sableuse permettent aux racines de s'implanter dans les horizons profonds pour y trouver l'alimentation en eau et minéraux nécessaires (Baize et Girard, 2009). Ces sols correspondent à certaines des conditions permettant l'obtention d'un terroir particulier. D'un point de vue topographique on retrouve deux structures planes : le plateau de Duhart-Milon, et celui de Lafite Rothschild. On se trouve sur deux ensembles peu vallonnés, formant des croupes, typiques de la région viticole médocaine. Les pourtours du domaine au nord, à l'est et à l'ouest présentent une topographie différente, avec des pentes pouvant atteindre 40°.

B. Historique de Duhart-Milon

Le Château Duhart-Milon existe sous cette dénomination uniquement depuis 1868, la propriété en elle-même étant plus ancienne. Initialement, les parcelles servaient à la production du second vin de Lafite, et ce depuis le XVIII^{ème} siècle. Le vin produit sert alors de rente à la seigneurie installée à Lafite, propriété appartenant au Marquis Nicolas-Alexandre de Ségur. On parle des vins de Milon. Sous la première République, les parcelles changent de propriétaire pour être intégrées au domaine de la mairie de Pauillac. Dans les années 1830, le domaine est partagé et profite à la famille Castéja, qui le rachète. Elle bénéficie dans le même temps de l'héritage de la veuve Duhart. C'est ainsi que le nom de Duhart-Milon apparaît en 1868. Quelques années avant, le classement de 1855 le consacre comme seul 4^{ème} crus classé de la commune de Pauillac.

La propriété est ensuite vendue en 1937 par la famille Castéja. Vont alors se succéder cinq propriétaires, conduisant au morcellement du vignoble et à son dépérissement. Le rachat par le groupe DBR intervient en 1962 : Duhart-Milon est alors constitué de 110 ha, dont seulement 17 portent de la vigne. De nombreux travaux sont alors engagés allant de la parcelle jusqu'au chai. Un important travail de remembrement et d'achat des parcelles contiguës est mené, afin d'arriver en 2001 à 71 ha plantés et en production (1).

Actuellement le Château Duhart-Milon s'étend sur 68 ha. La figure 3 représente le parcellaire de la propriété LRDM.

C. Le vignoble de Duhart-Milon

1. Gestion du vignoble

Le vignoble est conduit en espalier simple (type Guyot double). On retrouve majoritairement une taille médocaine, avec des essais au sein de la propriété sur de la taille Guyot Poussard pour aider au maintien de la vigne et limiter le phénomène de dépérissement. Au sein de la propriété la densité minimale de plantation est de 7500 pieds/ha, pour des rendements moyens de 40 hL/ha. La hauteur de palissage est de 1,3m et l'ensemble des travaux réalisés (exceptés traitements, rognage et écimage) sont manuels. La gestion du domaine se réalise en commun avec celui de Lafite Rothschild. La figure 4 permet de superposer les principaux stades phénologiques de la vigne ainsi que les opérations conduites dans le vignoble.

On peut séparer les opérations au vignoble en quatre grandes catégories :

- Les opérations d'entretien du vignoble, qui comprennent les opérations de renouvellement du matériel végétal, ainsi que l'entretien du matériel de palissage, à travers le sécaillage (ou carassonnage) notamment, qui consiste à remplacer les piquets et fils de fer abimés ou manquants.
- Les opérations d'entretien du sol qui comprennent les travaux classiques du rang, ainsi que ceux de l'inter-rang avec notamment la gestion des couverts.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Entretien du vignoble	Complantation			Plantation		Levée des fils
	Sécaillage					
Entretien du sol				Griffage des sols		
				Déchaussage		Chaussage
Maîtrise de la végétation	Taille			Relevage		
	Tirage et sortie des bois			Epamprage		
	Pliage et liage des astes			Ecimage/rognage		
	Ebourgeonnage					
	Acanage					
Traitements phytosanitaires				Mildiou/oïdium		
Principaux stades phénologiques				Débourrement		Floraison

	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entretien du vignoble	Apports d'eau aux complants/plantations					
					Sécaillage	
Entretien du sol	Griffage des sols				Amendements	
	Entretien des couverts	Déchaussage	Remise à plat	Chaussage		
Maîtrise de la végétation	Eclaircissage				Taille	
	Effeuilage				Tirage et sortie des bois	
	Ecimage/rognage				Pliage et liage des astes	
Traitements phytosanitaires	Mildiou/oïdium					
	Flavescence dorée	Botrytis stade C				
Principaux stades phénologiques	Véraison		Maturation			

Figure 4 : Opérations de conduite du vignoble et principaux stades phénologiques.

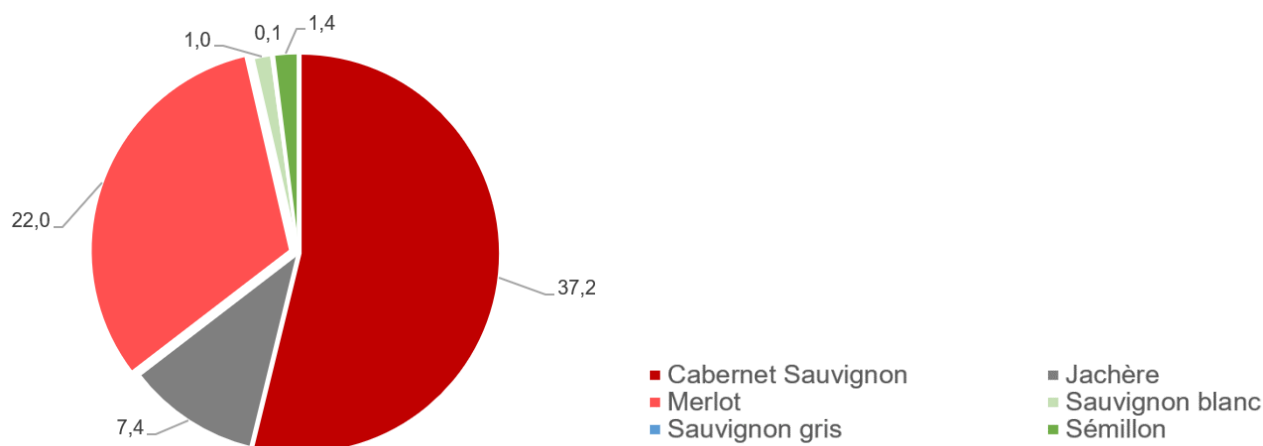


Figure 5 : encépagement et surfaces (en ha) correspondantes du château Duhart-Milon.

- Les opérations de maîtrise et de gestion de la végétation. Elles sont nombreuses sur le vignoble LRDM, et sur une surface importante. L'acanage est une pratique ancienne qui consiste à attacher le cep à un marquant. Réalisé historiquement avec un lien en osier, il est réalisé à l'aide d'un lien en tissu sur le vignoble de Duhart-Milon.
- Les traitements phytosanitaires qui sont majoritairement préventifs, le vignoble étant en conversion en agriculture biologique.

Les taches manuelles sont omniprésentes et conduisent à la présence d'un important pôle viticole. Les travaux sont organisés et gérés par le directeur vigne Louis Caillard, en lien avec les deux chefs de culture Jean Michel Rambaud et Matthieu Pilloton. Ils gèrent une équipe de plus de 90 employés, dont 20 tractoristes et 60 vigneron. Les vigneron (correspondant aux ouvriers viticoles) sont organisés en équipe. Ils travaillent sur le vignoble de Duhart-Milon, ou sur celui de Lafite : ils sont ainsi en charge d'un ensemble de parcelle qu'ils suivent tout au long de l'année. Les tractoristes travaillent par îlot de parcelles, et sont donc responsables de ces derniers, notamment pendant les traitements. La figure 7 correspond à l'organigramme du groupe LRDM, au sein duquel le château Duhart-Milon s'intègre.

Les principales problématiques du vignoble résident dans ses caractéristiques de plantation ainsi que son environnement climatique. Ce dernier est extrêmement propice aux maladies cryptogamiques de la vigne. Les caractéristiques climatiques du bordelais sont extrêmement favorables au développement du mildiou (*Plasmopara viticola*) et de l'oïdium (*Erysiphe necator*) pendant la période végétative, puis de la pourriture grise sur grappes en septembre (*Botrytis cinerea*). Par ailleurs, les caractéristiques de plantation compliquent les travaux réalisés avec les engins. On se trouve en présence d'un vignoble médocain typique, planté relativement étroit (inter-rang moyen d'un peu plus d'un mètre), nécessitant le recours à des enjambeurs pour l'ensemble des travaux mécanisés. L'introduction de nouvelles pratiques (à travers l'arrivée des enherbements, notamment) et l'absence d'outillage et d'innovation adaptés à ces caractéristiques de vignoble conduit à une casse matérielle et végétale accrue.

L'ensemble du vignoble est en conversion vers l'agriculture biologique depuis 2021, avec des essais autour de la biodynamie. L'objectif est de limiter l'impact environnemental de la propriété, à travers notamment une réduction des intrants phytosanitaires. L'introduction des enherbements s'intègre aussi dans cette démarche environnementale globale de la propriété.

2. Encépagement de la propriété

Concernant le matériel végétal, on retrouve les cépages suivants : Cabernet Sauvignon et Merlot, pour les cépages rouges, Sémillon, Sauvignon blanc et Sauvignon gris pour les cépages blancs (figure 5). Ce sont les cépages historiques du bordelais, avec une proportion plus importante de Cabernet Sauvignon typique de la rive gauche.

Le porte greffe majoritairement utilisé sur la propriété est le Riparia Gloire de Montpellier. Il confère une bonne résistance à l'humidité des sols, mais est sensible à la sécheresse (PI@ntGrap, 2009-2020). Il est précoce, mais peu vigoureux. Le cépage majoritaire est le Cabernet Sauvignon (54% des surfaces actuellement plantées). C'est un cépage au débournement et à la maturité tardifs. Les cépages de la propriété sont adaptés aux sols du domaine, les parcelles de Merlot se situant plutôt sur les bords du plateau plus argileux et humides, au nord de la propriété. L'assemblage Cabernet Sauvignon x Riparia Gloire de Montpellier permettait, historiquement, un réveil végétatif précoce avec une vigueur intermédiaire du cépage, atténué par un porte greffe plus faible. La figure 6 permet de visualiser l'encépagement à l'échelle de la propriété, le tableau 2 détaillant l'encépagement et les surfaces associées.

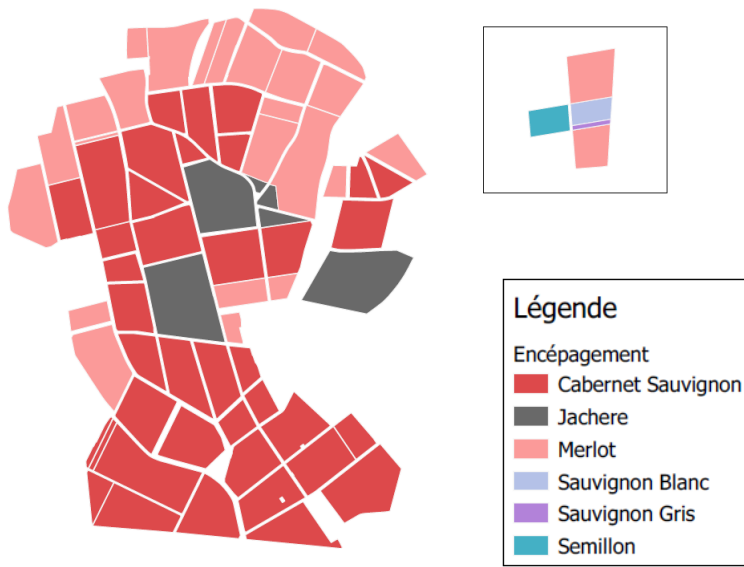


Figure 6 : encépagement et parcellaire du château Duhart-Milon.

Figure 7 : Données supprimées : Non conforme RGPD

Figure 7 : organigramme du groupe LRDM.

Tableau 2 : détail des cépages et superficies correspondantes.

Cépage	Surface (ha)	Surface (en pourcentage)
Cabernet Sauvignon	37,24	53,7
Jachère	7,45	10,8
Merlot	22,01	31,8
Sauvignon blanc	1,02	1,5
Sauvignon gris	0,12	0,2
Sémillon	1,36	2

IV. Etude des moyens de production du château Duhart-Milon

A. Le site de vinification et d'élevage

Le chai du château Duhart-Milon n'est pas attenant aux parcelles de la propriété. Celui-ci se trouve dans la ville de Pauillac, et nécessite donc le transport de la vendange. Ce dernier a subi d'importants travaux qui ont abouti à l'inauguration d'un nouvel ensemble de vinifications en 2020. Attenant à cette structure de production, un nouvel espace touristique devrait voir le jour d'ici un à deux ans. L'objectif est de pouvoir accueillir le public, et lui faire découvrir le château Duhart-Milon ainsi que le groupe DBR.

Le site de vinification est composé d'un espace de 1650 m², permettant la vinification de l'ensemble des volumes du château Duhart-Milon (zones 1,2,3,4 sur la figure 8). La zone d'élevage mesure 1600 m². La réception de vendange est une structure temporaire, montée dans la cour de la propriété, et mesurant 300 m². On retrouve la présence d'un bâtiment isolé, pouvant être réfrigéré d'une superficie de 285 m². La figure 8 est une vue aérienne légendée des bâtiments. La figure 9 est un plan du cuvier, le tableau 3 présentant les volumes des cuves et les matériaux. Le cuvier blanc a été complété entre la figure 9 et le tableau 3. L'ensemble des cuves est thermorégulé, chaque cuve pouvant être pilotée indépendamment.

Tableau 3 : récapitulatif de la cuverie utilisée.

Cuvier	Matériaux	Volume cuve (en hL)	Nombre de cuve	Volume du cuvier (en hL)
Inox 1	Inox (poli miroir)	150	16	2400
Béton	Béton revêtu époxy	172	8	1376
Béton	Béton revêtu époxy	130	5	650
Souterrain (sous-sol cuvier béton)	Béton revêtu époxy	93	13	1209
Inox 3	Inox (poli miroir)	100	21	2100
Inox 3	Inox (poli miroir)	50	4	200
Blanc	Inox (poli miroir)	26	14	364

La zone d'élevage est attenante à la zone de vinification. Le bâtiment est thermorégulé à 15°C, avec une hygrométrie régulée de 70 à 80%. Ces valeurs sont des conditions nécessaires à l'élevage du vin en barrique, évitant ainsi une consommation trop importante par les barriques. D'autre part, le recours à un système anthropique permet une certaine stabilité pour les paramètres ambiants. L'ensemble des millésimes est élevé dans le même bâtiment. Les cuves des cuvier inox 1 et 3 sont des cuves tronconiques. La figure 11 permet de visualiser le chai inox 1.

B. Gestion du matériel technique et du personnel

On retrouve au chai de Duhart Milon cinq employés permanents et un maître de chai, Alexandre Canciani. Le domaine a recours aux intérimaires pendant certaines périodes clés, notamment les vendanges et les décuvages.

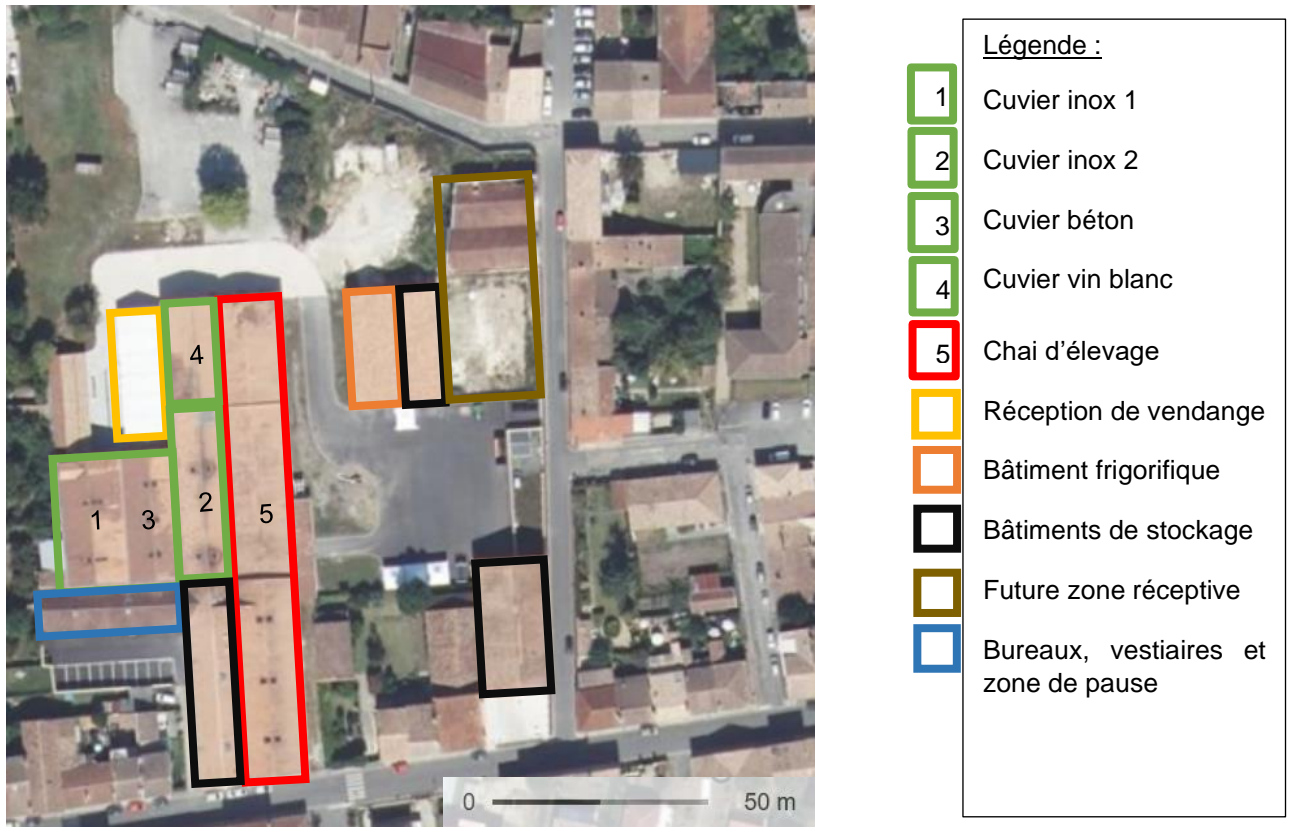


Figure 8 : organisation des bâtiments au sein du chai de Duhart-Milon. Photographie aérienne, 2021, Géoportail.

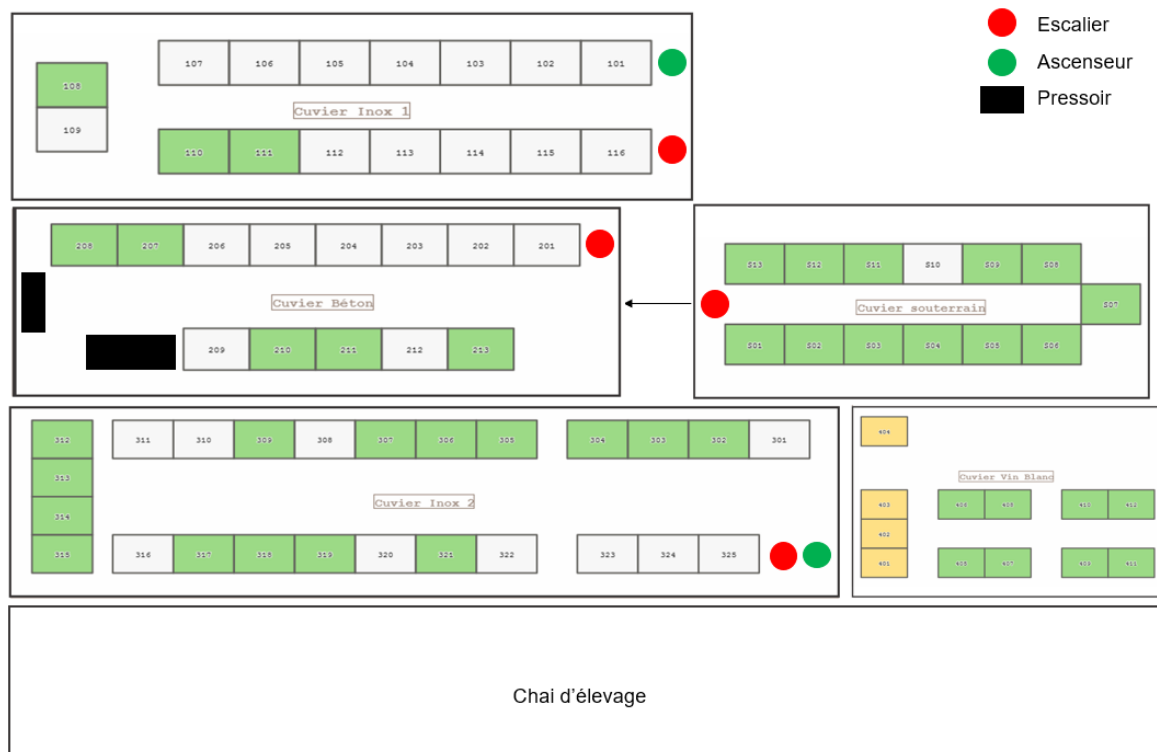


Figure 9 : plan du cuvier.

C'est une à deux personnes supplémentaires qui peuvent être amenées à intervenir. Au-dessus, on retrouve Olivier Bonneau directeur vin LRDM, en charge du suivi de Lafite Rothschild et de Duhart-Milon.

Les salariés sont embauchés sur une base de 36,25 h/semaine, soit 7,25h par jour. Pendant les vendanges, les horaires sont variables. L'ensemble de l'équipe participe à toute les opérations.

La totalité du matériel de travail est possédé en propre par le château Duhart-Milon. Seules les opérations d'embouteillage et d'habillage des bouteilles sont sous-traitées. On retrouve donc sur le domaine l'ensemble du matériel nécessaire au transfert du vin, mais aussi à la filtration et au pressurage, ainsi qu'à la réception de la vendange. La figure 10 permet notamment de visualiser le processus de nettoyage des barriques.

Les pompes utilisées sont des pompes péristaltiques de la marque *Corrado Wine Machinery*. Ce système permet un pompage des fluides sans cisaillements, de manière qualitative. Elles sont utilisées pour l'ensemble des opérations. Les tuyaux utilisés sur la propriété sont de diamètre 50mm, aptes au contact alimentaire et au transfert de matrice vineuse. On retrouve uniquement deux vinaires inox utilisés pendant les pressurages : ces derniers permettent de relier les pressoirs au chai à barrique, autorisant ainsi l'entonnage des presses sans avoir un encombrement de l'espace de travail.

Un outil spécifique, servant uniquement en vendange, est présent dans le chai depuis 2019 : le R'Pulse. Il s'agit d'un appareil permettant l'éclatement dans sa totalité du chapeau de marc. C'est une opération rapide, et extrêmement facile à mettre en place pour l'opérateur. La figure 12 présente le système. On choisit d'injecter dans le moût en fermentation soit le dioxyde de carbone de l'espace de tête, soit de l'air ambiant : sous l'effet de la pression exercée par le gaz injecté sous le chapeau, celui-ci va se fragmenter, favorisant l'homogénéisation de ce dernier.

Le domaine possède l'ensemble du matériel pour travailler avec un grand nombre de barrique : station de nettoyage vapeur de 2x4 postes, rinçoir, canne de soutirage sous pression (utilisation de diazote), canne de soutirage réglable à double paroi, pistolet d'entonnage avec mireur, cuvons mobiles de 200L en inox et pistolet permettant d'ouiller, bonde...

Pour les ateliers de pressurages, deux pressoirs pneumatiques à membrane sont possédés. Ces derniers, de la marque *Defranceschi*, d'un volume de 22hL pour le premier et de 40hL pour le second, permettant de travailler sous azote. Ils évitent ainsi l'oxydation des moûts et limitent l'exposition à de trop grande quantité d'oxygène pour les vins de presse. Le diazote gazeux utilisé est produit par une station, installée à l'extérieur du chai. Deux cuves permettent le stockage du diazote, un système de canalisation permettant ensuite un branchement au système à différents endroits dans le chai. Le système est notamment utilisé pour le maintien des cuves de vin fini sous azote, évitant donc les phénomènes d'oxydation au niveau de l'espace de tête de la cuve, mais aussi de potentiel développement bactérien non désiré. Ainsi l'espace de tête se retrouve sous pression (autour de 35 mbar), avec un excès de diazote.

Un filtre tangentiel à membrane céramique de porosité 1,2 µm de la marque *Della Toffola* est possédé. Ce dernier est utilisé avant mise en bouteille, pour préparer le vin et éviter le colmatage des membranes à la mise mais aussi lors des contaminations de certains lots par *Brettanomyces bruxellensis*. Dans le second cas, l'action a pour but de nettoyer la matrice, en écartant les levures. En effet ces dernières sont responsables de la production d'éthyl-phénol et d'éthyl-gaïacol notamment, conduisant à des senteurs de cuirs, de sueur équine, d'écurie, voir même de gouache pour les plus fortes concentrations (Chatonnet et al., 1992b; Chatonnet et al., 1995; Suárez et al., 2007). L'objectif de la filtration est ici de purifier le milieu, afin d'éviter un développement levurien trop important risquant de conduire à une accumulation de phénol volatil qui nécessiterait alors le recours à une osmose du lot. *Brettanomyces bruxellensis* a une taille allant de 2 à 7 µm (Kurtzman et al., 2011), la porosité utilisée permettant donc une filtration efficace du milieu.

Enfin, le domaine possède un osmoseur afin de pouvoir embouteiller un vin dont la teneur en phénol volatil est la plus faible possible, et se situant sous le seuil de perception (valeur visée inférieure à 400 µg/L).



Figure 10 : photographies d'illustration.

À gauche : à droite de la photographie, une barrique à l'envers finissant de s'égoutter des lies. À gauche, barrique et entonnoir servant à récupérer les lies égouttées. Au fond à droite, barrique installée sur une station de rinçage.

Au milieu : photographie d'une partie de la station de nettoyage et de désinfection à la vapeur.

À droite : pistolet servant au ouillage des barriques pendant l'élevage.



Figure 11 : photographie du chai inox 1. Tiré du site internet David Leclerc Architecture, projet Duhart-Milon.



Figure 12 : dispositif R'pulse. Tiré du site internet <https://www.monrpulse.fr/>.

Son utilisation est limitée, et intervient uniquement avant la mise sur des lots filtrés le nécessitant. Dans le futur, son utilisation doit disparaître si le domaine souhaite faire certifier sa production en agriculture biologique.

C. Les vins du Château Duhart-Milon

1. Production et volumes de la propriété

Trois vins sont produits sur la propriété. Le grand vin, *Château Duhart-Milon*, correspond au 1^{er} vin, provenant des lots les plus qualitatifs, assemblés et élevés de 12 à 14 mois en barrique (50% neuves). Le second vin, *Le Moulin de Duhart*, est lui aussi élevé en barrique sur la même période de temps avec une proportion de barriques neuves beaucoup plus faibles. Il permet de valoriser certains lots intermédiaires, ne correspondant pas aux exigences du grand vin. Le troisième vin produit est le *Blanc de Duhart*. Il correspond à un vin blanc, vendu comme Bordeaux blanc sec. La production reste encore confidentielle (autour de 500 bouteilles), cette dernière devant réellement s'amorcer dans 2 ans avec l'entrée en production d'un hectare de Sauvignon blanc, et un de Sémillon. La production actuelle est le fruit d'un surgreffage sur certaines parcelles effectué il y a 3 ans. Ce dernier est élevé 8 mois en barrique, avec 60% de barrique neuve, et 40% de barrique d'un vin. La chauffe des barriques est moyenne, et identique à celle utilisée sur le domaine de Rieussec. Enfin certains lots de vin rouge peuvent aussi être vendus au négoce si ils ne satisfont à aucune des attentes du domaine.

En moyenne, 65% des volumes vinifiés servent au grand vin, 25% au Moulin, les 10% restants servant au négoce/vrac. De cette manière, ce sont 1200 hL de grand vin produits qui sont visés, et 500 hL pour le Moulin. Ces volumes moyens sont ceux nécessaires pour assurer une certaine viabilité économique. On souligne que le vin blanc n'est pas pris en compte.

En 2020, ce sont 1166 hL de grand vin et 467 de second vin qui ont été embouteillés. Le tableau 4 résume les volumes par contenant pour ce même millésime.

Les deux vins rouges du domaine sont le fruit d'un assemblage entre deux cépages, vinifiés par lots. Le Cabernet Sauvignon est un cépage présentant une belle structure tannique, et une richesse naturelle en anthocyane conduisant à des vins aux couleurs soutenus (PI@ntGrap, 2009-2020). Ce dernier est apte au vieillissement ainsi qu'à une prise de bois. Le manque de gras et de rondeur du cépage est ainsi compensé pour partie par l'élevage mais aussi à travers l'assemblage avec le Merlot. Le Merlot amène un certains corps et une structure, avec des tanins plus souples que ceux du Cabernet Sauvignon. De la même manière, on retrouve une couleur soutenue sur vin fini.

Pour le vin blanc on retrouve l'association classique du bordelais, un assemblage Sauvignon et Sémillon. Le Sémillon participe à l'apport de gras, permettant d'amener une certaine rondeur en bouche avec le Sauvignon (PI@ntGrap, 2009-2020). On retrouve des cépages encore une fois adaptés à l'élevage en barrique et au vieillissement.

Les différents types de barrique utilisés sont synthétisés dans les tableaux 8 et 9. La justification des barriques utilisées sera abordée dans la partie élevage.

Tableau 4 : volumes et contenants correspondants embouteillés pour le millésime 2020 du château Duhart-Milon.

	Demi bouteille (37,5 cL)	Bouteille (75 cL)	Magnum (150 cL)	Double magnum (300 cL)	Impériale (600 cL)
DM	1200	148 000	2968	125	50
MDM	0	61 000	650	0	0



Figure 13 : étiquettes des vins rouge du château Duhart-Milon

Tableau 5 : suivi de la maturité d'une parcelle de Cabernet Sauvignon (Laboyes Est).

Date	TAVP (%Vol.)	AT (g _{H2SO4} /L)	AM (g/L)	pH	200 baies (g)	Azote ass. (mg/L)	K (mg/L)
12/09/2022	12	4,35	2,1	3,5	237	197	2081
15/09/2022	12,46	4,1	2,3	3,51	256	148	1796
19/09/2022	12,63	3,65	2	3,48	239	157	1648

Tableau 6 : analyses Glories d'une parcelle de Cabernet Sauvignon (Laboyes Est).

Date	Marc / Jus	ApH1	ApH3,2	PAE (%)	MP (%)
12/09/2022	241	2112	1200	57	34
19/09/2022	261	2013	1136	56	34

Tableau 7 : suivi de la maturité d'une parcelle de Merlot (Couradet).

Date	TAVP (%Vol.)	AT (g _{H2SO4} /L)	AM (g/L)	pH	200 baies (g)	Azote ass. (mg/L)	K (mg/L)
22/08/2022	11,4	4,5	2,6	3,4	360	158	1851
25/08/2022	11,8	4,3	2,0	3,4	362	128	1818
29/08/2022	12,3	4,3	1,9	3,5	383	122	1944
01/09/2022	12,2	4,1	1,8	3,4	409	121	2072
05/09/2022	12,6	3,7	1,5	3,4	375	106	1836
08/09/2022	12,9	3,6	1,7	3,5	405	107	2080
12/09/2022	13,03	3,5	1,4	3,57	374	129	1998

Tableau 8 : analyses Glories d'une parcelle de Merlot (Couradet).

Date	Marc / Jus	ApH1	ApH3,2	PAE (%)	MP (%)
22/08/2022	183	1419	705	50	56
29/08/2022	135	1529	917	60	47
05/09/2022	165	1488	930	63	43
12/09/2022	175	1728	959	55	44

2. Commercialisation des vins de la propriété

L'ensemble de la production de vin rouge est vendue en primeurs, système particulier et typique de Bordeaux. Il consiste à vendre la production du millésime n , au printemps $n+1$, alors que l'élevage n'est pas encore terminé. L'achat sera disponible une fois l'élevage, la mise en bouteille et l'habillage réalisés. C'est une pratique ancienne, remontant au XVIII^{ème} siècle, qui conduit à fixer les termes de la vente (prix, quantité et date de livraison) au moment de l'achat, la livraison intervenant 18 mois après la récolte (Hadj Ali H. et Nauges C., 2003). Ce sont les courtiers qui interviennent et servent d'intermédiaires aux transactions, les négociants achetant et mettant en marché par la suite. Chaque année, durant le mois d'avril et pendant une semaine, l'ensemble des professionnels de la filière intervenant dans le monde entier vient déguster le dernier millésime.

Globalement on retrouve le grand vin *Château Duhart-Milon* à un prix allant de 60 à 70 euros TTC la bouteille (prix public), et le *Moulin de Duhart* autour de 30 euros TTC la bouteille. Le positionnement reste relativement haut de gamme, au sein d'une appellation au prix de vente moyen élevé (supérieur à 50 euros la bouteille). On souligne toutefois les importantes variations de prix pour une bouteille de 0,75 cL, entre les plus petits domaines comme la cave coopérative *La Rose Pauillac*, autour de 20 euros la bouteille, allant jusqu'à plus de 600 euros la bouteille pour le Château Lafite Rothschild ou encore Château Latour.

La majorité des volumes produits par le Château Duhart-Milon est exporté, le marché français représentant à peine 10% des ventes. Globalement le groupe LRDM présente une forte dépendance au marché asiatique, et cherche actuellement à recentrer une partie de ses ventes sur les marchés européens et américains.

Concernant le vin blanc, la commercialisation débutera lorsque des volumes plus importants seront vinifiés. Le marché visé correspond à celui des cafés, hôtels, restaurants, en essayant de limiter la spéculation sur la production. L'objectif est de diversifier la gamme des produits proposés au sein du château, et occuper des nouvelles niches. Historiquement, le Médoc était une zone de production de vin blanc avant les années 80. Les zones où sont installées les parcelles de production de vin blanc correspondent à des zones plus argileuses, sur lesquelles la production de vin rouge correspondant aux attentes du domaine restait complexe. Ce vin blanc a aussi pour but de continuer à affirmer le nom du Château Duhart Milon, en favorisant son affranchissement de Lafite Rothschild. L'habillage des bouteilles reste relativement classique, correspondant à l'image des étiquettes bordelaises. Les étiquettes des vins rouges sont visibles sur la figure 13.

V. Vendange et vinification du vin rouge au sein du château Duhart-Milon

A. Suivi des maturité et caractéristiques du millésime

1. Suivi des maturités et choix du moment de récolte

Le suivi des maturités est réalisé par le service Recherche et développement du groupe LRDM, sur un ensemble de parcelles représentatif de chacune des propriétés, et identique d'une année sur l'autre. Ils portent sur l'ensemble des cépages que l'on peut retrouver sur les deux propriétés. L'objectif est de piloter au mieux d'un point de vue analytique les vendanges. En parallèle, des dégustations de baies sont aussi organisées, deux fois par semaine, et permettent de confronter les analyses à l'approche gustative.

Les contrôles maturité sont réalisés deux fois par semaine. En plus des paramètres analytiques suivis en routine, le domaine réalise une fois par semaine des analyses Glories (uniquement sur cépages rouges), ayant pour but d'évaluer la maturité phénolique. L'objectif est d'estimer la quantité de polyphénols, notamment le potentiel total en anthocyanes. Les analyses de routine sont réalisées au moment de l'analyse Glories. L'ensemble des analyses est confié au laboratoire œnologique de Pauillac, *OenoConseil*. Les différents paramètres suivis ainsi que le nombre de baies nécessaires sont résumés dans le tableau 9. Les tableaux 5, 6, 7, et 8 indiquent les valeurs de certains contrôles réalisés.



Figure 14 : photographies d'une remorque de transport des caisses, et de la pesée d'une palette.

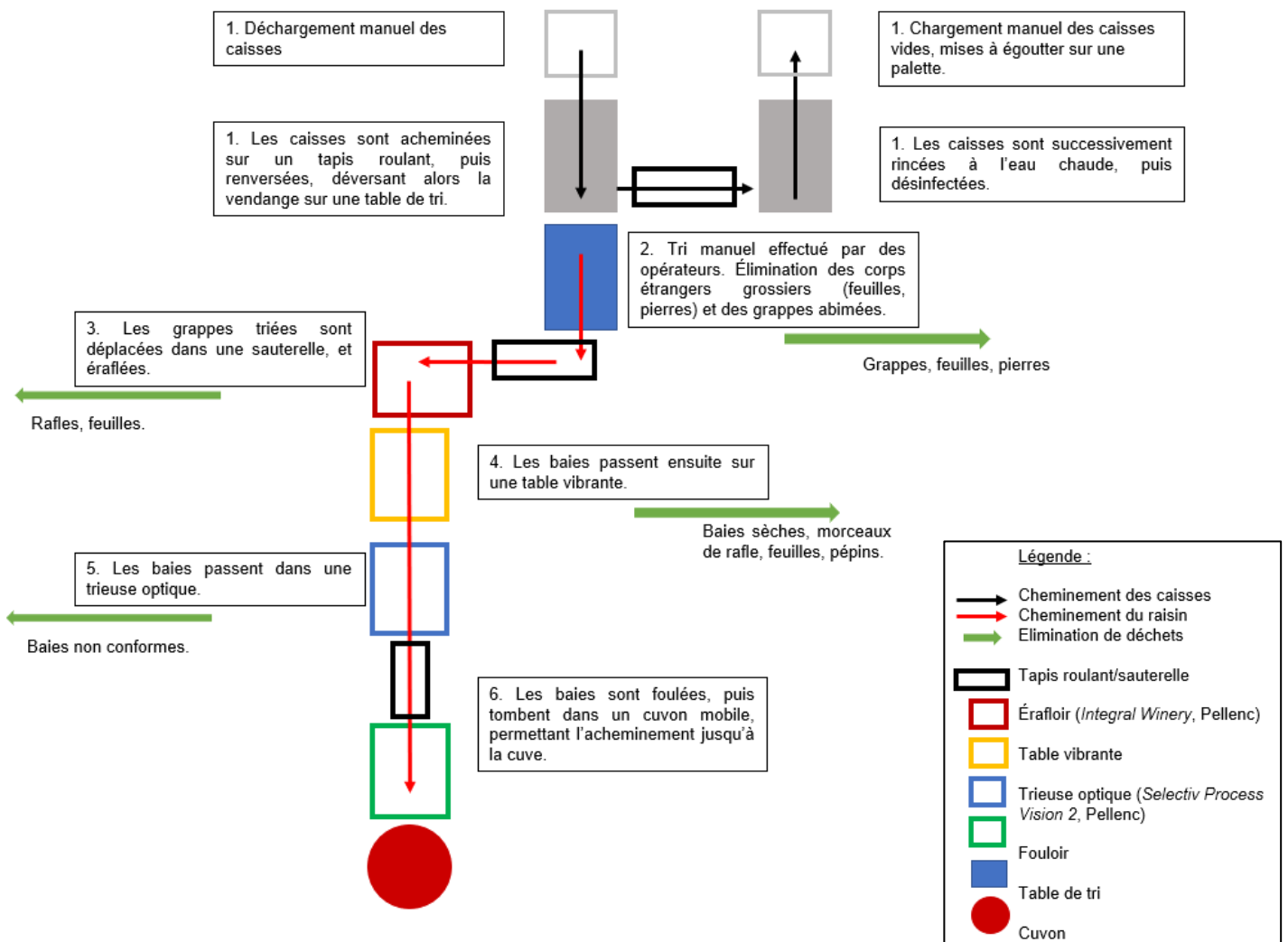


Figure 15 : schéma synthétique d'une chaîne de réception de vendange au château Duhart-Milon.

L'objectif est d'atteindre le meilleur compromis entre :

- La maturité technologique recherchée, qui correspond à l'équilibre sucres/acidité des moûts.
- Une maturité phénolique intéressante, correspondante aux attentes de la propriété. Cette maturité calculée est mise en parallèle des dégustations.
- Une extractibilité suffisante, l'objectif étant l'extraction des anthocyanes des pellicules pendant la phase de macération.
- Une maturité des pépins la plus avancée possible, afin de limiter le risque d'extraction de tanins astringents.

Tableau 9 : type d'analyse réalisé et paramètres analytiques suivis

Type d'analyse et nombre de baies nécessaire	Paramètre suivi et unité
Routine (200 baies)	Taux alcoométrique volumique potentiel
	Acidité totale (g _{H₂SO₄} /L)
	Acide malique (g/L)
	pH
	Masse de 200 baies (g)
	Azote assimilable (mg/L)
	Concentration en ion potassium (mg/L)
Glories (450 baies dont 50 pour le rapport mars/jus).	Rapport marc/jus (marc/jus)
	Potentiel total en anthocyanes (mg/L) à pH = 1 (A_{pH 1})
	Potentiel total en anthocyanes extractibles au pH du vin (mg/L) à pH = 3,2 (A_{pH 3,2})
	Extractibilité des anthocyanes (%) (PAE)
	Maturité des pépins (%) (MP)

2. Le millésime 2022, un millésime chaud et sec

Après un épisode de gelée ayant touché l'ensemble du vignoble français fin mars 2022, le millésime s'est caractérisé par un déficit hydrique important, couplé à des températures plus élevées que la moyenne. Des dégâts d'échaudage, et de flétrissement ont pu être constatés sur l'ensemble de la propriété, conduisant à la réalisation d'une première vendange dans certains secteurs très touchés, notamment les jeunes parcelles. L'objectif était de vendanger les grappes en train de flétrir, afin de préserver le reste de la vendange encore sur pied et protéger la plante. Ce lot récolté a ensuite été vinifié à part. D'un point de vue sanitaire, le millésime 2022 a été très peu problématique : les conditions climatiques ont été peu propices aux maladies cryptogamiques, les traitements phytosanitaires ayant permis une protection pendant les phases plus critiques (notamment autour de la fleur). Le mildiou est apparu de manière tardive sur le vignoble, et de manière quasi anecdotique comparé à un millésime bordelais classique. Pas d'oïdium, ni de pourriture grise sur grappe détectés pendant la campagne 2022.

Les vendanges pour les Sauvignon et Sémillon ont eu lieu la semaine du 22 août. Les vendanges sur Merlot se sont étalées du 5 au 14 septembre, et sur Cabernet Sauvignon du 14 au 27 septembre.

B. Préparation de la cave

La préparation de la cave permet un gain de temps et d'efficacité pendant les vendanges. Cet ensemble d'action a pour but de préparer le site à la réception du raisin, cette période de préparation se déroulant traditionnellement fin août. On peut séparer les opérations en deux grands ensembles : la mise en place de la structure de réception, qui se situe à l'extérieur du chai, et la préparation du chai.

L'installation de la structure de réception débute fin juillet, et conduit à la mise en place d'un chapiteau (type barnum) de 300 m² (figure 8), sous lequel vont être installées les deux chaînes de réception de vendange.

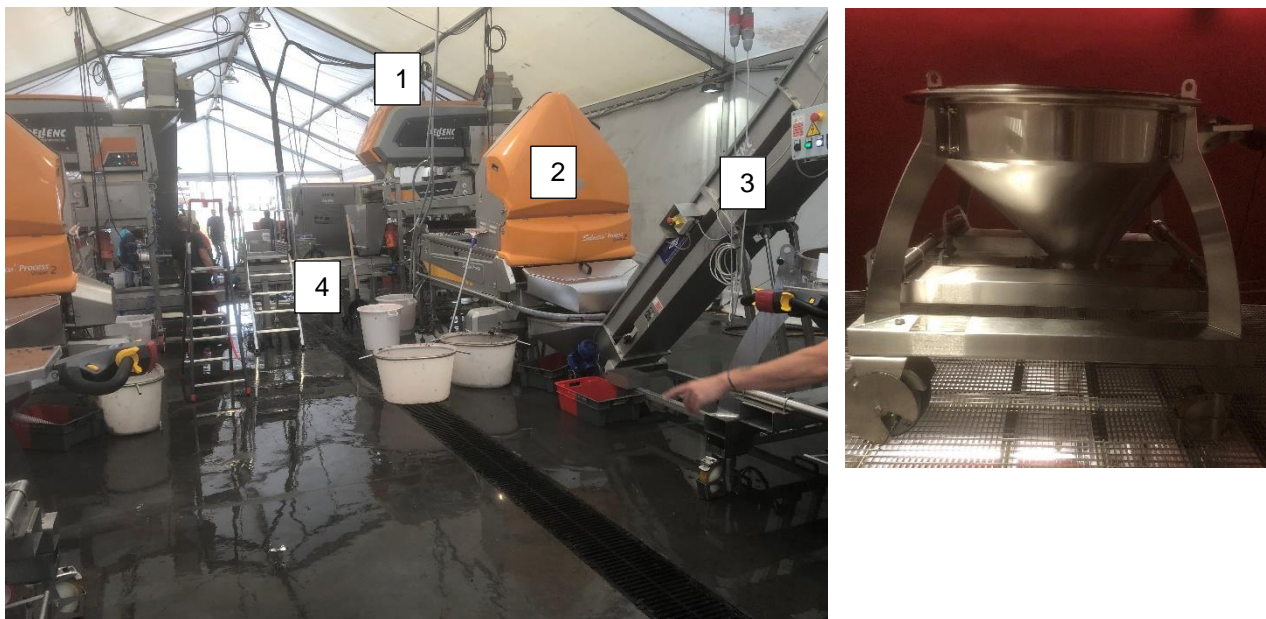


Figure 16 : photographies de la réception de vendange, et d'un cuvon servant aux transports des baies foulées.

1. Érafloir *Integral Winery*, de la marque Pellenc.
2. Trieuse optique, *Selectiv Process Vision 2*, Pellenc.
3. Sauterelle, au bout de laquelle on retrouve le fouloir.
4. Tapis roulant servant à l'évacuation des rafles.



Figure 17 : photographies de la chaîne de réception en fonctionnement et de l'encuvage au cuvier béton.

L'ensemble est installé, permettant dans le même de libérer de l'espace, notamment au sein d'un des bâtiments (réfrigéré en période de vendange), où sont stockés une partie des machines le reste de l'année. L'ensemble des machines est testé, mais aussi rincé et désinfecté avant l'utilisation.

La préparation du chai a pour but de préparer les cuves, l'ensemble du petit matériel, tout en prévoyant une partie des achats de produits œnologiques. C'est à cette occasion que les grilles, ainsi que les asperseurs sont installés à l'intérieur des cuves. Les cuves sont dérougées au besoin, à l'aide du mélange Oxynet (produit détaillé dans la suite du mémoire). Les bouteilles de gaz d'inertage (neige carbonique, mélange diazote et dioxyde de carbone) sont aussi livrées. Les bassines servant aux remontages, les tuyaux et les pompes sont aussi rincés, nettoyés et désinfectés afin de pouvoir être utilisés.

C. Organisation du chantier de récolte

La récolte est réalisée à la cagette au château Duhart-Milon. Aucune disposition particulière concernant la réalisation des vendanges n'est indiquée dans le cahier de l'appellation de l'AOC Pauillac. C'est un choix du château qui s'explique par plusieurs raisons. Cette récolte manuelle en petit contenant permet de conserver l'intégrité de la baie, en évitant une mise au contact du jus avec l'air. Cette méthode permet aussi aux vendangeurs de fonctionner en journée continue, la vendange pouvant être régulièrement amenée au chai, et stockée en chambre froide à 8°C. Les caisses utilisées sont non ajourées, et peuvent contenir jusqu'à 15 kg de raisin frais. Dans les faits, les caisses sont chargées autour de 11 kg, afin de limiter le tassement des grappes (et donc limiter l'éclatement des baies) mais aussi aider aux chargements et déchargements par les opérateurs. L'ensemble de la propriété est mobilisé pendant les vendanges, le groupe LRDM faisant appel à un peu plus de 350 vendangeurs (250 pour le vignoble de Lafite et 100 pour Duhart Milon) externes pour intervenir en complément des équipes sur les 160 ha en production des deux propriétés.

Chaque vendangeur possède un petit chariot lui permettant de circuler dans l'inter-rang, chargé d'une ou deux cagettes. Ce dernier doit donc couper et trier au fur et à mesure de sa progression au sein du rang. Lorsque sa caisse est pleine, il retourne à l'extrémité du rang pour changer de caisse. Cette dernière est alors chargée sur une palette se trouvant sur une remorque. La figure 14 permet de visualiser une remorque abaissée, facilitant le chargement et le déchargement. Une fois celle-ci chargée, un chauffeur amène la récolte jusqu'au chai. Avant de quitter la parcelle ce dernier remplit un bon, permettant lors d'un potentiel contrôle douanier de justifier l'origine du chargement, ainsi que sa destination. Ce bon est ensuite enregistré à l'arrivée au chai, chaque palette étant pesée et étiquetée.

D. Réception de la vendange, et encuvage

Les palettes (visibles sur la figure 14) sont déchargées et pesées. La masse de raisin est obtenue en retirant à la pesée la masse de la palette et des caisses vides connue. Le raisin est ensuite stocké tel quel, en chambre froide, à 8°C, jusqu'au lendemain. Plusieurs avantages à cet itinéraire : il permet de faire fonctionner la réception de vendange en continue, sans devoir attendre les remorques de raisin. On limite aussi l'amplitude horaire, les opérations et les volumes à encuver étant fixés la veille pour le lendemain. Le stockage à froid permet de refroidir les grappes coupées dans l'après-midi, et favorise ainsi la conservation du chargement.

Le raisin est ainsi déchargé puis stocké dans le bâtiment frigorifique, visible sur la figure 8. Les palettes sont ensuite acheminées par chariot élévateur jusqu'à la chaîne de réception de vendange. Cette structure temporaire, se situe à l'extérieur du chai. Il est ainsi plus aisé de conserver un chai propre, nettoyer les machines et évacuer les eaux de rinçage, tout en évitant les salissures liées à l'évacuation des déchets. Deux chaînes de réception fonctionnent en parallèle, permettant suivant les lots un encuvage commun, ou distinct. La figure 15 schématise une des deux chaînes de réception, les figures 16 et 17 permettant de visualiser certains appareils utilisés.

Les cagettes de raisin sont déposées manuellement sur un convoyeur à bande, puis emmenées jusqu'à un retourneur de caisse (figure 17).



Figure 18 : photographies d'un remontage aéré. À gauche, le système mis en place, à droite le haut d'une cuve et l'aspersion réalisée.

Afin de limiter les risques de troubles musculosquelettiques, les palettes se trouvent sur un lève palette, machine permettant de lever l'ensemble à hauteur afin de limiter la prise de charge proche du sol. Un retourneur permet de renverser l'ensemble de la récolte sur une table de tri (étape 2, figure 15). Le raisin est alors une nouvelle fois trié manuellement, les corps étrangers, déchets végétaux ainsi que les portions de grappe abîmées étant éliminés.

Les grappes sont ensuite éraflées. Cette étape, réalisée grâce à la *Integral Winery*, commercialisée par Pellenc, permet d'éviter les arômes herbacés, l'astringence et l'amertume pouvant être apportées par les rafles (Roujou de Boubée, 1999). Les baies passent ensuite sur une table vibrante (étape 4, figure 15), qui permet une séparation mécanique des baies desséchées, des restes de rafles ou de feuilles encore présents, du reste de la vendange. Elle permet dans le même une répartition homogène des baies sur la table, nécessaire pour l'étape suivante (figure 17). Les baies desséchées peuvent être liées aux conditions climatiques, ou encore au mildiou : on évite ainsi le potentiel risque de déviation organoleptique lié à la maladie (Pons et al., 2017).

Le dernier tri intervient grâce à une trieuse optique, la *Selectiv Process Vision 2*, de Pellenc (étape 5, figure 15) : les baies passent alors devant un capteur optique qui détectent les corps étrangers non désirés (insectes, rafles, baies sèches) ainsi que les baies non mures. Un jet d'air permet alors d'écartier les éléments non désirés. Les baies ainsi sélectionnées sont alors récupérées sur un convoyeur à bande, qui les conduit au fouloir avant leur chargement dans des cuvons de transports (visibles sur la figure 16).

Les cuvons sont ensuite déplacés pour être vidés au-dessus des cuves. Un système d'ascenseur permet l'accès à une passerelle, desservant l'ensemble du haut des cuves. Les cuvons mobiles sont équipés d'un moteur électrique pour faciliter le déplacement par l'opérateur. Une trappe s'ouvrant et se fermant grâce à un système pneumatique permet de libérer les baies et le moût dans les cuves. Le choix des cuves utilisées est à lier en premier lieu aux volumes de la vendange (connue), le domaine s'orientant de plus en plus vers un encuvage parcellaire, ou par type de qualité (historique, potentielle ou encore sanitaire). La figure 17 présente l'encuvage pour le cuvier béton (non doté d'un ascenseur), et nécessitant alors le recours à un chariot élévateur.

Avant l'encuvage les cuves sont préparées pour recevoir la vendange. Les crépines sont remontées, et l'ensemble de la cuve est désinfectée avant le début des vendanges. Avant de démarrer l'encuvage, l'intérieur est arrosé au jet, afin de chasser les poussières ayant pu se déposer. Une fois égouttée, la cuve est inertée grâce à un mélange de diazote et de dioxyde de carbone gazeux (80% N₂, 20% CO₂). Ce dernier est injecté par le bas de la cuve, grâce à des bonbonnes.

E. Sulfitage de la vendange

Le sulfitage intervient au fur et à mesure de l'encuvage. Cette opération conduit à l'ajout de dioxyde de soufre (SO₂) appelé communément « sulfites » ou anhydride sulfureux (E220). La dose totale est définie et préparée avant que l'opération débute, le volume de vendange fraîche étant connue.

A chaque cuvonnage vidé, l'opérateur réalisant l'encuvage ajoute une fraction de la solution de sulfite. Cet ajout est réalisé à son appréciation, et de manière progressive. On retrouve deux objectifs à l'ajout du SO₂ : une action antioxydante, ainsi que la limitation de la flore indigène. C'est la forme non combinée du SO₂, qualifiée de « libre » qui agit. On a ainsi un assainissement du milieu, de par les propriétés antiseptiques, limitant le développement de la flore indigène. On évite ainsi de potentielle déviation liée à des microorganismes non désirées. L'action antioxydante est recherchée, certains composés présents dans le moût (comme les acides phénoliques) étant sensibles à l'oxydation. La dose utilisée dépend de la qualité sanitaire du raisin. La vendange en 2022 étant saine, c'est une dose de 3 g.hL⁻¹ (d'une solution à 10%) qui a été ajoutée à l'encuvage. Pour une vendange plus altérée, le domaine monte jusqu'à 5 g.hL⁻¹.

La teneur maximale autorisée en sulfite est de 150 mg.L⁻¹ dans le cadre d'un vin rouge sec conventionnel, et de 100 mg.L⁻¹ pour un vin rouge sec en agriculture biologique.

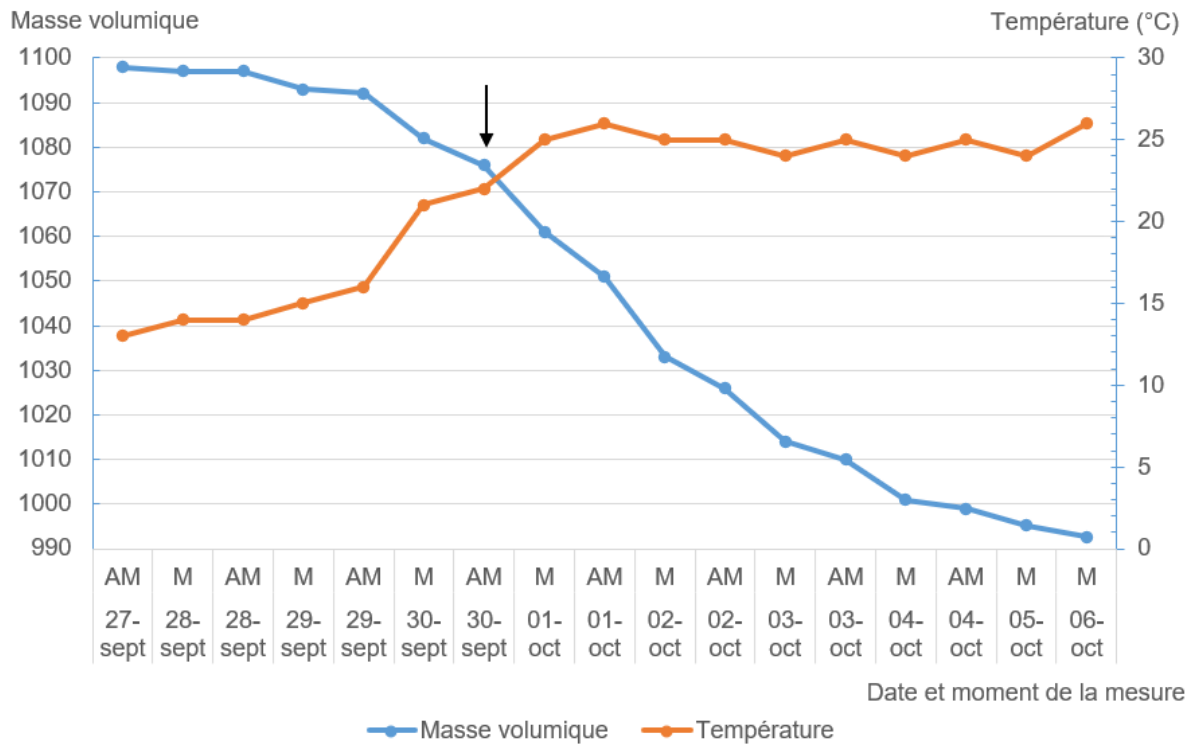


Figure 19 : cinétique fermentaire et évolution de la température du lot Cabernet Sauvignon 20.

La flèche noire symbolise le moment de la complémentation en azote, ainsi que celui de l'introduction des bactéries lactiques.

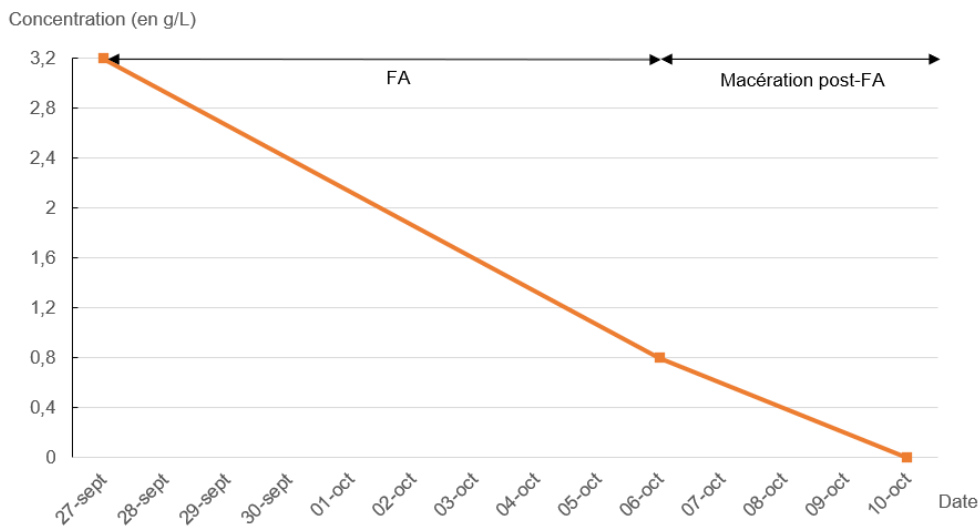


Figure 20 : suivi de la concentration en acide malique pour le lot Cabernet Sauvignon 20.

F. Préparation du moût et levurage

À la fin de l'encuvage, un remontage d'homogénéisation de vingt minutes est réalisé. Il a pour but d'homogénéiser le milieu, en s'assurant d'une bonne répartition du dioxyde de soufre. Une fois terminé, un échantillon est prélevé pour envoi au laboratoire et analyse.

Il permet de réaliser un bilan pré-fermentaire. Les paramètres analysés sont les suivants :

- Taux alcoométrique volumique potentiel, calculé à partir de la concentration en sucre (en %).
- La concentration en sucres fermentescibles (en g.L⁻¹).
- L'acidité totale (en g_{H₂SO₄}.L⁻¹).
- La concentration en acide malique (en g.L⁻¹).
- Le pH.
- Les concentrations en SO₂ libre et total (en g.L⁻¹).
- La teneur en azote assimilable (en g.L⁻¹).
- La concentration en potassium (en g.L⁻¹).

L'objectif est notamment de pouvoir piloter au mieux les fermentations, en prévoyant les potentiels correctifs à réaliser, mais aussi d'obtenir un premier état des lieux du moût avant fermentation. Les tableaux 12 et 13 présentent ces bilans.

Le levurage a pour but d'introduire dans le milieu des levures, aptes à réaliser la fermentation alcoolique. Cette réaction métabolique permet la transformation des sucres fermentescibles en éthanol. Au Château Duhart-Milon, ce sont des levures sèches actives (*Saccharomyces cerevisiae*) qui sont utilisées. Les levures sèches actives présentent plusieurs avantages, reposant sur les objectifs de la sélection effectuée (résistance à des teneurs en éthanol élevé, résistance au SO₂, développement pour des pH faibles, faible production d'acide volatile...). Ces levures, commercialisées sous la marque Excellence XR (fabricant Lamothe-Abiet), ont été développées en partenariat avec l'université de Bordeaux. Elles sont utilisables en agriculture biologique. Elles produisent peu d'acide volatile, de SO₂, d'esters fermentaires et sont compatibles avec une co-inoculation en bactérie lactique. Elles permettent de préserver la typicité du raisin (Lamothe-Abiet, annexe 1). Le levain est préparé en parallèle de l'homogénéisation, pour une concentration visée de 20 g.hL⁻¹, calculée sur le volume de vendange encuvée.

Un activateur de levure est aussi ajouté, l'Oenostim (commercialisé par Lamothe-Abiet), à une concentration de 30 g.hL⁻¹. Ce produit est riche en facteurs de croissance et en facteurs de survie. Il repose sur une formulation de levures inactivées naturellement riches en stérols, acides gras, vitamines et minéraux (Lamothe-Abiet, annexe 2). Les stérols et acides gras insaturés amenés au milieu vont être utilisés par les levures, et palier aux potentielles carences liées aux voies métaboliques inhibées par les conditions du milieu (Van der Rest et al., 1995 ; Galea A.M et Brown A.J, 2009). Dans le cas d'une vinification en vin rouge, le risque est plus limité que pour les blancs et rosés, les levures pouvant assimiler les stérols présents au sein de la fraction solide (Jacquier et Schneiter, 2012 ; Ruggiero et al., 2013). Une carence en stérol peut conduire à des fermentations languissantes, ainsi qu'à la production de composés indésirables, risque plus présent dans le cadre de vinification en blanc à cause de l'étape de débourage (Groat et Ough, 1978 ; Ochando et al., 2017).

Les levures sont ajoutées dans 10 fois leur masse en eau tiède (autour de 30°C) puis laissées dix minutes à reposer. L'Oenostim est préparé en parallèle. Un volume équivalent de moût est ensuite ajouté, l'ensemble homogénéisé puis mis à reposer dix minutes. La première phase a pour but de réhydrater les levures, la seconde à les préparer au changement de milieu (température, concentration en sucre et pH). L'ajout du mélange est ensuite effectué par le haut de la cuve, sur le marc.

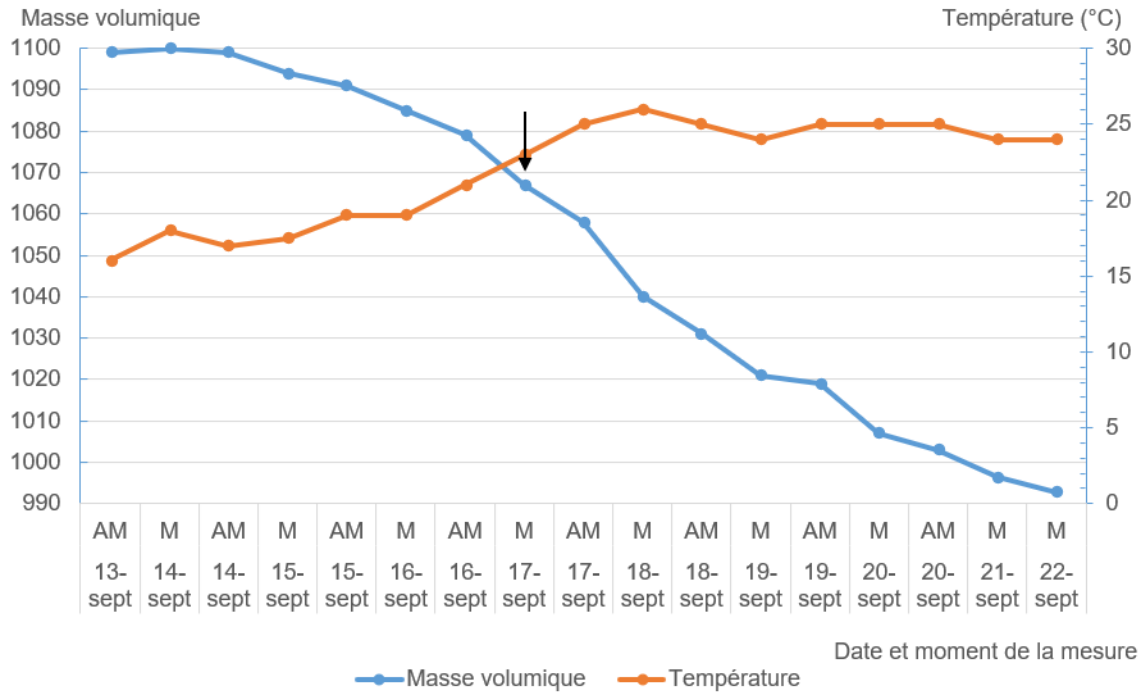


Figure 21 : cinétique fermentaire et évolution de la température du lot Merlot 5.

La flèche noire symbolise le moment de la complémentation en azote, ainsi que celui de l'introduction des bactéries lactiques.

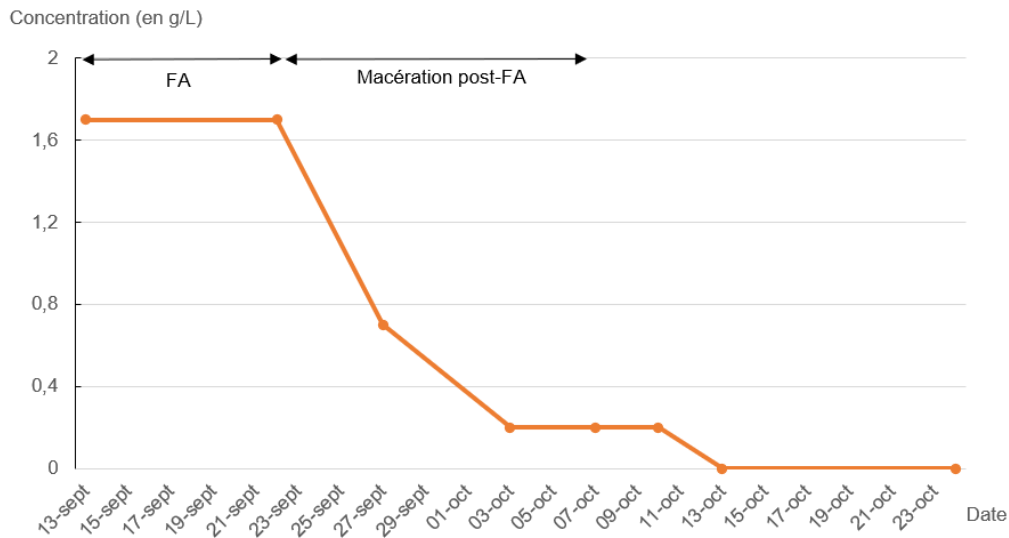


Figure 22 : suivi de la concentration en acide malique pour le lot Merlot 5.

G. Suivi et gestion de la fermentation alcoolique

1. Suivi de la fermentation, ajustement de l'azote assimilable

La cuve est thermorégulée, pour éviter une fermentation à des températures trop élevées. Cette température de consigne, de 25°C, permet la bonne réalisation de la fermentation, sur des temps courts (6 à 7 jours). C'est un système de double paroi ceinturée et d'électrovannes, qui permet la circulation des fluides nécessaires à la régulation de la température. La gestion de la température se fait par cuve, et de manière informatique. Des températures trop élevées (supérieures à 30°C), couplées à une augmentation de la concentration en éthanol, conduisent à une mortalité accrue pour les levures, augmentant ainsi le risque d'arrêt de fermentation. En vinification sur vin rouge, la température est aussi un levier utilisé pour piloter l'extraction des composés polyphénoliques (synthèse de Sacchi et al., 2005). Au sein de la propriété, le levier est utilisé et ajusté chaque année suivant les caractéristiques du millésime : en 2022 température de fermentation de 25°C, en 2021 température de 28°C.

Deux fois par jour un contrôle manuel de la température et de la masse volumique est réalisé, au moment des opérations de vinifications. Il se base sur l'utilisation d'un densimètre électronique portable, le *DMA 35 Standard* fabriqué par Anton Paar. Dès que la cuve est fermée (et que les opérations fermentaires sont stoppées), c'est une unique mesure journalière qui est réalisée.

L'analyse pré-fermentaire, réalisée au moment de l'encuvage, permet de décider de l'ajout de phosphate d'ammonium. Cet ajout intervient au moment où la masse volumique mesurée atteint la valeur de 1070, c'est-à-dire autour du premier tiers de la fermentation. L'objectif est d'atteindre une valeur proche de 180 mg.L⁻¹ en azote assimilable. Cette valeur relative, est néanmoins en adéquation avec les caractéristiques des lots vinifiés, dont les TAVP sont supérieurs à 13°. Cet apport est nécessaire au bon déroulement de la fermentation, l'ajout après la phase de croissance des levures permettant une meilleure résilience face à l'éthanol (Blondin et al., 2017). Un moût est carencé si la concentration en azote assimilable est inférieure à 140 mg.L⁻¹ pour un TAP de 12° (Rolland, 2022). L'azote assimilable rassemble les deux ensembles de molécule utilisables par la levure : l'azote ammoniacal et les acides α aminés (excepté la proline). L'ajout au tiers de la fermentation permet d'éviter un apport trop important d'azote ammoniacal en pleine phase de croissance des levures : on évite ainsi une assimilation trop intense et rapide par celles-ci. La dose d'ajout est ainsi dépendante de la carence. Sur la propriété c'est un facteur de 0,8 qui est utilisé pour déterminer la dose d'azote assimilable totale nécessaire pour la réalisation de la fermentation : on considère ainsi 0,8 mg d'azote assimilable pour 1 g de sucre. En 2022, c'est uniquement une correction sous forme minérale qui a eu lieu.

Pour le millésime 2022, les fermentations ont duré de 6 à 8 jours par cuve. Les figures 19 et 22 permettent de visualiser deux cinétiques fermentaires, une sur Cabernet Sauvignon et la seconde sur Merlot.

2. Chaptalisation

La chaptalisation est une méthode additive d'enrichissement, qui vise à ajouter du sucre au moût, permettant in fine l'augmentation du degré alcoolique du vin produit. Cette pratique, extrêmement encadrée, passe par des déclarations aux douanes, ainsi que la publication d'une autorisation par décret préfectoral. Cette méthode est utilisée dans le cas de millésime compliqué, comme 2021, lorsque les caractéristiques climatiques (température, pluviométrie, et ensoleillement) ne permettent pas d'atteindre un chargement en sucre suffisant.

La chaptalisation peut se réaliser par ajout de saccharose raffiné, ou encore de moût corrigé rectifié (MRC). Les doses ajoutées sont encadrées, et sont souvent en lien avec l'augmentation du degré alcoolique finale : l'enrichissement maximale observée est dépendant de la zone de production. En France, l'augmentation du titre peut aller de 1,5 à 2°, pour un TAV maximal de 12,5° après chaptalisation.

C'est le saccharose qui est utilisé sur la propriété LRDM en cas de besoin. Celui-ci est hydrolysé en glucose et en fructose, libérant un substrat utilisable par les levures pour la fermentation alcoolique.

Il faut être vigilant au moment de l'ajout des quantités de produit (saccharose ou MRC) afin d'éviter une sur-chaptalisation, pouvant déboucher sur des amendes ou des interdictions de vente des lots. L'ajout se réalise généralement en cours de fermentation, au même moment que les corrections en azote. La dissolution du saccharose se fait dans du moût tiré de la cuve, puis réintégré. Il faut alors veiller à observer une homogénéisation suffisante afin de s'assurer de la bonne répartition du sucre dans l'ensemble du volume de la cuve. Il n'y a eu aucune chaptalisation pour le millésime 2022.

3. Méthodes d'extraction

Le programme d'extraction dépend de la qualité des lots vinifiés. Cette qualité est déterminée de plusieurs manières : par l'historique de la parcelle et donc de la qualité du vin en découlant, les dégustations de baies ainsi que l'état global de la vendange.

Le domaine travaille de manière légère sur les cuves. L'objectif est de limiter l'extraction afin de conserver des jus de presses de bonne qualité. Les travaux réalisés en fermentation se basent uniquement sur des remontages aérés, ainsi que sur l'utilisation du R'Pulse. En 2022, ce sont trois grands programmes d'extraction qui ont été suivis, en fonction des raisins encuvés :

- Une stratégie pour les raisins flétris, issus du premier tri sur pied réalisé avant vendanges. On se trouve sur un programme de petite extraction globalement.
- Une stratégie pour les raisins sains, avec une extraction intermédiaire.
- Une stratégie pour les raisins sains, de qualité supérieure, avec une extraction plus poussée.

Les remontages aérés sont effectués deux fois par jour sauf si utilisation du R'Pulse. Dans ce cas uniquement, le remontage s'effectue en une fois, le matin. La figure 18 permet de visualiser une installation pour le remontage.

Le tableau 10 synthétise les opérations effectuées, en fonction de la masse volumique de la cuve et de la qualité des raisins. La vitesse de fonctionnement des pompes est fixée, ce qui permet de très facilement produire un planning avec les temps de remontage et les cuves concernées. Cette vitesse est aussi celle nécessaire au bon fonctionnement du système d'aspersion du chapeau de marc. Les cuves sont dégustées deux fois par semaine, du début des vendanges jusqu'à la fin des écoulements.

Tableau 10 : récapitulatif des opérations fermentaires réalisées en 2022 suivant le type de raisin vinifié.

Masse volumique	Initiale - 1080	1080 - 1060	1060 - 1040	1040 - 1020	1020 - 1000	1000 - Fin de FA
Raisin sec	1,5 fois le volume de la cuve remontée		1 fois le volume de la cuve remontée	0,5 fois le volume de la cuve remontée	Fermeture de la cuve et arrêt des opérations	
Raisin sain	1,5 fois le volume de la cuve remontée en une fois et R'pulse le soir			1 fois le volume de la cuve remontée	Fermeture de la cuve et arrêt des opérations	
Raisin sain, de qualité supérieure	1,5 fois le volume de la cuve remontée en une fois et R'pulse le soir				0,5 fois le volume de la cuve remontée	Fermeture de la cuve et arrêt des opérations

Les remontages permettent un apport d'oxygène au moût en fermentation, l'extraction des composés d'intérêts présents dans le chapeau de marc (anthocyanes, tanins notamment), ainsi que l'hydratation du haut du chapeau. Pendant la fermentation les particules solides remontent à la surface, formant un chapeau, qui n'est qu'en partie submergée (autour de la moitié) (Sablayrolles, 2019). La partie émergée est relativement inhomogène en terme de température (Schmid et al., 2009) mais aussi de peuplement levurien et ne contient peu voir pas de liquide interstitiel (Sablayrolles, 2019). L'usage du R'pulse relativement rapide facile est un outil très puissant, permettant une déstructuration totale du chapeau de marc.

Tableau 11 : bilans réalisés sur le lot Merlot-5 à différents stades clés de la vinification.

	Bilan Moût	Bilan fin FA	Bilan fin FML
Date	13/09/2022	22/09/2022	24/10/2022
TAVP (%Vol.)	13,6		
TAV (%Vol.)		13,71	13,75
Sucres (g.L⁻¹)	238	0,45	0,47
Azote ass. (mg.L⁻¹)	50		10
AT (g_{H₂SO₄}.L⁻¹)	2,65	4,35	3,4
AM (g.L⁻¹)	1,6	1,7	0
AV (g_{H₂SO₄}.L⁻¹)		0,17	0,24
pH	3,63	3,59	3,7
SO₂ total (mg.L⁻¹)	59	17	66
SO₂ libre (mg.L⁻¹)	20	4	35
SO₂ actif (mg.L⁻¹)		0,05	0,68
IPT		68	71
Tanins (g.L⁻¹)		3,6	3,9
Anthocyanes (mg.L⁻¹)		827	782

Tableau 12 : bilans réalisés sur le lot Cabernet Sauvignon 20 à différents stades clés de la vinification.

	Bilan Moût	Bilan fin FA
Date	27/09/2022	06/10/2022
TAVP (%Vol.)	13,03	
TAV (%Vol.)		13,31
Sucres (g.L⁻¹)	230	0,5
Azote ass. (mg.L⁻¹)	108	22
AT (g_{H₂SO₄}.L⁻¹)	3,1	3,65
AM (g.L⁻¹)	3,2	0,8
AV (g_{H₂SO₄}.L⁻¹)		0,15
pH	3,81	3,96
SO₂ total (mg.L⁻¹)	29	18
SO₂ libre (mg.L⁻¹)	10	4
SO₂ actif (mg.L⁻¹)		0,02
IPT		58
Tanins (g.L⁻¹)		3,1
Anthocyanes (mg.L⁻¹)		642

Il permet de remettre en solution l'ensemble de la phase solide, et d'homogénéiser ce dernier. On s'assure ainsi que l'ensemble du chapeau va subir le même processus d'extraction. La modification des volumes remontés permet de diminuer l'extraction au fur et à mesure de l'avancée de la fermentation : on limite ainsi l'extraction de la fraction tannique la plus astringente, le degré alcoolique favorisant l'extraction.

L'oxygène est nécessaire aux levures, pour effectuer la synthèse des ergostérols ainsi que celle des acides gras insaturés. Ces molécules améliorent la résistance des levures à l'éthanol, en stabilisant les membranes. Elles améliorent la fluidité membranaire, ainsi que la perméabilité, favorisant alors la pénétration du glucose (Ribéreau-Gayon et al., 2020).

La fermeture des cuves permet de conserver le dioxyde de carbone libéré pendant la fin de la fermentation. On s'assure ainsi naturellement un inertage de l'espace de tête, tout en diminuant le risque de développement des organismes aérobies (bactéries acétiques notamment).

Un échantillon est prélevé, pour s'assurer de la bonne fin de la fermentation alcoolique, lorsque la masse volumique mesurée est stabilisée. On cherche à s'assurer que la concentration en sucres fermentescibles (glucose et fructose) est bien inférieure à 2 g.L⁻¹. Les tableaux 11 et 12 présentent ces bilans.

4. Phase de macération

Cette phase de macération débute dès la fin de la fermentation alcoolique. Elle permet de continuer l'extraction des composés d'intérêts depuis la phase solide vers la phase hydroalcoolique, notamment les composés phénoliques (anthocyanes, tanins) (Ribéreau-Gayon et al, 2020). La température joue un rôle primordiale dans l'extraction des composés phénoliques : les cuves sont ainsi maintenues à une température proche de 26°C. La cuvaison dure de 20 à 25 jours, de manière régulière 21, la dégustation permettant de décider de décider d'un décuage plus précoce au besoin.

Deux paramètres sont ici à souligner :

- On souhaite éviter une extraction trop importante pouvant conduire à l'apparition du « goût de marc ».
- La phase de décuage est globalement rythmée de la même manière que celle de l'encuvage. La gestion du temps de travail et des repos des salariés est donc facilitée.

Les cuves sont dégustées et analysées deux fois par semaine, afin de s'assurer de leur stabilité et de l'évolution de certains paramètres, notamment l'avancement de la fermentation malolactique.

Quelques jours après la fermeture de la cuve un intrant œnologique est ajouté sous marc : le *Vinotaste Pro*, commercialisé par Lamothe-Abiet. C'est une formulation enzymatique, contenant des pectinases et des β glucanases. L'ajout se réalise en circuit fermé, à l'aide d'un système Venturi. L'activité des β glucanases aident à la protection du milieu, en favorisant la dégradation des membranes ainsi qu'un tassement des lies. On accélère directement la clarification précoce du vin, avant entonnage. L'activité des pectinases permet aussi de continuer à dégrader les parois cellulaires, favorisant l'extraction des composés phénoliques (activité moins recherchée au sein de la propriété).

5. Décuage et pressurage

Les décuages interviennent une fois la fermentation alcoolique et la macération terminées. Les cuves sont mises à écouler la veille, en fin d'après-midi vers 16-17h. Un système similaire à celui des remontages est utilisé : il permet de pomper le vin de goutte s'écoulant dans une bassine, et de l'envoyer dans une cuve voisine. La cuve finit ensuite de s'écouler pendant la nuit, le restant de vin étant pompé le matin avant de débiter le décuage. On obtient ainsi un marc relativement sec, facilitant les travaux le lendemain.

Un autre système est aussi mis en place la veille du décuage. La trappe en haut de la cuve est ouverte, un ventilateur couplé à une minuterie est installé. L'installation permet d'oxygéner l'espace pendant la nuit, en chassant le dioxyde de carbone en excès, afin de pouvoir accéder à l'intérieur le lendemain. Les opérateurs chargés du décuage travaillent en équipe. Une à deux personnes pénètrent dans la cuve, équipées de détecteur de dioxyde de carbone et d'un système respiratoire d'urgence, en cas d'une intoxication au dioxyde de carbone.

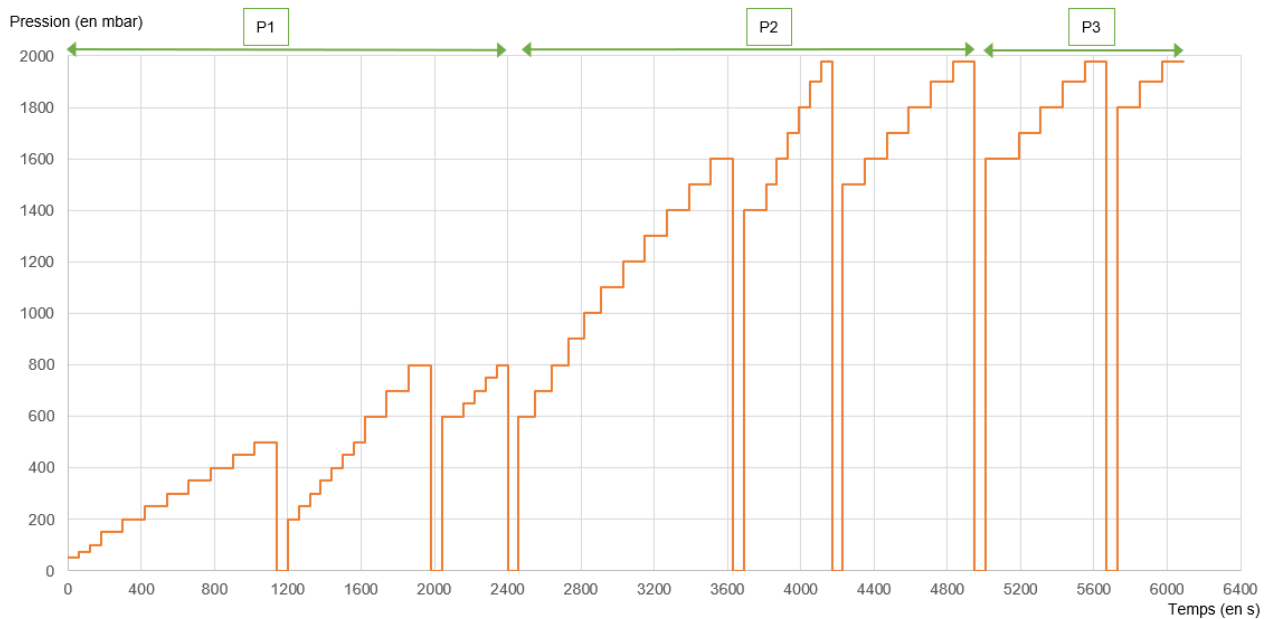


Figure 23 : cycle de pressurage pour le marc de vin rouge. Chaque retour à 0 de la pression induit une rebêche.

Tableau 13 : programme de pressurage pour vins rouges.

P1		P2		P3	
Pression (mbar)	Temps (s)	Pression (mbar)	Temps (s)	Pression (mbar)	Temps (s)
50	60	600	90	1600	180
75	60	700	90	1700	120
100	60	800	90	1800	120
150	120	900	90	1900	120
200	120	1000	90	1980	120
250	120	1100	120	Rebêche	
300	120	1200	120	1800	120
350	120	1300	120	1900	120
400	120	1400	120	1980	120
450	120	1500	120	Fin du cycle	
500	120	1600	120		
Rebêche		Rebêche			
200	60	1400	120		
250	60	1500	60		
300	60	1600	60		
350	60	1700	60		
400	60	1800	60		
450	60	1900	60		
500	60	1980	60		
600	120	Rebêche			
700	120	1500	120		
800	120	1600	120		
Rebêche		1700	120		
600	120	1800	120		
650	60	1900	120		
700	60	1980	120		
750	60	Rebêche			
800	60				
Rebêche					

Le marc est évacué manuellement, dans des bacs conduits à l'aide d'un chariot élévateur jusqu'à un convoyeur à bande permettant le remplissage du pressoir. Un opérateur situé à l'extérieur de la cuve, homogénéise le remplissage des bacs, et peut intervenir en cas de malaise à l'intérieur de la cuve.

Le volume de vin de goutte est déterminé une fois la fin du jus pompé. Un échantillon est prélevé pour analyse en laboratoire. Deux paramètres sont déterminants pour la suite du processus :

- Le fait qu'on se trouve bien en présence d'un jus où la concentration en sucres fermentescibles (glucose et fructose notamment) soit inférieure à 2 g.L⁻¹.
- L'avancement de la fermentation malolactique.

Les vins écoulés sont classés en deux catégories, dépendant de l'historique de la parcelle, ainsi que des dégustations réalisées : A et B. Cette note indicative, vouée à évoluer pour certains lots, permet lors des ouillages de compléter les volumes avec des qualités équivalentes, que ce soit en cuve inox dans un premier temps, puis en barrique.

Une fois le pressoir chargé, le cycle est lancé. Ce sont trois cycles qui vont se succéder, conduisant à l'obtention de différents jus de presses : P1, P2 et P3. Le programme de presse est identique sur les deux pressoirs. Le tableau 7 synthétise les pressions et les temps de pressurage, la figure 23 permettant de visualiser la courbe de pressurage dans sa globalité. Le pressurage est progressif, permettant une extraction lente, avec une distinction entre les types de presse. C'est un cycle qui a été défini par l'ancien directeur vin, Christophe Congé, et qui reste donc relativement spécifique à LRDM.

Les vins de presse sont directement entonnés, dans des barriques de deux vins, par type de presse. Pour les lots P1 et P2, on a une séparation entre les cépages, et les lots pressés. On peut ainsi retrouver la dénomination suivante : ME5 – P1 qui signifie que la barrique contient le premier cycle de pressurage du cinquième lot de Merlot encuvé. L'ensemble des P3 sont assemblées en barrique par cépage, indépendamment des lots pressés. Une fois l'entonnage des vins de presses réalisé, l'ensemble des barrique est dégusté par Olivier Bonneau (directeur vin LRDM), Alexandre Canciani (maître de chai DM), Éric Kohler (directeur d'exploitation LRDM), en présence d'Éric Boissenot, œnologue conseil de la propriété LRDM. Une note va alors être attribuée à chaque barrique dégustée : A, AB, B. Un soutirage est ensuite effectué, permettant de rassembler par cépage et qualité équivalente les P1 et P2. Les lots sont transférés en cuve, avant l'entonnage fin décembre. Les P3 sont conservées à part, jouant un rôle particulier dans l'assemblage intervenant en janvier. Une fois remontée en cuve, un échantillon est envoyé au laboratoire pour suivre les mêmes paramètres que les jus de goutte après écoulage.

6. La fermentation malolactique

Cette réaction biochimique est basée sur la transformation par les bactéries lactiques de l'acide malique en acide lactique, couplée à un dégagement de dioxyde de carbone. Elle est traditionnellement réalisée sur les vins rouges. La fermentation malolactique est conduite pour différentes raisons au sein du Château Duhart-Milon.

- Stabiliser le vin, en évitant une réaction a posteriori en bouteille (risque assez faible dans le cas de la propriété, du aux deux ans d'élevage en barrique).
- Stabilisation microbiologique de la matrice, l'acide malique servant de substrat à de nombreux micro-organismes non désirés (Sumbly et al., 2019).
- Réduction de l'acidité, ainsi qu'une modification du profil en bouche (Sumbly et al., 2019).

Le domaine réalise une co-inoculation afin de s'assurer de la bonne réalisation de la réaction. C'est le produit commercial *Oeno 1*, commercialisé par Lamothe-Abiet, qui est utilisé. C'est une souche classique de bactéries lactiques, *Oenococcus oeni* qui sert ainsi à l'inoculation des cuves. Le produit est lyophilisé, et stocké au froid. Après avoir été réhydratées, l'ajout est réalisé à la fin d'un remontage, pour une masse volumique proche de 1070. La fermentation malolactique est suivie dès la fin de la fermentation alcoolique. Pendant la macération, deux fois par semaine, un prélèvement est envoyé au laboratoire afin de suivre l'avancement de la transformation. En parallèle, l'acidité volatile est aussi suivie. La fermentation malolactique est considérée comme terminée lorsque la concentration en acide malique devient inférieure à 0,2 g.L⁻¹.

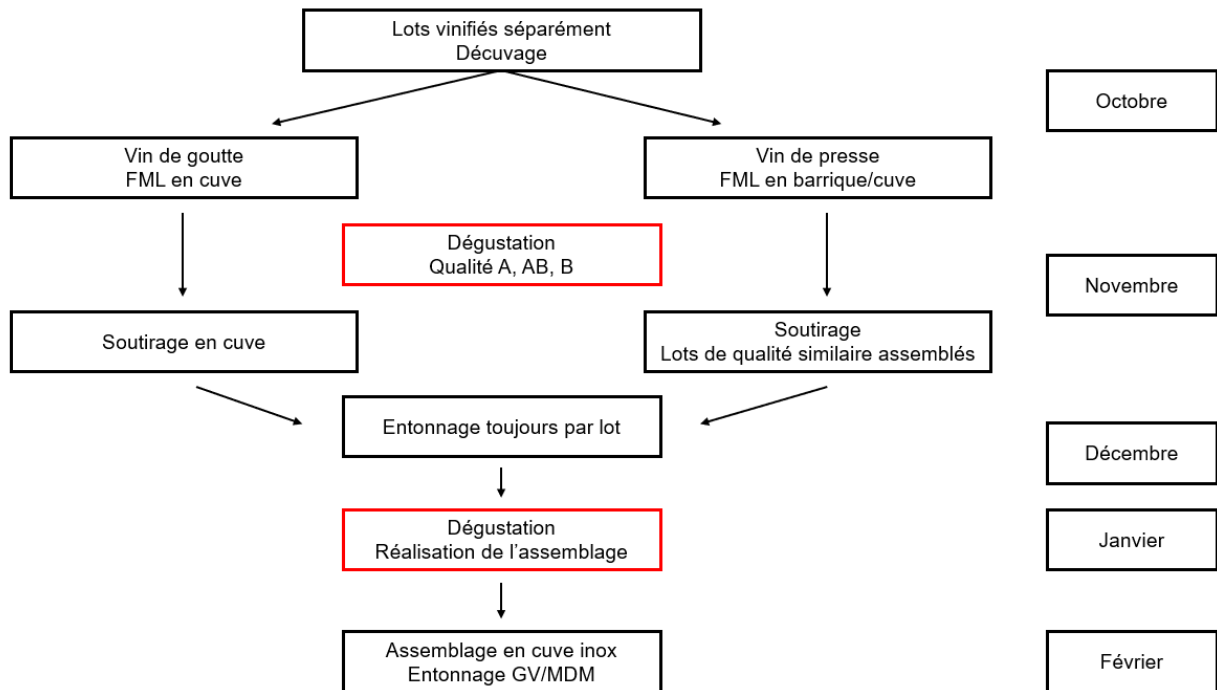


Figure 24 : processus d'assemblage précédant la période d'élevage

Un échantillon est alors envoyé au laboratoire, et permet l'obtention d'un bilan, recensant le taux alcoométrique volumique, l'acidité volatile, l'acidité totale, le pH, l'azote total, la concentration en sucres réducteurs (glucose et fructose), ainsi que les différentes valeurs de SO₂. Les figures 20 et 22 permettent de suivre la cinétique de consommation de l'acide malique sur les deux cépages de la propriété.

Pour les vins de goutte, ces derniers sont maintenus à une température autour de 20°C jusqu'à la fin de la fermentation malolactique. Une fois terminée, la température est abaissée à 10°C, pendant plusieurs jours, afin de favoriser le dépôt des lies. Un soutirage est alors effectué, les lies étant isolées afin d'être filtrées par la suite. Les lies sont un mélange, composées des dépôts levuriens et bactériens, de cristaux tartriques, ou de levures encore viables comme *Brettanomyces bruxellensis* pouvant entraîner des déviations organoleptiques. Par ailleurs, les lies présentent un effet réducteur, ainsi qu'un effet combinant du SO₂. Cet effet réducteur peut conduire à des odeurs désagréables de réduction, non recherchées. Le soutirage a pour but d'évacuer ces lies déposées au fond de la cuve, la mise au froid facilitant le dépôt.

Le soutirage de sortie de fermentation malolactique conduit à un transfert de vin. Ce dernier fait intervenir un tube frité injectant du diazote gazeux directement dans les tuyaux. Ce système installé en sortie de la pompe permet un brassage du vin, sans oxygénation, et ainsi l'élimination d'une partie du CO₂ dissout dans le vin. Le dioxyde de carbone est produit majoritairement par les levures pendant la fermentation alcoolique, et de manière plus anecdotique par les bactéries lactiques pendant la fermentation malolactique (Vidal, 2022). En sortie de fermentation malolactique, le vin contient une quantité de CO₂ dissout allant de 1200 à 1500 mg.L⁻¹ (Vidal, 2022). Le barbotage permet d'éviter un dégazage trop important en barrique, pouvant gêner à l'entonnage ainsi qu'à la mise en place des bondes silicones pour la suite de l'élevage. Une fois effectuée, la température du vin soutiré est fixée autour de 15°C avant entonnage. Le vin est ainsi à la même température que celle du chai d'élevage, permettant d'éviter des débordements en barrique, liés aux variations de volume du à la température. Pour les vins de presses, un bilan est effectué une fois la dégustation des barriques et le soutirage réalisé. Il permet, au besoin, d'augmenter la température de la cuve, pour favoriser le développement bactérien et ainsi achever la fermentation malolactique. Le processus est ensuite le même que pour les vins de goutte.

Une fois la fermentation malolactique terminée, et le soutirage effectué, un réajustement en SO₂ est réalisé, afin d'atteindre une valeur de SO₂ libre proche de 30 mg.L⁻¹. En 2022, la majorité des fermentations malolactique des vins de goutte se sont réalisées sous marc, pendant la phase de macération. La figure 24 permet de synthétiser les différentes étapes, allant du décuvage à l'assemblage.

VI. Travail au chai et suivi analytique du vin rouge pendant son élevage

A. L'élevage en barrique

Les vins du Château Duhart-Milon sont élevés en barrique de 12 à 14 mois. La figure 24 permet de suivre la répartition temporelle de l'ensemble des opérations, allant des vendanges jusqu'à la mise en bouteilles du vin.

La propriété utilisent uniquement des barriques bordelaises, d'une contenance de 225L. Les barriques utilisées possèdent des caractéristiques différentes entre le Grand vin, et le second vin. Ces différences résident dans la proportion des tonneliers utilisés, ainsi que l'âge des barriques. Le tableau 8 résume les proportions de barriques utilisées par vin. Les tableaux 14, 15 et 16 permettent de synthétiser les tonneliers utilisés, les chauffes ainsi que l'âge des barriques utilisé pour l'élevage par vin. On retrouve uniquement trois tonneliers extérieurs à celui du groupe DBR : Seguin Moreau, Berger et fils ainsi que Canton. C'est uniquement du chêne français qui entre dans la production des barriques, avec l'exception du tonnelier Canton, où on retrouve du chêne américain.

Tableau 14 : proportions des barriques utilisées pour l'élevage des vins de la propriété.

	Grand vin	Second vin
Barriques neuves	50%	17%
Barriques de 1 vin	50%	17%
Barriques de 2 vin	0%	66%

Tableau 15 : synthèse des tonneliers, type de chauffe et pourcentage correspondant servant à l'élevage du Grand Vin.

Tonnelier	Type de chauffe	Barrique neuve (en % total)	Barrique d'un vin (en % total)
Domaines Barons de Rothschild	Moyenne	34	34
DBR	Rieussec (moyenne)	8	8
Seguin Moreau	Moyenne	4	4
Berger et fils	Moyenne	4	4

Tableau 16 : synthèse des tonneliers, type de chauffe et pourcentage correspondant servant à l'élevage du second vin.

Tonnelier	Type de chauffe	Barrique neuve (en % total)	Barrique d'un vin (en % total)	Barrique de deux vins (en % total)
Domaines Barons de Rothschild	Moyenne	0	0	45
DBR	Rieussec (moyenne)	0	0	11
Seguin Moreau	Moyenne	0	0	5
Berger et fils	Moyenne	0	0	5
Canton	Moyenne	17	17	0

La chauffe utilisée pour l'ensemble des barriques est une chauffe moyenne. Elle permet un apport boisé relativement équilibré. L'apport se fait au niveau de la structure en bouche, l'effet structurant restant relativement modéré de par la chauffe. Au niveau du nez, on retrouve alors des notes grillés, et d'épices (Auteur(s) non cité(s), Seguin Moreau). Les proportions de chaque tonnelier, ainsi que de l'âge des barriques résultent d'une réflexion et d'essais menés autour de 2010 par Alexandre Canciani, et l'ancien directeur vin LRDM Christophe Congé. Il avait notamment pour but la montée en qualité du second vin de Duhart-Milon, et l'acquisition d'une identité propre et différente pour le premier vin. C'est après ces essais que les barriques Canton Vintage ont été introduites : l'objectif résultait dans l'apport d'une certaine sucrosité supplémentaire, qui s'intégrait bien à l'assemblage final pour le second vin.

Pendant les premiers mois d'élevage, on retrouve une bonde en verre sur les barriques. Elle permet de continuer le dégazage des vins, tout en limitant la pénétration de l'oxygène, ou des drosophiles. Ces bondes permettent aussi très facilement de réaliser l'ouillage, deux fois par semaine, les barriques neuves absorbant une fraction non négligeable du vin en début d'élevage. Les bondes en verre restent en place jusqu'en février/mars. Des bondes à viser en silicone sont ensuite installées, l'ouillage n'étant ensuite réalisé que tous les 15 jours au moment des prélèvements pour le suivi analytique.

L'élevage en barrique est réalisée pour différentes raisons. La première est liée à la dimension historique, et l'image des vins de Pauillac. Ce contenant est utilisé depuis l'Antiquité pour l'élevage et le transport depuis les zones de production vers les zones de consommation (Kilby, 1971; Taransaud, 1982; Schahinger and Rankine, 2005; Vivas, 2005). Par ailleurs, Pauillac est une AOC relativement haut de gamme, ancienne, l'élevage en barrique faisant aussi partie de cette image. L'utilisation de barrique permet notamment une micro-oxygénation du vin, pouvant aller de 15 à 45 mg.L⁻¹ par an suivant le type de barrique et les qualités de bois utilisées (Alamo-Sanza et Nevares, 2018). De plus, au cours de l'élevage, différentes réactions vont avoir lieu, conduisant à la modification chimiques et organoleptiques du vin. Ces changements passent notamment par l'apport aromatique de la barrique, tout en augmentant la stabilité et en favorisant la clarification (Martínez-Gil et al., 2018). Dans le cadre du vin rouge, cette phase d'élevage va être considérée comme oxydative, et en opposition à la partie en bouteille, qui sera elle réductrice (Oberholster et al., 2015).

Les principales réactions ayant lieu pendant l'élevage sont (Carpena et al., 2020) :

- La condensation des anthocyanes et tannins, intervenant dans la stabilisation de la couleur.
- L'oxydation ménagée de la matrice.
- La libération de molécule depuis le bois vers le vin (notamment des composés aromatiques).

Les polyphénols sont les principaux consommateurs de l'oxygène dissous dans le vin, et sont connus pour leurs capacités antioxydantes (Carpena et al., 2020).

Concernant les différents composés du bois, ces derniers sont responsables des arômes tertiaires du vin, découlant des différentes interactions entre les composés aromatiques présents pendant l'élevage (Styger et al., 2011). Ces réactions contribuent aussi à une clarification de la matrice, et une modification de l'astringence perçue (Styger et al., 2011). Le passage en barrique permet ainsi une clarification par sédimentation progressive des éléments en suspension, conduisant à une diminution de la turbidité (Zamora, 2018), avec dans le même temps une stabilisation de la couleur. Les anthocyanes et les proanthocyanidines (tanins condensés) réagissent entre eux (Zamora, 2018). La micro-oxygénation permise par la barrique, favorise la polymérisation et les réactions de condensation entre les flavonoïdes responsables de la couleur, affectant ainsi la couleur du vin (Rodríguez-Rodríguez et al., 2012). La composition phénolique du vin va aussi être modifiée, notamment avec l'introduction des composés de la barrique (acide gallique, ellagitanins...) fournissant des cofacteurs pouvant intervenir dans les processus de stabilisation de la couleur (Durner, 2016).

La modification du profil organoleptique par les éléments du bois va aussi dépendre de plusieurs facteurs :

- La matrice vineuse et ses caractéristiques.
- La durée de l'élevage.
- Le type de bois utilisé et ses caractéristiques (essence, origine géographique) (Farrell et al., 2015), ainsi que sa période de séchage en plein air (Fernandez de Simon et al., 2010).
- L'âge de la barrique et ses caractéristiques (notamment le type de chauffe). La chauffe va ainsi venir modifier la quantité et la qualité des éléments extractibles (Chira et Teissedre, 2013). Le processus de production de la barrique impacte ses capacités à relarguer les molécules ainsi que le type (Chira et Teissedre, 2013).

Actuellement des essais sont menés pour diminuer la proportion de barrique en introduisant de nouveaux contenants, notamment des amphores en terre cuite. Le premier objectif est la diminution du boisage des vins produits, en lien avec la demande des consommateurs. Le but est de préserver un élevage long, basé sur des caractéristiques similaires à la barrique (micro oxygénation du vin), tout en diminuant le boisage final. Le second est indirectement la prise en compte des problématiques environnementales autour de la production et de la fabrication des barriques. Il y a actuellement une pression croissante sur les achats de chêne français, couplée à une qualité du bois qui tend à diminuer, en lien avec les variations climatiques récurrentes. Par ailleurs la fabrication des barriques est gourmande en bois brut, et conduit à des pertes importantes en matière première.

B. Travaux pendant l'élevage : ouillage, soutirage, assemblage et suivi analytique

1. Les travaux d'ouillage

Le terme ouillage désigne l'action visant à faire le niveau du vin dans les barriques, pour compenser la consume. Cette action vient notamment contre balancer les pertes en vin du à l'absorption par le bois, ou par l'évaporation (part des anges). Il permet de combler l'espace de tête, en évitant la présence d'une bulle d'air trop importante. On évite une oxydation trop intense du vin, ainsi que le développement de micro-organismes aérobies d'altération (bactérie acétique par exemple). Il est réalisé tous les 15 jours, sur l'ensemble des barriques.

L'ouillage est réalisé grâce à des cuvons mobiles en inox de 200 L, ou des futs de bière de 50 L. Les deux systèmes sont inertés à l'azote, le vin étant poussé grâce à la pression. Un lot de chaque qualité (A et B) est conservé dans une cuve inox à chapeau flottant. Il permet de stocker le vin servant à l'ouillage sans risque d'oxydation, tout en limitant le risque de développement de *Brettanomyces bruxellensis* et les déviations organoleptiques liées. A la fin de l'opération, l'ensemble du système servant à l'ouillage (cuvon et pistolet) est vidé, rincé et désinfecté.

Le domaine ne réalise plus d'élevage traditionnel bonde sur le côté, en lien avec la problématique *Brettanomyces* présente au château Duhart-Milon. Cet élevage permet de limiter l'entrée d'air par la bonde, mais rend plus compliqué l'accès au vin. Le recours à des bondes silicones à viser a pour but de limiter les échanges gazeux au niveau de la bonde, comparativement aux bondes silicones classiques ou aux bondes en bois.

2. Les travaux de soutirage

On parle ici de soutirage à la canne avec une vis, par la bonde, à l'aide d'une pompe. Le soutirage de barrique à barrique n'est plus réalisé que de manière anecdotique. Les soutirages sont effectués traditionnellement tous les trois mois généralement, comme c'est le cas dans le bordelais. C'est en tout 4 à 5 soutirages qui vont avoir lieu. Des soutirages supplémentaires peuvent intervenir lors d'une contamination d'un lot par *Brettanomyces*. Le soutirage à l'esquive, méthode traditionnelle encore réalisée au Château Lafite Rothschild, n'est plus utilisée. L'esquive est un orifice bouché, se trouvant sur un des deux fonds de la barrique, située au-dessus des lies. Au moment du soutirage, l'esquive est ôtée, le vin s'écoule alors par gravité. En levant l'arrière de la barrique, on finit de faire s'écouler le vin clair sur les lies, ces dernières restants alors dans le fond de la barrique.

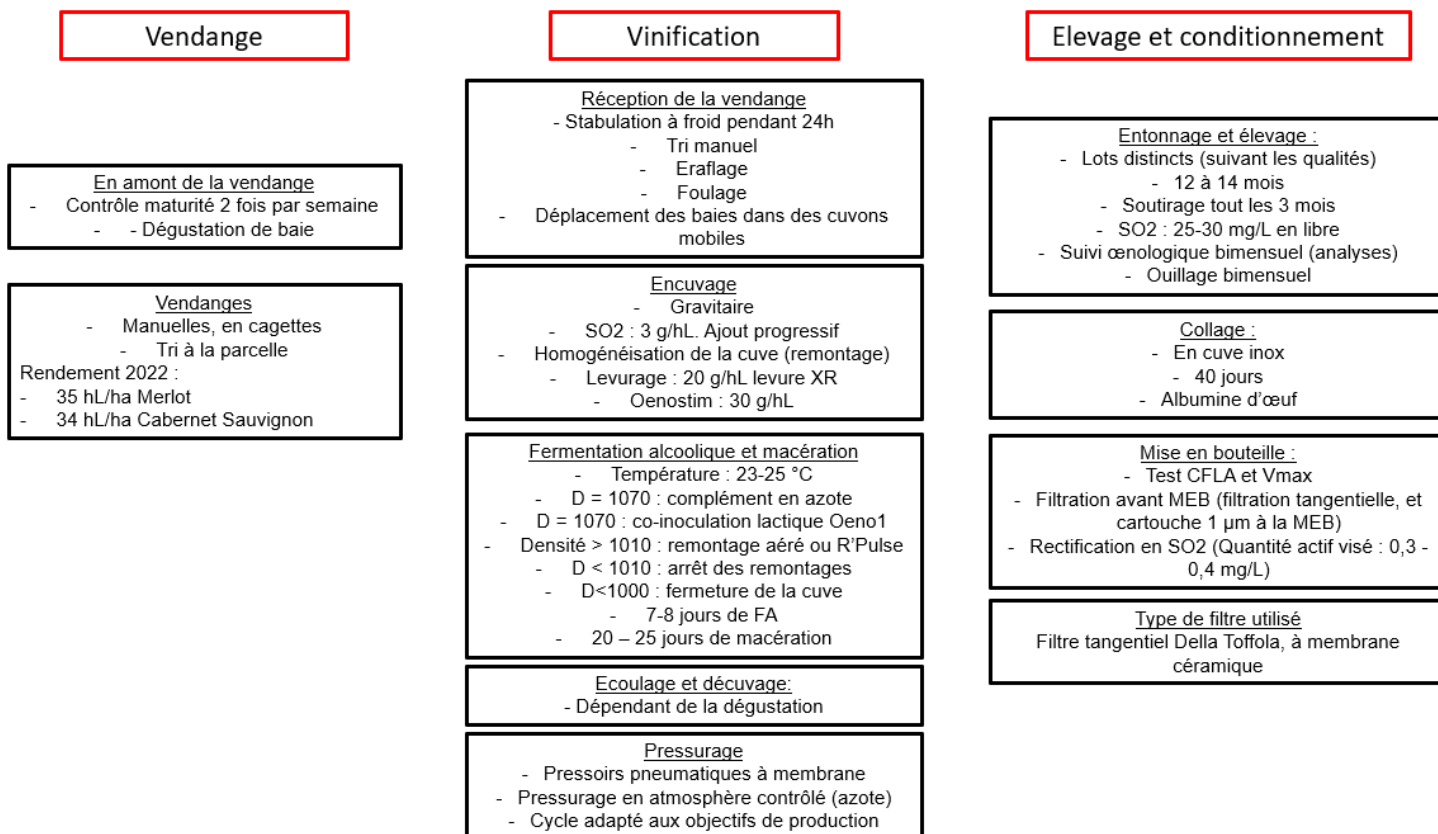


Figure 25 : schéma synthèse des opérations sur vin rouge allant de la vendange à la mise en bouteille.

Tableau 17 : suivi bimensuel des lots Cabernet Sauvignon 20 et Merlot 5.

Code lot	Date	Acidité volatile (gH ₂ SO ₄ /L)	SO ₂ total (mg/L)	SO ₂ libre (mg/L)
CS-20	08-nov	0,34	66	34
CS-20	23-nov	0,34	64	31
CS-20	07-déc	0,34	65	32
ME-5	25-oct	0,26	68	35
ME-5	08-nov	0,25	67	36
ME-5	23-nov	0,26	64	37
ME-5	07-déc	0,25	64	33

Tableau 18 : suivi de certains phénols volatils pour les lots de Cabernet Sauvignon 20 et Merlot 5.

Code lot	Date	Éthyl-phénol (µg/L)	Éthyl-gaiacol (µg/L)	EP + EG (µg/L)
CS-20	08-nov	20	10	30
CS-20	23-nov	20	10	30
CS-20	07-déc	20	10	30
ME-5	25-oct	20	10	30
ME-5	08-nov	20	10	30
ME-5	23-nov	20	10	30
ME-5	07-déc	20	10	30

Le vin soutiré est remonté en cuve. Les lies sont récupérées pour être filtrées par la suite. Les barriques sont ensuite rincées à l'eau froide, mise à égoutter avant d'être alignées et remplies. L'élevage permet un dépôt progressif des éléments en suspension dans le vin, conduisant à clarifier la matrice. Dans le cas d'une contamination par *Brettanomyces bruxellensis*, les barriques sont passées à la vapeur après rinçage, avant l'entonnage.

3. Le suivi analytique des vins pendant l'élevage

a) Suivi analytique classique

Un suivi bimensuel est réalisé, avec échantillonnage et envoi au laboratoire œnologique de Pauillac. Ce dernier portait initialement sur le SO₂, ainsi que l'acidité volatile. Il a été élargi afin de prendre en compte la stratégie de lutte contre les déviations organoleptiques liées à *Brettanomyces bruxellensis*.

Il permet la collecte de plusieurs données :

- Le suivi de l'acidité volatile.
- Le suivi des valeurs de SO₂.
- Le suivi des sucres résiduels fermentescibles (glucose et fructose) encore présents.
- Le suivi des concentrations en éthyl-phénol et éthyl-gaïacol.

Ce suivi va s'étaler de début novembre, alors que l'ensemble des vins n'est pas encore entonné, jusqu'à la mise en bouteille. L'ensemble de la production est ensuite entonné par lot : soit par lot vendangé (et vinifié) avant les assemblages, soit par type de vin et par tonnelier après les assemblages. Au sein de chaque lot, une vingtaine de barriques (soit autour de 30% du lot) sont prélevées afin de produire un échantillon censé être représentatif. Suivre l'acidité volatile permet de s'assurer de l'absence de développement de bactérie acétique, ces dernières métabolisant l'éthanol en acide acétique. La concentration en acide acétique maximale est fixée à 0,80 g_{H₂SO₄}.L⁻¹ pour l'AOC Pauillac, pour des vins de plus d'un an. Pour un vin rouge sans appellation, la limite maximale est de 0,98 g_{H₂SO₄}.L⁻¹. On souligne le fait que *Brettanomyces*, problème présent à Duhart-Milon, peut aussi être une source d'acide acétique (Ciani et Ferraro, 1997).

Le suivi des valeurs de SO₂ permet de s'assurer de la protection du milieu, et de pouvoir réajuster le lot le cas échéant après un soutirage. Le suivi des concentrations en phénols volatils est abordé dans le paragraphe suivant.

b) Gestion de la problématique des phénols volatils

Le château Duhart-Milon fait face à une problématique *Brettanomyces*, comme déjà abordée précédemment. Au sein des genres *Dekkera/Brettanomyces*, c'est l'espèce *Brettanomyces bruxellensis* qui est le principal micro-organisme d'altération, responsable des odeurs équine, en barrique ou en bouteille (Malfeito-Ferreira, 2018).

L'élevage est la période la plus critique pour plusieurs raisons :

- *Brettanomyces* est capable de se développer en présence de SO₂ (Agnolucci et al. 2010; Usseglio-Tomasset 1992), de manière similaire à *Saccharomyces cerevisiae*. Au sein de la propriété, des analyses ont confirmé la résistance au SO₂ des souches présentes.
- Des capacités de survie malgré des conditions non favorables. Curtin et al. (2015) souligne notamment sa résistance à des concentrations élevées en éthanol (jusqu'à 15°), des faibles pH, des faibles teneurs en sucres, en dioxygène ou en azote assimilable.
- Les résidus de levure peuvent s'installer dans le bois des barriques et ainsi contaminer le vin en élevage (Malfeito-Ferreira et al. 2004), lors de la dégradation des cellules.
- La micro-oxygénation, un des intérêts majeurs de l'élevage du vin en barrique, est aussi propice au développement de *Brettanomyces* (Swaffield & Scott, 1995; Loureiro & Malfeito-Ferreira, 2006). Une mauvaise maîtrise de certaines opérations lors de l'élevage (notamment lors d'opération de soutirage, ou d'ouillage) est un autre facteur impactant l'oxygène dissout et donc la disponibilité du substrat pour le développement des micro-organismes.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Année de récolte N										Réception Encuvage		
										FA Macération		
										Ecoulage/Décuvage Pressurage		
										FML		Entonnage Ouillage 2 fois par semaine
1ère année d'élevage N+1	Décision des assemblages											
	Elevage en barrique											
	Ouillage deux fois/semaine						Ouillage 2 fois/mois					
			Soutirage Assemblage des différents lots			Soutirage		Soutirage				Soutirage
2ième année d'élevage et MEB N+2	Soutirage											
	Passage en cuve inox											
	Collage au blanc d'œuf											
		Levée de colle		Préparation à la MEB Test de filtrabilité et filtration								
				MEB								

Figure 26 : succession des différentes opérations au cours de la vinification et de l'élevage du vin rouge au sein du Château Duhart-Milon.

- Les levures peuvent utiliser de nombreux oses (pentoses, hexoses, disaccharides dont la cellobiose) pour leur métabolisme (Boulton et al., 1996) et donc leur développement.
- La présence de composés phénoliques non flavonoïdes, dans le vin, substrat de la réaction de production d'éthyl-phénol par *Brettanomyces*.

Malgré des nouveaux protocoles d'hygiène et d'ouillage, permettant de limiter les risques de développement et de contamination croisée entre lots, il est encore difficile de maîtriser ce nouveau facteur. C'est aussi une des raisons du suivi des paramètres analytiques en lien avec *Brettanomyces* lors des prélèvements bimensuel. Il a été montré que la concentration en phénol volatil est directement liée à la population de *Brettanomyces bruxellensis* (Renouf et al, 2007a). Si une augmentation de 10% ou plus de la concentration en phénols volatils est observée, alors un second prélèvement est réalisé pour PCR. Cette méthode, issue de la biologie moléculaire, permet d'isoler l'ADN, et de l'amplifier. On peut ainsi obtenir une quantification relative de la population, basée sur la quantité d'ADN.

Deux possibilités suivant le résultat :

- Si la quantification est inférieure à 100 cellules.mL⁻¹ alors un intrant œnologique est utilisé, le *KillBrett*, chitosane en poudre soluble. Taillandier et al. (2014), ont notamment prouvé l'efficacité de la molécule contre *Brettanomyces bruxellensis*, tout en fournissant une hypothèse sur le mode de fonctionnement. Cependant son action reste encore dépendant de la souche présente (Paulin et al., 2020).
- Si la quantification est supérieure à 100 cellules.mL⁻¹ alors un soutirage garde haute est réalisé. Les lies et le vin clair sont séparés, puis analysés par PCR. Au besoin les volumes peuvent être filtrés au tangential, la porosité utilisée au domaine permettant de purifier le milieu (Renouf et al, 2007b). Le vin est ensuite réentonné, les barriques ayant été préalablement rincées et passées à la vapeur. Le traitement à la vapeur est une des solutions indiquées dans la littérature pour l'élimination des levures.

Les tableaux 17 et 18 correspondent aux suivis effectués sur le millésime 2022.

4. Assemblage des lots

C'est en janvier de l'année suivant les vendanges que les lots sont dégustés, et qu'un premier assemblage est réalisé. L'objectif de l'assemblage est de réussir à rendre compte du millésime, tout en conservant une certaine identité, propre au Château Duhart-Milon.

L'ensemble des lots de vin de goutte, ainsi que les vins de presse, sont dégustés, puis assemblés suivant la « méthode Boissenot », nom de l'œnologue-conseil du domaine. C'est un assemblage par pourcentage qui est effectué : c'est un certain volume d'un lot qui va être utilisé, et donc potentiellement pas son intégralité. Une des difficultés de cette méthode réside dans la difficulté à trouver le meilleur compromis entre qualité et volumes utilisés, afin de limiter les petits volumes résiduels. Environ 10% des volumes produits ne vont pas entrer dans les deux assemblages réalisés. La figure 24 permet de synthétiser le processus d'assemblage des lots par type de vin avant entonnage.

L'assemblage a pour but la production du grand vin de la propriété, ainsi que du second vin. C'est à cette occasion que les presses vont être réintégrées. Les presses ont pour but d'amener de la structure en bouche, avec une trame tannique sensiblement différente de celle que l'on retrouve pour les jus de goutte. Rinaldi et al. (2020) ont montré sur le Sangiovese (cépage italien), les différences physicochimiques entre presses et jus de goutte. Le pressurage joue un rôle important sur les caractéristiques sensoriels, notamment l'astringence et l'aromatique. L'astringence est perçue comme plus importante pour les presses, avec des tanins moins souples.

Les notes attribuées (A, AB, et B) sont utilisées de manière indicative, notamment pour les lots AB : certains lots peuvent ainsi être surclassés ou déclassés à la dégustation. Les P1 représentent quasiment 5% du volume de vin fini, volume non négligeable et valorisable. De manière moyenne, on retrouve de 7 à 8% des jus de presses dans les assemblages. Une fois assemblé, les vins sont séparés en lot, permettant ainsi le suivi au cours de l'année d'élevage. Ces lots sont basés sur le type de vin, ainsi que sur les barriques utilisées pour l'entonnage.

Les assemblages sont réalisés dans le cuvier béton. Chaque lot est analysé avant assemblage, pour éviter tout risque de contamination généralisée. Les vins sont ensuite entonnés.

Tableau 19 : suivi des maturité d'une parcelle de Sauvignon blanc, millésime 2022.

Date	TAVP (%Vol.)	AT (g _{H2SO4} /L)	AM (g/L)	pH	200 baies (g)	Azote ass. (mg/L)	K (mg/L)
08/08/2022	10,76	12,2	7,3	2,77	317	80	1264
11/08/2022	11,65	11,1	6,6	2,84	263	66	1345
16/08/2022	12,18	8,4	4,4	2,93	266	63	1307
18/08/2022	12,35	7,1	3,7	3	292	58	1332
22/08/2022	13,29	6,55	2,8	2,98	261	57	1409

Tableau 20 : suivi des maturités d'une parcelle de Sémillon, millésime 2022.

Date	TAVP (%Vol.)	AT (g _{H2SO4} /L)	AM (g/L)	pH	200 baies (g)	Azote ass. (mg/L)	K (mg/L)
08/08/2022	8,82	8	5,9	3,02	406	106	1261
11/08/2022	9,29	7,05	5,2	3,06	417	94	1297
16/08/2022	9,94	5,25	3,2	3,14	395	89	1268
18/08/2022	10,06	4,65	2,9	3,19	443	80	1242
22/08/2022	11,35	3,85	2,4	3,27	532	73	1384

La figure 25 résume les grandes étapes de la vendange à la mise en bouteille. La figure 26 permet d'avoir une vue temporelle d'ensemble sur les grandes opérations allant des vendanges à la mise en bouteille.

On retrouve une proportion plus importante de Cabernet Sauvignon dans le premier vin (en moyenne 70%), contre 40 pour le second vin. La dominante Merlot sur le second vin conduit à avoir un profil différent pour le Médoc, traditionnellement marqué par la dominante de Cabernet Sauvignon.

VII. Vendange et vinification du vin blanc au Château Duhart Milon

La production de vin blanc reste encore anecdotique au Château Duhart Milon. Le choix d'aborder cette partie a pour but de se pencher sur la vinification en blanc, dont l'approche est fondamentalement différente, notamment sur la gestion de la matrice. La structure de présentation du processus est similaire à celle utilisée pour le vin rouge.

A. Suivi des maturités et choix du moment de récolte

De la même manière que pour le vin rouge un suivi de la maturité est réalisé. Il fait ainsi intervenir une approche analytique et gustative. Les paramètres analysés sont différents, le suivi de l'acidité prenant une place plus importante. En effet, l'exposition du raisin a des températures élevées et un ensoleillement important conduit à des modifications physico-chimiques : dégradation de l'acide malique, diminution de l'acidité totale et une augmentation de la concentration en sucres fermentescibles. L'objectif de la propriété est d'obtenir un vin blanc conservant une certaine fraîcheur en bouche, ce qui nécessite de vendanger au moment où le compromis entre acidité, approche gustative et teneur en sucre est le meilleur. Le suivi est, de la même manière, réalisé deux fois par semaine.

Dans le cadre du suivi technologique ce sont les paramètres suivants qui sont étudiés :

- Taux alcoolique volumétrique potentiel (en % du volume).
- L'acidité totale (en $\text{g}(\text{H}_2\text{SO}_4).\text{L}^{-1}$).
- La concentration en acide malique (en $\text{g}.\text{L}^{-1}$).
- Le pH.
- La masse de 200 baies (en gramme).
- La concentration en azote assimilable (en $\text{mg}.\text{L}^{-1}$).
- La concentration en potassium (en $\text{mg}.\text{L}^{-1}$).

Les tableaux 19 et 20 permettent de visualiser les contrôles maturité menés et l'évolution des paramètres. « Azote ass. » est l'abréviation pour azote assimilable.

B. Vinification du vin blanc

L'organisation du chantier de récolte est identique à celle pour les vendanges en rouge. C'est ici la réception qui diffère et qui est donc abordée. La figure 30 résume l'ensemble des différentes étapes de production du vin blanc de manière synthétique.

1. Réception et remplissage du pressoir

Au vu des volumes vendangés, encore très faibles, l'organisation n'est pas encore optimisée, et est vouée à évoluer suivant les différents retours de l'équipe travaillant au chai.

De la même manière la vendange entière est stabulée à froid, 24 h, avant de remplir le pressoir. Comme pour les vendanges en rouge, il est ainsi plus aisé d'organiser la journée de travail. Les caisses sont ici déversées manuellement dans le pressoir. Dans le futur, un système similaire à la réception en rouge sera utilisé : utilisation d'un lève palette, retourneur de cagette, table de tri avec opérateurs, et convoyeur à bande pour amener la vendange jusque dans le pressoir.

Tableau 21 : programme de pressurage des vins blancs.

Premier cycle		Second cycle	
Pression (mbar)	Temps (s)	Pression (mbar)	Temps (s)
50	120	800	240
75	60	900	180
100	60	1000	180
125	60	1100	180
150	60	1200	180
175	60	1300	180
200	60	1400	180
225	60	1500	180
250	60	1600	180
300	120	1700	180
350	120	1800	180
400	120	Fin du cycle	
450	120		
500	120		
550	120		
600	120		
650	120		
700	120		
750	120		
800	120		
850	120		
900	120		
950	120		
1000	120		
1050	120		
Rebêche			
450	120		
500	120		
550	120		
600	120		
650	120		
700	120		
750	120		
800	120		
850	120		
900	120		
950	120		
1000	120		
1050	120		
1100	120		
1150	120		
1200	120		
1250	120		
Rebêche			

La vendange entière est répartie dans l'ensemble du pressoir, en limitant au maximum la trituration afin d'éviter la libération d'une quantité trop importante de jus libre. On limite ainsi la libération de polyphénol oxydase (PPO), enzyme naturellement présente au sein du cytoplasme des baies, et sa mise au contact de ses différents substrats (composés phénoliques) stockés au sein de la vacuole.

Le pressoir est inerté à l'aide de diazote gazeux, afin d'éviter la mise au contact des jus avec le dioxygène, acteur responsable de l'oxydation en vinification (Macheix et al., 1991). Ce sont les mêmes pressoirs qui servent pour le pressurage des marcs de rouge (pressoir pneumatique à membrane, de la marque *Defranceschi*). De la même manière, c'est le système de production de diazote du chai qui est utilisé. Il n'y a pas de sulfitage au moment du remplissage au pressoir : la protection contre l'oxydation se base sur l'utilisation de diazote gazeux, pour l'inertage du pressoir ainsi que le barbotage pour les jus libérés, captés en gravitaire dans un cuvons inox. L'objectif est notamment d'éviter un apport de dioxygène, agent oxydant très important (de par son rôle de substrat notamment). Pour des températures plus faibles, on augmente la quantité de dioxygène soluble (environ 10 mg.L⁻¹ à 5°C contre 6-7 mg.L⁻¹ à 20-25°C à saturation) (Zironi et al., 2009). A contrario on favorise les cinétiques oxydatives pour des températures croissantes (Zironi et al., 2009). Le travail à froid permet ainsi de limiter les cinétiques oxydatives, mais peut aussi conduire à une captation plus importante de dioxygène.

Une première dose d'enzymes pectolitiques (formulation d'hémicellulases, de glucanases, de glycosidases et pectinases) est ajoutée au moment du remplissage du pressoir : l'objectif est ici de commencer l'incorporation aux jus, afin de faciliter la prochaine étape de vinification notamment le débouillage (intérêt détaillé par la suite).

2. Pressurage

Une fois le pressoir rempli, le cycle de pressurage peut débuter. L'utilisation des pressoirs pneumatiques inertés à l'azote permet de protéger l'ensemble de la vendange (marc et jus) pendant l'ensemble du processus.

Le cycle de pressurage est adapté et différent de celui utilisé pour le marc de vin rouge. La figure 27 permet de visualiser la courbe et la montée en pression, le tableau 21 résumant l'ensemble des paliers et rebêches au cours du temps. On se trouve sur des cycles lents, avec de nombreux paliers permettant une montée en pression progressive. Le pressurage en grappe entière présente deux caractéristiques majeures :

- Un risque d'extraction d'arômes herbacés accru, de par la présence des rafles, qui contiennent les molécules.
- Un meilleur drainage des jus, notamment pour les faibles pressions.

Les jus obtenus pendant le pressurage sont ainsi séparés par conductimétrie: cette méthode permet notamment de s'intéresser au relargage des ions potassiques et calciques (K⁺ et Ca²⁺). Ce relargage intervient lorsque les pellicules commencent à être pressées de manière plus importante. C'est pour les pressions plus élevées que l'on retrouve aussi une extraction accrue des précurseurs d'arômes variétaux, ainsi que des polyphénols. Les presses sont séparées au moment de la rupture de pente de la conductivité. La dégustation intervient aussi mais de manière plus limitée, les volumes restants encore faibles.

On obtient donc deux qualités différentes qui vont ensuite suivre des itinéraires différents :

- Les P1, correspondant à l'ensemble des jus de goutte ou pressée obtenus avant le saut de conductivité. Ils résultent des premiers paliers de pressurage, à faibles pressions.
- Les P2, correspondant à l'ensemble des jus de presse obtenus après le saut de conductivité. Ils résultent des paliers de pression plus élevés.

Un cuvion intermédiaire, sous diazote, permet de récolter les jus avant le transfert en cuve. Il permet le suivi de la conductimétrie, et le changement de cuve au meilleur moment. Au sein du cuvion, afin de permettre la désoxygénation du moût, du diazote est aussi en barbotage. La pression permet aussi, à la fin du pressurage, d'aider au déplacement du moût pompé.

Le SO₂ est intégré dans le fond de la cuve dans laquelle sont transférés les jus. Les cuves sont inertées avec un mélange de diazote gazeux et dioxyde de carbone comme avant l'encuvage pour le vin rouge.

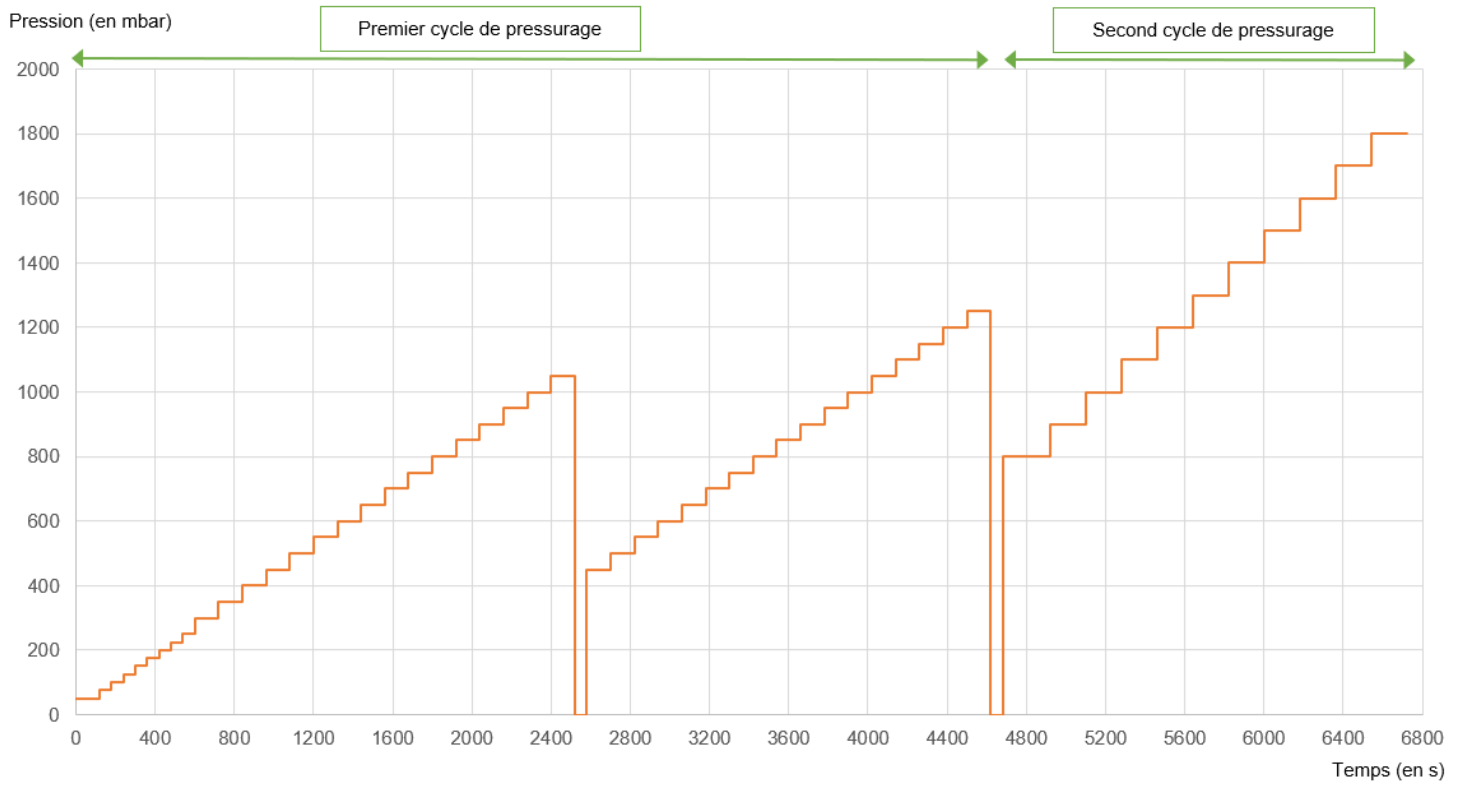


Figure 27 : cycle de pressurage utilisé pour les vins blancs. Chaque retour à 0 correspond à une rebêche.

C'est une dose de 3 g.L⁻¹ qui est utilisée ici aussi. Lorsque le pressurage est terminé, le reste des enzymes pectolitiques est ajouté afin d'atteindre la dose pleine.

3. Débourage

Le débourage est une opération visant à clarifier le moût obtenu après pressurage, par élimination des matières solides (les bourbes). Les bourbes sont un mélange d'éléments insolubles, composées de débris solides de pulpes, rafles, pépins et de particules terreuses (levures, bactéries, colloïdes plus ou moins flocculées) (Rolland, 2022).

C'est un débourage statique, à froid, qui est réalisé au Château Duhart Milon. La température est fixée autour de 8°C, avec un objectif de turbidité finale différent suivant le cépage et la qualité de presse. La mise au froid permet de faciliter le dépôt des éléments par sédimentation, limite les réactions d'oxydations ainsi que les départs en fermentation.

L'utilisation des enzymes pectolitiques facilite le débourage. Le moût clarifié est ensuite pompé et déplacé dans une cuve, la turbidité étant mesurée à l'aide d'un néphélomètre. Le pilotage de la turbidité est une étape clé car elle a de nombreux impacts sur la suite du processus de vinifications. Tout d'abord au niveau organoleptique, le débourage permet un pilotage du profil du futur vin, ainsi que la diminution des risques de déviations :

- Élimination des défauts organoleptiques, la clarification des moûts permettant une diminution des notes herbacées (élimination des composés en C6), ainsi qu'une diminution des composés soufrés volatils et donc des odeurs de réduits.
- Diminution des teneurs en méthionol (responsable des odeurs de pomme de terre cuite) pour des turbidités élevées, ou des augmentations des teneurs en acide acétique si turbidité trop faible.

Par ailleurs d'un point de vue fermentaire, un débourage trop serré va conduire à un fort appauvrissement du milieu en éléments nécessaires à la survie des levures, notamment la fraction lipidique du moût. Une carence en stérol peut conduire à des fermentations languissantes, ainsi que la production de composés indésirables (Groat et Ough, 1978 ; Ochando et al., 2017). Si les levures font face à une carence, une des conséquences sera l'accumulation et la production de métabolites issus de la synthèse lipidiques, comme l'acide acétique et les acides gras à chaîne moyenne (Henry, 1982 ; Deroite et al., 2018). Les acides gras à chaîne moyenne sont notamment impliqués dans les fermentations languissantes, et sont toxiques pour les levures (Restrepo et al., 2019).

Ici c'est une turbidité visée qui va être différente entre les qualités de presse et les cépages de la propriété. Dans le cadre des P1, les valeurs de turbidité visées sont les suivantes :

- Pour le Sauvignon, c'est une valeur visée allant de 150 à 250 NTU pour le moût clair. L'objectif est de conserver une proportion la plus importante possible de précurseurs cystéinylés des thiols variétaux.
- Pour le Sémillon, le débourage est plus serré, avec pour objectif une turbidité proche de 50 NTU. Une réintroduction de bourbes fines a lieu à posteriori, avant le départ en fermentation.

Pour les P2, l'itinéraire est différent. En effet un ajout de produit œnologique supplémentaire a lieu au début du débourage. Il fait intervenir un mix de protéine de pois (80%) et de polyvinylpyrrolidone (PVPP) (20%). La PVPP est un très bon adsorbant des composés phénoliques, des molécules responsables de l'amertume et permet ainsi un traitement des potentielles oxydations (Verhnet, 2022). De la même manière que l'osmoseur, son autorisation est interdite dans le cadre de l'agriculture biologique : son utilisation devra disparaître si souhait de certification. La protéine de pois favorise elle aussi l'élimination des composés phénoliques oxydés/oxydables. L'ensemble permet donc d'éliminer les composés oxydés ou risquant de s'oxyder par la suite.

L'ajout du mélange se fait à l'aide d'un système venturi, suivi d'un bullage important à l'azote pour l'homogénéisation. Le débourage est extrêmement serré (turbidité visée du moût clair inférieure à 30 NTU), une réintroduction de bourbes fines de Sauvignon (P1) ayant ensuite lieu de manière rectificative afin d'atteindre une turbidité proche de 250 NTU avant fermentation alcoolique. Le processus a pour but d'éliminer les polyphénols, pouvant s'oxyder, et conserver les arômes variétaux ayant pu être extraits.

Actuellement les volumes de bourbes ne permettent pas l'utilisation du filtre. Dans le futur, les bourbes de P1 seront ensuite rassemblées, avant d'être filtrées et potentiellement intégrées. Les bourbes de P2, sont envoyés à la distillerie.

L'ensemble des travaux se réalise autant que possible en milieu inerte, les cuves se trouvant sous maintien d'azote lors du débouillage. Un mireur branché en sortie de la cuve, au niveau de la vanne du coude débouilleur, permet de gérer le transfert du moût clair. Les valeurs de turbidité proches de 200 NTU permettent de conserver la fraction fine la plus intéressante, en quantité suffisamment importante pour la fermentation et la survie des levures, tout en limitant drastiquement les risques de déviations évoqués précédemment. Un prélèvement est effectué afin de réaliser un bilan analytique après débouillage.

4. Fermentation alcoolique et entonnage

Une fois le débouillage effectué, la consigne de froid est réglée autour de 17°C. Le bilan analytique permet ensuite la prise de décision concernant des ajouts azotés, ainsi qu'un potentiel recours à la chaptalisation (si besoin et autorisation).

Sur la base du même protocole que pour le vin rouge, un ajout d'*Oenostim* (30 g.hL⁻¹) ainsi qu'une préparation de levure commerciale est ajouté. La levure utilisée ici est la levure *Zymaflore X16* (20 g.hL⁻¹), LSA sélectionnée et commercialisée par Laffort (annexe 3). De la même manière que sur vin rouge, on assure une sécurité fermentaire, avec une souche résistante à l'alcool et aux faibles turbidités, une faible production d'acide volatil et de sulfure d'hydrogène. Les turbidités relativement élevées, l'ajout d'*Oenostim*, et l'utilisation de LSA viennent limiter le risque d'arrêt de fermentation. Les figures 28 et 29 permettent de visualiser les cinétiques fermentaires d'un lot de Sauvignon et d'un de Sémillon.

Le départ de la fermentation alcoolique se fait en cuve inox. Ce choix s'explique par plusieurs raisons :

- Une facilité pour la préparation et l'ajout des levures, de l'*Oenostim*, ainsi que du complément en azote assimilable, le travail s'effectuant sur un plus gros volume. L'homogénéisation est par ailleurs plus aisée.
- Faciliter le suivi des paramètres usuels (température et masse volumique) au début de la fermentation.
- S'assurer du bon départ de la fermentation, en mettant les levures dans les meilleures conditions possibles (en adéquation avec les objectifs de production).

Pour le millésime 2022, l'ensemble des lots ont dû être complété en azote assimilable : moins de 140 mg.L⁻¹ d'azote assimilable, quel que soit le lot, pouvant aller jusqu'à moins de 70 mg.L⁻¹. De la même manière que pour les vins rouges, l'ajout se fait pour une masse volumique proche de 1070, avec du phosphate d'ammonium. L'objectif est d'atteindre des valeurs en azote assimilable supérieure à 140 mg.L⁻¹ qui est la valeur seuil pour un TAV proche de 12°. Dans les faits, il est visé une valeur proche de 170 mg.L⁻¹ d'azote assimilable.

Une fois la complémentation en azote réalisée, un transfert en barrique est réalisé (pour une densité proche de 1060). L'entonnage est réalisé avec le même système que pour les vins rouges. Les barriques utilisées sont les mêmes barriques utilisées pour le premier vin du Château Rieussec, propriété du groupe DBR dans le Sauternes. Ce sont des barriques en chêne français, produites au sein de la tonnellerie du domaine, avec une chauffe moyenne. Les barriques ne sont pas installées sur des tains bois au sol comme c'est le cas pour le vin rouge mais sur des *OXOline*, permettant un gain de place tout en facilitant la manipulation pour certaines opérations.

Gonzalez-Marco et al. (2007) ont démontré l'impact de la fermentation en barrique sur le profil organoleptique de vin de Chardonnay, avec des différences sur les concentrations en composés volatils produits notamment : concentrations en esters et en alcools supérieurs (+ 42 points) pour le vin dont la fermentation s'est déroulée en barrique. La concentration totale en alcool supérieure reste néanmoins sous le seuil de 400 mg.L⁻¹, au-delà duquel Rapp et Mandery (1986) ont démontré un effet négatif pour le vin produit.

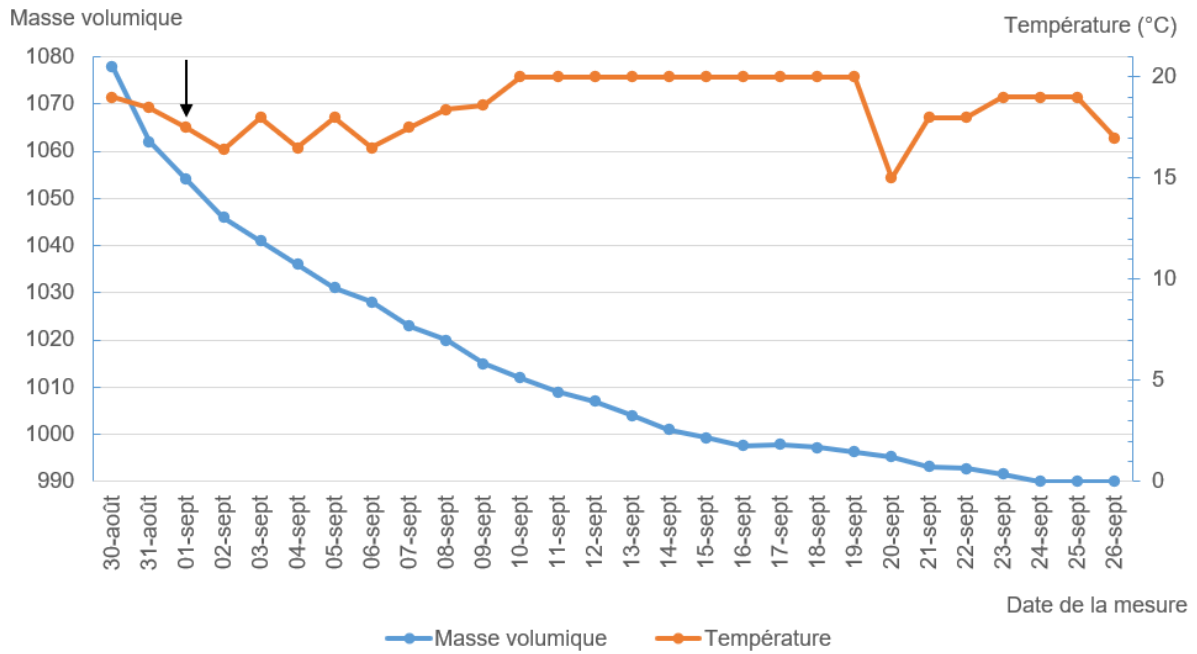


Figure 28 : cinétique fermentaire et évolution de la température du lot Sauvignon 3.

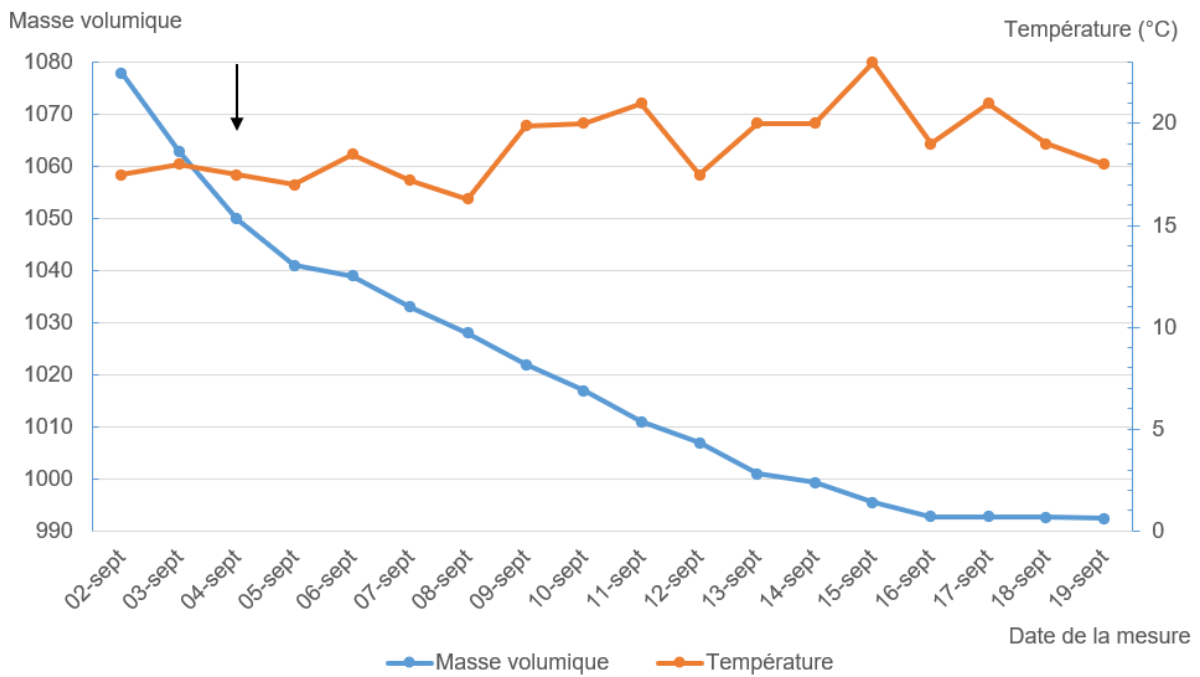


Figure 29 : cinétique fermentaire et évolution de la température du lot Sémillon 2(3).

La production de vin blanc étant encore nouvelle sur la propriété, les barriques entonnées avec le moût en fermentation se situent dans le chai à barrique, thermorégulé à 15°C. Pour pallier à la différence de température, et avant d'adapter la zone pour cette nouvelle production, le domaine s'appuie sur des chaufferettes, utilisées en aquariophilie afin de thermoréguler les aquariums. Le système actuel fonctionne mais ne sera pas viable lorsque les volumes augmenteront. En effet la gestion de la température est relativement approximative, la régulation restant relativement inhomogène au sein de la barrique, chaque bâtonnage ou opération nécessitant par ailleurs de sortir le système. Il permet néanmoins d'aider à la survie des levures, et ainsi de favoriser la fin des fermentations.

Des bâtonnages sont réalisés deux fois par semaine. Le bâtonnage est une action ayant pour but d'homogénéiser le milieu pendant la fermentation alcoolique. Pendant l'élevage il permet une remise en solution des lies. Une bombe à viser est installée pour l'opération, la barrique étant ensuite agitée par rotation, puis mise bonde vers le bas pendant une quinzaine de minute. Pour les prochains millésimes, un fouet pliable devrait être utilisé, l'accès aux bondes des barriques au sein de l'OXOline restant relativement complexe. Il permettra notamment un gain de temps au moment de l'opération.

De la même manière que sur les vins rouges, masse volumique et température sont contrôlées deux fois par jour, à l'aide d'un appareil commercialisé par le fabricant *Anton Paar*. Des bilans sont réalisés en fin de fermentation afin de s'assurer de la bonne consommation de l'ensemble des sucres fermentescibles. Les analyses sont réalisées par le laboratoire œnologique *Oeno'Conseil* de Pauillac.

Les fermentations plus longues peuvent s'expliquer par le fait que l'on retrouve des concentrations plus importantes en acides gras à chaîne moyenne pour les moûts fermentant en barrique (Gonzalez-Marco et al., 2007), composés toxiques pour les levures. Une hypothèse avancée est l'impact du contenant, le bois neuf contenant des molécules (type acide gras à chaîne moyenne notamment) pouvant être relarguées.

VIII. Elevage et travail au chai autour du vin blanc

A. Elevage en barrique

Une fois la fermentation alcoolique terminée, le vin blanc va ensuite être élevé de 7 à 8 mois dans les barriques, sur lies fines, à une température de 15°C.

1. La fermentation malolactique

Comme vu précédemment la fermentation malolactique est la réaction réalisée par les bactéries lactiques conduisant à la transformation de l'acide malique en acide lactique. Il en découle plusieurs modifications physico-chimiques du vin, avec notamment une diminution de l'acidité. Cette réaction est traditionnellement réalisée sur vins rouges, mais aussi sur certains vins blancs (notamment en Bourgogne, et en Champagne).

A la fin de la fermentation alcoolique, un ajout de SO₂ a lieu. L'objectif est maintenir une protection du milieu, mais aussi empêcher le départ de la fermentation malolactique, non recherchée sur le vin blanc de la propriété. D'après la synthèse effectuée par Betteridge et al. (2018) les principaux inhibiteurs de la FML sont l'éthanol, les pH et températures faibles, ainsi que le SO₂. Le fait de combiner des valeurs de pH et de température inférieures aux conditions optimales de développement des bactéries lactiques, avec un ajout en SO₂ en fin de fermentation permet d'inhiber efficacement le développement des bactéries lactiques. C'est notamment le cas sur les vins de la propriété. Par ailleurs le choix de ne pas réaliser la FML sur vin blanc s'explique par différentes raisons. La réaction conduit notamment à une diminution du pH (en lien avec la teneur initiale en acide malique) (Costantini et al., 2009), ainsi qu'une modification du profil organoleptique plus ou moins importante (notes beurrées sur vin blanc notamment). Le choix de conserver un vin frais au nez et en bouche ne va donc pas dans le sens d'une fermentation malolactique.

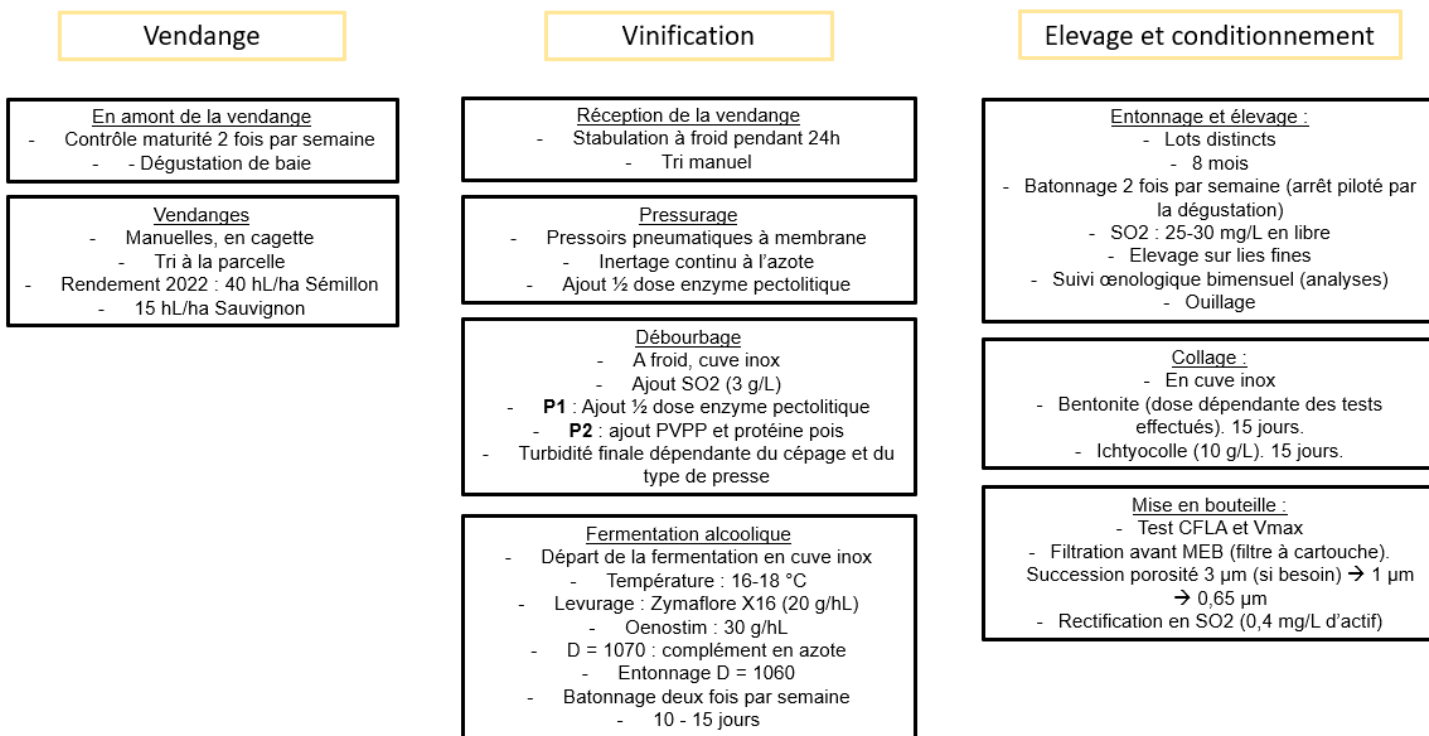


Figure 30 : schéma synthèse des opérations sur vin blanc allant de la vendange à la mise en bouteille.

Tableau 22 : suivi mensuel des lots Sauvignon 3 et Sémillon 2(3).

Code lot	Date	Acidité volatile (g _{H2SO4} /L)	SO ₂ total (mg/L)	SO ₂ libre (mg/L)
Sauvignon (3)	23/11/2022	0,27	115	31
Sauvignon (3)	07/12/2022	0,2	106	29
Sémillon 2(3)	23/11/2022	0,22	116	30
Sémillon 2(3)	07/12/2022	0,23	115	29

2. L'élevage sur lies

Des bâtonnages sont réalisés régulièrement afin de remettre en solution les lies. Les lies sont un terme englobant les résidus se retrouvant dans les contenants après la fermentation alcoolique, ou période de stockage du vin, ou désignant aussi les résidus obtenus après filtration ou traitement autorisé. L'opération est effectuée de la même manière que pendant la fermentation alcoolique. C'est la dégustation qui permet de piloter le nombre d'occurrence par semaine de l'opération. Cette méthode permet d'améliorer la libération des macromolécules continues dans les lies (Perez-Serradilla et De Castro, 2008). Des ouillages sont réalisés, de manière moins fréquentes que sur vin rouge, afin de permettre la réalisation des opérations de bâtonnages notamment.

La composition des lies reste variable, la base de la composition étant des résidus de micro-organismes (en majorité levurien, et bactérien si FML), d'acide organique (tartrique notamment), et de diverses composantes en plus faibles proportions (Perez-Serradilla et De Castro, 2008 ; Jara-Palacios M.J., 2019; Perez-Bibbins et al., 2015). Durant l'élevage sur lies, différentes réactions physicochimiques vont avoir lieu, avec notamment l'autolyse des levures conduisant à la dégradation des membranes et à la libération de constituants intra-cellulaire dans le milieu (Jara-Palacios M.J., 2019, Guilloux-Benatier et Chassagne, 2003). L'impact global des lies sur le vin est vaste, les lies jouant un rôle sur le profil organoleptique du vin, sa stabilité, mais aussi sa couleur.

On distingue trois grandes catégories de réaction pendant l'autolyse (Rolland, 2022) :

- La protéolyse, qui conduit à un relargage de différents composés azotés.
- La dégradation des parois cellulaires, conduisant à la libération de différents polysaccharides, participant à l'inhibition de la casse protéique.
- Un relargage de substances volatiles.

La combinaison d'un élevage sur lies et des arômes variétaux et fermentaires va ainsi modifier le profil organoleptique du vin, en le complexifiant (Bautista et al., 2007). La présence de lies est aussi importante dans le cas d'un élevage en barrique, ces dernières venant limiter le côté boisé, évitant ainsi une prédominance sur les autres arômes du vin (Chatonnet et al., 1992a). L'élevage sur lies permet aussi de protéger le vin contre l'oxydation, ces dernières présentant des propriétés réductrices. Ces propriétés réductrices sont à lier à la consommation du dioxygène par les lies (Salmon et al., 2000), cette consommation impactant dans le même temps le processus d'autolyse et la libération des composés dans le milieu (Fornairon-Bonnefond et Salmon, 2003). L'élevage sur lies va aussi permettre une stabilisation de la matrice en diminuant l'instabilité tartrique et protéique. La présence de mannoprotéines, molécules libérées durant le processus d'autolyse vont interagir avec les protéines présentes et ainsi éviter leurs agrégation (Moine-Ledoux et Dubourdieu, 1999).

Un élevage sur lies présentent aussi des risques, notamment avec les possibles déviations organoleptiques, dû à la production d'espèces soufrées (Perez-Serradilla et De Castro, 2008 ; Palacios et al., 1997 ; Fowles G.W.A, 1994) induisant le développement d'odeurs de réduits, ou celles en lien avec une vendange initialement altérée.

Durant cette période, les vins sont suivis de manière mensuel. Ici c'est surtout le SO₂ et l'acide malique qui importent, le premier pour la protection du milieu, le second pour la fermentation malo-lactique. On retrouve de manière beaucoup plus rare des contaminations par *Brettanomyces* sur vins blancs (Licker et al., 1998 ; Dias et al., 2003) : leur absence semble être liée à des pH plus faibles favorisant l'action du SO₂ (Loureiro & Malfeito-Ferreira, 2006). Par ailleurs, les vins rouges sont aussi plus sensibles de par leur teneur en SO₂ plus faible, des pH plus élevés, ainsi qu'une concentration en polyphénol plus importante (Benito et al., 2009). Le tableau 22 présente les suivis effectués sur les deux lots de vin considérés.

B. Assemblage

Les assemblages sont réalisés avant le collage, une fois l'élevage terminé. Les volumes étant encore faibles, la majorité du vin est conservé et intervient dans l'assemblage. Le vin n'y participant pas est rassemblé dans un garde vin à chapeau flottant, à destination de la distillerie.

Une fois l'assemblage décidé, le vin est remonté en cuve, permettant dans le même temps la réalisation d'un soutirage. L'opération est conduite de la même manière que pour le vin rouge. A l'avenir, un système de fonctionnement similaire à celui du vin rouge sera mis en place avec un travail par système de lot. Le suivi analytique sera aussi facilité, à travers un échantillonnage par lot, et non plus par barrique comme c'est le cas actuellement.

La figure 30 permet de résumer les différentes opérations du vin blanc, de la vendange à la mise en bouteille.

IX. Préparation des vins rouge et mise en bouteille

A. Le collage des vins

Le collage est une opération qui a pour but de clarifier le vin. Il consiste à l'incorporation, dans un vin trouble, de substances capables de flocculer et de sédimenter en entraînant les particules en suspension (Verhnet, 2022). On peut souligner trois grands objectifs à cette opération (Verhnet, 2022). Le collage permet de clarifier le vin, en éliminant certaines particules en suspension. Cette opération contribue aussi à la préparation de la mise en bouteille, en diminuant la turbidité du milieu. Par ailleurs le collage conduit aussi à une amélioration visuelle et gustative du vin, ainsi qu'à la stabilisation du milieu, du aux interactions sélectives avec certains composés du vin. En effet, les protéines utilisées dans certains agents de collage peuvent permettre des diminutions de l'astringence et de l'amertume du vin, suite à l'interactions avec certains tanins (Karamanidou et al., 2011; Oberholster et al., 2013; Tschiersch et al., 2010).

Cette opération intervient courant janvier, un an et demi après vendange. Le domaine colle traditionnellement à l'albumine, protéine que l'on retrouve dans le blanc d'œuf. Tous les ans, des tests sont effectués pour connaître la dose à ajouter afin d'obtenir le meilleur résultat. Des tests sont aussi effectués avec de la gélatine de porc, autre agent de collage pouvant être utilisé. L'albumine permet un assouplissement de la structure tannique, ainsi que l'obtention de la stabilité colloïdale.

Le collage est effectué en cuve, avec de l'albumine liquide. Le travail en cuve facilite l'opération d'ajout et d'homogénéisation, ainsi que le soutirage réalisé, tout en permettant un important gain de temps. Pour le millésime 2020, c'est la dose de 35 mL.hL⁻¹ d'albumine pour le collage qui a été retenue. Elle correspond approximativement à l'ajout de 5 œufs dans une barrique bordelaise de 225 L. Le vin collé est ensuite laissé 45 jours avant d'être soutiré, et ce environ 3 mois avant la mise en bouteille. Une fois soutirés, analysés, et traités spécifiquement au besoin, les différents lots de vin sont homogénéisés par qualité (Grand vin, Moulin de Duhart-Milon). Les lies collées sont ensuite filtrées, puis réintroduites à la proportionnelle dans chaque ensemble.

B. Préparation à la mise en bouteille

1. Tests de filtrabilité réalisés sur la propriété

La filtration est l'étape devant permettre d'obtenir la limpidité, ainsi que la stabilité biologique avant la mise. En mars, des tests de filtrabilité sur vin collé et soutiré sont réalisés afin de préparer la mise. Le domaine s'est orienté vers l'utilisation de filtre à cartouche à la mise.

Plusieurs tests sont donc effectués, afin de choisir au mieux l'itinéraire technique de préparation du vin :

- Un test du v_{max} , qui correspond au volume maximum au colmatage, permet d'obtenir une indication sur la filtrabilité du vin (Descout et al., 1976).
- L'indice de colmatage (ou indice de filtrabilité), qui est un autre indicateur de la filtrabilité du vin, basé sur une méthodologie différente.

Ces deux tests ont pour but de définir les porosités des membranes et l'enchaînement nécessaire afin de ne pas colmater celles-ci. Cet enchaînement est dépendant des caractéristiques de la matrice.

Le domaine utilise aussi les critères de filtration Lamothe-Abiet (CFLA), permettant aussi de définir l'itinéraire de filtration, en lien avec la mesure de turbidité, ainsi que l'écoulement du vin à travers une membrane de filtration.

Suivant les valeurs obtenus, tout en prenant en compte l'aspect microbiologique et les phénols volatils, un itinéraire de préparation à la mise est ensuite réalisé. L'ensemble des tests sont réalisés par le laboratoire œnologique de Pauillac (*OenoConseil* Pauillac).

2. Itinéraire de la préparation du vin à la mise

Depuis quelques années, l'itinéraire de préparation du vin à la mise est le suivant :

1. Filtration tangentielle, sur membrane céramique, qui est un filtre possédé par la propriété. Il permet d'obtenir une stabilité microbiologique (et donc d'éviter un potentiel futur développement de *Brettanomyces* en bouteille) ainsi que d'abaisser la turbidité, étant donné la porosité des membranes. La filtration impacte de manière minimale le profil sensoriel sur vin rouge (Buffon *et al.*, 2014; McRae *et al.*, 2017), mais peut diminuer les arômes et composés phénoliques (Arriagada-Carrazana *et al.*, 2005).
2. Passage du vin filtré à l'osmoseur (si besoin). Le but est ici de diminuer la concentration en phénols volatils du vin, afin de s'assurer à la mise que les concentrations des éthyl-phénols et des éthyl-gaïacol se situent sous les seuils de perception. La concentration visée des deux combinées est de l'ordre de 300 à 400 µg.L⁻¹.
3. Le vin est alors analysé, afin de s'assurer de l'efficacité de l'ensemble des traitements. Il est aussi rectifié en SO₂ si besoin, l'objectif étant d'obtenir une valeur de SO₂ libre proche de 30 mg.L⁻¹. Ce bilan complet permet de réaliser le bulletin de mise, et rendre compte de plusieurs paramètres (acidité totale, acidité volatile, acide malique, pH, anthocyanes, SO₂ total/libre/actif, sucres résiduels, TAV). Des analyses complémentaires sont aussi réalisées pour certains marchés, notamment asiatiques, pour permettre l'entrée sur le territoire.
4. Passage sur un filtre à cartouche, formé de 2 à 3 membranes de porosité différentes (5 µm au besoin, 3 µm et 1,2 µm obligatoirement) au moment de la mise.

La principale problématique à la mise est celle en lien avec les *Brettanomyces*. Elle conduit à l'utilisation d'un osmoseur et de membrane spécifique dont l'utilisation pour diminuer les concentrations en phénols volatils a été démontrées (Ugarte *et al.*, 2005). Cependant l'impact global sur le vin est non négligeable, avec l'élimination de certaines molécules non visées (Ugarte *et al.*, 2005). De plus, le processus de conversion en agriculture biologique entamé, si il veut déboucher sur une certification, devra aussi conduire à l'arrêt de l'utilisation de l'osmoseur.

Le domaine cherche aussi, toujours dans l'optique de production d'agriculture biologique, à diminuer les doses en soufre, afin de passer sous le seuil légal de 100 mg.L⁻¹ de SO₂ total. Dans les faits, il reste encore complexe de l'atteindre sur l'ensemble des lots, notamment à cause des rectifications effectuées au cours de l'élevage.

3. Bouteilles et bouchons utilisés

Les bouteilles utilisées sont de type bordelaises, de couleur cannelle. Il n'y a pas de gravure au niveau des épaules, comme c'est le cas pour les vins de Lafite Rothschild.

Les bouchons proviennent de différents fournisseurs (Lafitte liège, Aquitaine liège, Ducasse Buset) et sont tous en liège plein, de qualité supérieure. Les lots de bouchons sont testés à la réception afin de s'assurer de leur qualité.

Ces analyses sont réalisées par le laboratoire œnologique de Pauillac. Deux grands ensembles de tests sont réalisés :

- Ceux portants sur la qualité physico-chimique des bouchons reçus : humidité, longueur, poussières...
- Ceux portants sur les chloroanisoles, la recherche et le dosage. Ces molécules sont responsables du goût de bouchon (trichloroanisole notamment).

Au moment de la mise en bouteille, les bouchons sont marqués au laser (brulage). Le nom du Château est indiqué sur le bouchon.

C. Mise en bouteille

L'embouteillage est sous-traité à la société Renfort. Cette dernière livre ainsi des bouteilles tirées-bouchées. L'avantage réside dans la rapidité ainsi que la qualité de l'opération. L'ensemble des bouteilles sont embouteillées par le prestataire.

La chaîne d'embouteillage permet successivement :

- Une vérification des bouteilles en verre (à travers un système optique).
- De rincer les bouteilles, puis de les égoutter. On évite ainsi la présence de corps étranger avant embouteillage.
- Les inerte au diazote, avant de les remplir du vin qui vient de passer dans le filtre à cartouche. On limite ainsi l'oxygénation de la matrice avant son futur élevage en bouteille.
- Les boucher.
- De graver la bouteille bouchée, en y inscrivant un numéro de série au laser. Cette étape s'intègre dans le processus de traçabilité, permettant de relier le jour d'embouteillage, avec le vin, le lot de bouchon utilisé ainsi que le lot de bouteille.

Les bouteilles sont ensuite disposées dans des box, puis chargées dans des camions afin d'être stockées dans des bâtiments en région bordelaise. L'habillage, lui aussi sous-traité, et sera réalisé de façon progressive au moment de l'expédition des bouteilles.

X. Préparation du vin blanc et mise en bouteille

A. Stabilisation du vin blanc

1. Le collage : l'étape de stabilisation protéique

Cette étape prend beaucoup plus d'importance pour un vin blanc comparativement au vin rouge. Celui-ci est beaucoup plus sensible à l'apparition d'un trouble d'origine protéique, de par l'importance de la limpidité. Il n'y a aucun risque pour le consommateur (Marangon et al., 2011), et celui-ci n'affecte pas les caractéristiques olfactives et gustatives du produit (Batista et al., 2009 ; Peng et al., 1997). Cependant, il a été montré que l'apparition de trouble ou de dépôt peuvent induire un rejet par le consommateur (Sauvage et al., 2010 ; Tabilo-Munizaga et al., 2014).

Ce trouble protéique peut intervenir en cas d'exposition à des hautes températures pendant le stockage ou le transfert du vin, se traduisant alors par des phénomènes d'agrégation entre les protéines (Waters et al., 1992 ; Høj et al., 2000). Ces phénomènes sont liés à des modifications de la conformation des protéines, conduisant alors à l'apparition d'interactions intermoléculaires et leur précipitation. De nombreux facteurs jouent un rôle et influencent l'apparition d'un trouble : le stockage avec notamment les conditions de température, les caractéristiques du vin (pH, composition protéique, teneur en éthanol, teneurs en composés phénoliques ...) l'ensemble des facteurs n'ayant pas encore été tous identifiés (Batista et al., 2009 ; Batista et al., 2010 ; Boulton, 1980 ; Marangoon et al., 2011 ; Peng et al., 1997 ; Pocock et al., 2007).

Deux agents de collage sont utilisés au Château Duhart-Milon : la bentonite, et l'ichtyocolle. Le premier est un agent inorganique (argile), majoritairement utilisée de par son efficacité et son faible coût. Sa structure, et sa charge globale (négative au pH du vin), font qu'elle peut notamment interagir avec les protéines et précipiter (Van Sluyter et al., 2015). Il faut cependant veiller à réaliser des tests préalables, un sur-collage à la bentonite pouvant conduire à des pertes d'arômes, se traduisant par une diminution de la qualité (Salazar et al., 2017; Vincenzi et al., 2015). Le risque est d'affecter les caractéristiques organoleptiques du produit final (Silva et al., 2010), la bentonite pouvant éliminer certains composés aromatiques. Le second agent est d'origine animale (vessie natatoire de poisson), et permet une clarification des rosés et vins blancs haut de gamme (Verhnet, 2022). L'ichtyocolle a aussi un effet très positif sur la couleur et la brillance.

Des tests de collage sont réalisés préalablement afin de déterminer la dose la plus juste à apporter. Les vins sont ensuite collés en cuve. Un collage à la bentonite intervient, suivi d'un soutirage quinze jours plus tard. Les doses de bentonite à ajouter sont plus faibles dans le cadre d'un vin blanc élevé sur lies, les mannoprotéines libérées permettant de stabiliser les protéines. Lors de l'introduction de la colle, il faut s'assurer d'une répartition homogène dans la cuve, ce paramètre étant un des facteurs de réussite du collage. Cette opération se réalise à l'aide d'un venturi, une homogénéisation en circuit fermé sans aération ayant lieu ensuite. Le collage intervient après l'assemblage des vins. Lors de la sortie de colle, les lies sont écartées et ne sont pas filtrées. En effet la bentonite est un composé minéral, abrasif pour le filtre. Par ailleurs les volumes produits ne justifient pas son utilisation, ou le recours à un prestataire. Un second collage a ensuite lieu avec l'ichtyocolle, avec un protocole similaire à la bentonite.

Une fois collé, le vin est analysé afin de s'assurer de l'absence de résidus de collage, rectifier les valeurs de SO₂ (si besoin), mais aussi préparer la mise en bouteille. Ce sont les mêmes tests de préparation à la mise qui sont réalisés sur le vin blanc. La valeur de SO₂ libre visé est de 30 mg.L⁻¹ sur vin blanc.

2. Stabilisation tartrique

La stabilisation tartrique est une étape permettant de faire précipiter l'acide tartrique sous forme de cristaux. On évite ainsi un développement en bouteille a posteriori. Différentes méthodes peuvent être utilisées : électrodialyse, stabilisation à froid, ou l'utilisation d'acide métatartrique. Des additifs ont aussi démontré leur efficacité comme la gomme arabique jouant un rôle de colloïdes protecteurs (Ribéreau-Gayon et al., 2020b), ou encore l'ajout de carboxyméthylcellulose (Greeff et al., 2012 ; Wucherpfennig et al., 1984 ; Wucherpfennig et al., 1988).

Le domaine ne réalise pas de stabilisation tartrique sur les vins de la propriété. Jusqu'à très récemment, il n'y avait même aucun suivi ni test réalisé sur vin rouge. Le fait de réaliser un élevage relativement long permet de limiter le risque, des dépôts progressifs ayant lieu pendant l'élevage. De plus, la production de vin rouge est moins sensible à ce paramètre, encore plus dans le cas de bouteille amenée à continuer leur élevage en bouteille sur des périodes de temps plus longue. Le dépôt est ici moins important pour le consommateur. L'élevage sur lies pour le vin blanc permet aussi d'amener une certaine stabilité comme évoqué précédemment.

B. Itinéraire de préparation du vin à la mise

L'itinéraire de préparation du vin blanc est totalement différent de celui du vin rouge, les problématiques étant différentes. Des tests préalables identiques à ceux réalisés sur vin rouge sont conduits. C'est uniquement une filtration sur membranes (à cartouches) qui est ici effectuée pour le vin blanc. De la même manière des analyses sont commandées afin de connaître certains paramètres comme le taux alcoolique volumique exact, ou encore les valeurs de SO₂ afin de pouvoir les ajuster si besoin. La valeur visé pour le SO₂ actif est de 0,4 mg.L⁻¹, avec une valeur maximale de SO₂ total de 200 mg.L⁻¹ (150 pour un vin blanc sec certifié en agriculture biologique).

Les membranes utilisées sont de porosité plus faibles que pour le vin rouge : (3 µm au besoin, qui permet une clarification du milieu), 1 µm puis 0,65 µm. On a ici une filtration stérilisante. Cette filtration a lieu au moment de la mise, comme pour le vin rouge.

C. Mise en bouteille, stockage et habillage du vin blanc

Le processus est identique à celui du vin rouge. Cette partie n'est pas donc de nouveau détaillée.

XI. Démarches qualité, hygiène et environnement

A. Gestion de la qualité des vins produits

Le contrôle de la qualité des vins produits se fait tout au long de l'élaboration et de l'élevage. Les vins sont régulièrement analysés afin de s'assurer de l'absence de déviation microbiologique. Ils sont aussi dégustés, à plusieurs moments du processus de fabrication, afin de réaliser les assemblages, définir les qualités de lots, choisir la colle et la concentration utilisée, comparer et étudier des essais (nouvelles barriques, nouveaux intrants...).

B. Hygiène en cuverie et au chai

La maîtrise du processus de vinification passe aussi par une gestion de l'hygiène en cuverie. La récente rénovation du chai de Duhart-Milon, ainsi que les nouveaux équipements ont été pensés afin de faciliter les travaux, ainsi que le nettoyage de l'espace.

1. Choix des revêtements et de la cuverie

Le sol du cuvier est en carrelage, rainuré qui évite l'obtention de surfaces glissantes lorsqu'elles sont humides. Il permet un nettoyage aisé, en autorisant un écoulement des liquides vers les rigoles inox. Les rigoles permettent ensuite d'acheminer les fluides jusqu'aux caniveaux, équipés de paniers, conduisant à la séparation entre fluides et déchets organiques. Pour la réception de vendange, le domaine possède une installation permettant la séparation entre les eaux fluviales et effluents de chai. Au niveau du chai à barrique le sol est en béton ciré. Ce sol est plus glissant lorsqu'il est humide, l'absence de pente et de récupération d'eau nécessitant d'être encore plus attentif au moment des opérations.

Les cuves utilisées sont de deux natures :

- Des cuves inox, revêtement poli miroir. Cet inox poli jusqu'à l'obtention d'une surface proche d'un miroir, offre très peu d'adhérence aux éléments (tartre, pellicule...), tout en conservant ses propriétés de résistance à la corrosion.
- Des cuves bétons, revêtues d'une résine époxy à l'intérieur. Elles sont majoritairement utilisées pour le stockage du vin fini, ou pendant les fermentations malolactique.

Le fond des cuves est en pente, permettant ainsi un écoulement des liquides. La finition inox utilisée permet un lavage facilité des cuves, notamment après les décuvages, ne nécessitant que de l'eau chaude afin d'éliminer les résidus organiques. On limite ainsi l'utilisation des produits de nettoyage, comme la soude ou le peroxyde, ainsi que l'eau utilisée pour les cycles de rinçage.

Les éléments de vinifications en lien avec les cuves (raccords, pistolets, vannes, asperseurs...) sont aussi en inox.

Un autre avantage réside dans le système de thermorégulation des cuves inox. En effet, ce dernier est extérieur à la cuve, intégré dans des ceintures. On limite ainsi les surfaces difficiles d'accès pour le nettoyage. Les recoins, ainsi que les zones difficiles d'accès sont donc limitées, ce qui est appréciable après les décuvages. Pour le cuvier béton, on retrouve des serpentins, installés dans les cuves.

2. Entretien des barriques

Après chaque soutirage, les barriques sont rincées à l'eau froide, passées à la vapeur, puis une nouvelle fois rincée à froid. Une fois le cycle terminée, l'intérieur est passé à la neige carbonique, puis elles sont mises sur le tain à égoutter. La neige a pour but d'inertiser l'intérieur, limitant le développement de moisissure au moment de l'égouttage. Au bout d'un à deux jours, les barriques sont méchées puis fermées. Le méchage se base sur l'utilisation de pastilles de soufre à brûler, d'une masse allant de 2 à 10g au sein de la propriété. Le choix de la quantité dépend de l'objectif : des doses faibles (de 1 à 2 grammes) vont permettre d'aseptiser la barrique avant entonnage, des doses plus élevées se retrouvant dans le vin entonné et permettant de rectifier la valeur en SO₂ de celui-ci. Le passage à la vapeur est notamment utilisé lors des contaminations par *Brettanomyces*.

Au bout de deux ans d'utilisation, les barriques sont vendues. Elles quittent la propriété, les signes distinctifs des barriques des tonnellerie DBR ayant été ôtés avant leur départ.

A leur arrivée sur la propriété, les barriques neuves sont éprouvées. Cette opération vise à s'assurer de la bonne étanchéité de la structure. Si une fuite légère est détectée, la barrique est étanchée manuellement.

3. Produits d'entretien utilisés et fonctions

Le château Duhart-Milon utilise un ensemble de produits d'hygiène relativement restreint. Un matériel est considéré comme propre lorsqu'il est nettoyé, puis désinfecté. Des protocoles ont été définis en interne, afin de normer chaque opération et s'assurer du respect et de la bonne mise en place du nettoyage. L'ensemble des produits utilisés sont compatibles avec l'agriculture biologique, ainsi qu'à l'utilisation en industrie agroalimentaire.

Le *Desogerme Agrisec* est un biocide alcooleux, utilisé en routine pour la désinfection du matériel. Contenant une solution d'éthanol, son utilisation est généralisée, l'efficacité ainsi que la rapidité d'action du produit étant très appréciées. Par ailleurs il est manipulable sans risque par l'opérateur. Ce produit sert pour la désinfection du petit matériel (bondes, seau, pistolet ouilleur, raccords ...) ainsi que de la réception de vendange à la fin de chaque journée.

Le *Desogerme NMI* est un désinfectant à large spectre (fongicide, bactéricide, levuricide) dont la molécule active est le chlorhydrate de polyhexaméthylène de biguanide. Il permet notamment l'élimination des levures *Brettanomyces*. Il est utilisé après des transferts de vin, afin de désinfecter le système (tuyaux, vinaires ou encore pompe) en circuit fermé. Un brumisateuse électrique est aussi utilisé, afin de facilement réaliser la désinfection d'une cuve.

L'*Oxydet 1* est une solution de peroxyde d'hydrogène, l'*Oxydet 2P* un dégraissant alcalin. Les deux produits mélangés permettent l'obtention du mélange *Oxydet*. Ce mélange est utilisé comme dérougissant, ainsi que pour l'élimination des salissures organiques. Il est utilisé pour le nettoyage des lignes après un transfert de vin, des pressoirs, ainsi qu'à la fin des vendanges pour le nettoyage des grilles.

Le dioxyde de soufre est encore utilisé pour la désinfection du petit matériel, surtout en période de vendange. Il s'agit d'une solution de bisulfite de potassium concentrée à 10%. L'utilisation des produits est en lien avec l'utilisation d'équipements de protection individuelle, qui diffèrent suivant le produit utilisé.

C. Démarche environnementale du Château Duhart-Milon

1. Gestion des effluents et de l'eau au chai

Le château Duhart-Milon a pu réduire sa consommation en eau à travers la rénovation du système de production, ainsi que l'arrivée de nouveaux équipements et protocoles de nettoyage.

Les modifications des protocoles d'hygiène permettent de diminuer les temps de rinçage, et donc les volumes d'eau utilisés. En parallèle, la propriété a aussi diminué ses consommables de filtration, grâce à l'arrivée du filtre tangentiel à membrane céramique.

Une des problématique principale est celle du rinçage de la chaîne de réception de vendange chaque soir. Ce poste est extrêmement consommateur en eau, et ce traduit donc par une surconsommation du chai sur la période, comparativement au reste de l'année. Aucune solution n'a encore été trouvée pour diminuer cette dépense. Les eaux usées provenant de la cuverie et du rinçage/nettoyage de la chaîne de réception sont séparées des eaux pluviales, afin d'être traitées.

2. Démarche environnementale

L'engagement environnemental du château se traduit aussi par une conversion en agriculture biologique entamée en 2021, la validation d'une certification environnementale de niveau 3 lui permettant d'afficher le label Haute Valeur Environnementale (HVE) sur ses étiquettes. Ces démarches environnementales ne servent pas d'argument pour un surplus de valorisation commerciale. Elles ont été mises en place afin de continuer à proposer des produits répondants aux demandes des consommateurs, tout en étant plus respectueux de l'environnement et des employés de la propriété.

L'ensemble des démarches se traduit par un retour des enherbements au vignoble, la mise en place de haies, mais aussi des formations en internes afin de sensibiliser et présenter les bénéfices des démarches.

XII. Conclusion

Initialement porté par le Château Lafite Rothschild, Duhart-Milon s'affirme de plus en plus au cours des derniers millésimes, et tend à sortir de l'ombre de son grand frère. L'itinéraire technique mis en place, peu interventionniste et basé sur peu d'intrant, cherche avant tout à exprimer tout le potentiel de la matière première et de la zone de production. La vinification, qui tend de plus en plus vers une vinification parcellaire permet aussi une expression du terroir, et l'obtention d'une plus grande palette de moût et de vin fini, servant in fine l'assemblage. L'outil de vinification, moderne et ergonomique, est également au service de la production. L'arrivée d'un vin blanc amène aussi à une meilleure valorisation de certaines zones de la propriété, diversifiant dans le même temps la production. Les volumes voués à augmenter vont aussi conduire l'exploitation à revoir son organisation et sa gestion de l'outil de travail.

La dimension historique est encore extrêmement présente au sein du chai. Tout en conservant ce passé viticole, les pratiques évoluent afin de répondre aux nouvelles attentes et défis de la viticulture. Les pressions et dangers potentiels sont nombreux : problématique *Brettanomyces*, changement climatique, évolution des profils des vins consommés et des attentes sociétales, diminution de la consommation de vin rouge... A travers un renouvellement d'une partie de la direction, la propriété LRDM a aussi su entrer dans un nouveau cycle, qui se traduit par de nombreux projets et évolution au sein de la structure. La mise en place d'un bureau de R&D s'intègre dans cette dynamique, permettant la mise en place d'expérimentation répondant aux diverses attentes et objectifs.

Par ailleurs, le monde du vin reste relativement concurrentiel et en profonde évolution, avec des marchés fluctuants encore marqués par la crise du COVID-19. La volonté de diminuer la dépendance à certains marchés (notamment asiatique), est aussi un moyen pour assurer une meilleure indépendance financière.

Le millésime 2022 a été marqué par un profond déficit hydrique à l'échelle du vignoble, et des vendanges précoces. La pression fongique est restée limitée une fois la fleur passée, conduisant à un état sanitaire exceptionnel du matériel végétal. La qualité et le rendement étaient présents, malgré des inquiétudes en lien avec le manque d'eau. 2022 restera dans les mémoires comme un millésime extrêmement solaire et sec dans le bordelais, sur une base relativement similaire à 2003. Néanmoins, et de manière surprenante, c'est un millésime pour lequel les vins produits restent relativement frais, avec une densité et une structure tannique élégante, en complète opposition avec 2003.

XIII. Bibliographie

AGNOLUCCI M., REA F., SBRANA C., CRISTANI C., FRACASSETTI D., TIRELLI A., NUTI M. (2010). *Sulphur dioxide affects culturability and volatile phenol production by Brettanomyces/Dekkera bruxellensis*. Int J Food Microbiol 143:76–80

ALAMO-SANZA M., et NEVARES I. (2018). *Oak wine barrel as an active vessel: A critical review of past and current knowledge*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 58:16, 2711-2726

ANNERAUD C., VINSONNEAU E. (2009). *Maturité technologique et maturité phénolique des raisins : des références analytiques utiles, des méthodes simples et des matériels pratiques et prometteurs*. Lettre actualités n°41 – juillet 2009. Institut Français de la Vigne et du Vin (ENTAV, ITV France).

ARRIAGADA-CARRAZANA J.P., SAEZ-NAVARRETE C., BORDEU E. (2005). *Membrane filtration effects on aromatic and phenolic quality of Cabernet Sauvignon wines*. Journal of Food Engineering 68: 363-368.

Auteur(s) non cité(s), *Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « PAUILLAC » publié au JORF du 23 mai 2019*, consulté le 10 décembre 2022, INAO.

Auteur(s) non cité(s). (2023). *Fiche climatologique : statistiques 1991-2020 et records station « Pauillac »*. Direction de la Climatologie et des Services Climatiques, Météo France.

Auteur(s) non cité(s). (2016). *Notre gamme de chauffe campagne 2016/17*. Seguin Moreau.

BAIZE D., GIRARD MC. (2009). *Référentiel pédologique*. [Éd.] 2008, Éd. Quae, 2009

BATISTA L., MONTEIRO S., LOUREIRO V.B., TEIXEIRA A.R., FERREIRA R.B. (2010). *Protein haze formation in wines revisited. The stabilizing effect of organic acids*. Food Chem. 2010, 122, 1067–1075.

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.

BENITO S., PALOMERO F., MORATA A., CALDERON F., et SUAREZ-LEPE J.A. (2009). *Factors affecting the hydroxycinnamate decarboxylase/vinylphenol reductase activity of Dekkera/Brettanomyces : application for Dekkera/Brettanomyces control in red wine making*. J. Food Sci. 74, M15-M22.

BETTERIDGE A., GRBIN P., JIRANEK V. (2018). *Improving Oenococcus oeni to overcome challenges of wine malolactic fermentation*. Trends Biotechnol. 33, 547-553.

BLONDIN B., DUC C., PRADAL M., NOBLE J., TESNIERE C. (2017). *La mortalité des levures en fermentation alcoolique: : le rôle clé des limitations en micronutriments et de l'azote*. Revue Française d'Œnologie, 291, 21-23.

BOULTON R. (1980). *The nature of wine proteins*. In Proceedings of the Sixth Annual Wine Industry Technology Seminar of the Wine Institute, San Francisco, CA, USA, 1980; pp. 46–58.

BOULTON R.B., SINGLETON V., BISSON L.F. and KUNKEE R. (1996). *Principles and Practices of Winemaking*. Chapman & Hall Publishers New York, NY.

- BUFFON P., HEYMANN H., BLOCK D.E. (2014). *Sensory and chemical effects of cross-flow filtration on white and red wines*. American Journal of Enology and Viticulture 65: 305-314.
- 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.
- CHATONNET P., DUBOURDIEU D., BOIDRON J.N. (1995). *The influence of Brettanomyces/Dekkera sp. yeasts and lactic acid bacteria on the ethylphenol content of red wines*. Am. J. Enol. Vitic. 46, 463-468.
- CHATONNET P., DUBOURDIEU D., BOIDRON J.N. (1992a). *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.
- CHATONNET P., DUBOURDIEU D., BOIDRON J., PONS M. (1992b). *The origin of ethylphenols in wines*. J. Sci. Food Agric. 60, 165–178.
- CHIRA K., TEISSEDRE P.L. (2013). *Extraction of oak volatiles and ellagitannins compounds and sensory profile of wine aged with French winewoods subjected to different toasting methods: Behaviour during storage*. Food Chem. 2013, 140, 168–177.
- CIANI M., FERRARO L. (1997). *Role of oxygen on acetic acid production by Brettanomyces/Dekkera in winemaking*. J. Sci. Food Agric., 75, 489-495.
- COSTANTINI A., GARCIA-MORUNO E., MORENO-ARRIBAS M.V. (2009). *Biochemical transformations produced by malolactic fermentation*. In: Moreno-Arribas, M.V., Polo, M.C. (Eds.), Wine Chemistry and Biochemistry. Springer, New York, NY.
- CURTIN C., VARELA C., BORNEMAN A. (2015). *Harnessing improved understanding of Brettanomyces bruxellensis biology to mitigate the risk of wine spoilage*. Australian Journal of Grape and Wine Research, 21, 680–692.
- DEROITE A., LEGRAS J.L., RIGOU P., ORTIZ-JULIEN A., DEQUIN S. (2018). *Lipids modulate acetic acid and thiol final concentrations in wine during fermentation by Saccharomyces cerevisiae x Saccharomyces kudriavzevii hybrids*. AMB Exp. 2018, 8, 1–14.
- DESCOUT J.J., BORDIER J.L., LAURENTY J., GUIMBERTEAU G. (1976). *Contribution à l'étude des phénomènes de colmatage lors de la filtration des vins sur filtre écran*. Conn. Vigne Vin 10: 93–123.
- DIAS L., PEREIRA DA-SILVA S., TAVARES M., MALFEITO-FERREIRA M., LOUREIRO V. (2003). *Factors affecting the production of 4-ethylphenol by the yeast Dekkera bruxellensis in enological conditions*. Food Microbiol. 20, 377-384.
- DURNER D. (2016). *Improvement and Stabilization of Red Wine Color*. In Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Industrial Applications for Improving Food Color; Woodhead Publishing: Cambridge, UK, 2016; pp. 240–264.
- FARRELL R.R., WELLINGER M., GLOESS A.N., NICHOLS D.S., BREADMORE M.C., SHELLIE R.A., YERETZIAN C. (2015). *Real-time mass spectrometry monitoring of oak wood toasting: Elucidating aroma development relevant to oak-aged wine quality*. Sci. Rep. 2015, 5.
- FERNANDEZ DE SIMON B., CADAHIA E., DEL ALAMO M., NEVARES I. (2010). *Effect of size, seasoning and toasting in the volatile compounds in toasted oak wood and in a red wine treated with them*. Anal. Chim. Acta 2010, 660, 211–220.

- FORNAIRON-BONNEFOND C., SALMON J.M. (2003). *Impact of Oxygen Consumption by Yeast Lees on the Autolysis Phenomenon during Simulation of Wine Aging on Lees*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 51, no 9, avril 2003, p. 2584-90.
- FOWLES G.W.A. (1994). *Sulphur Compounds in Fermented Liquors: A Review*. Journal of Wine Research 1994, 5 (2), 103–112.
- GALEA A.M., 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.
- GONZALEZ-MARCO A., JIMENEZ-MORENO N., ANCIN-AZPILICUETA C. (2007). *Concentration of Volatile Compounds in Chardonnay Wine Fermented in Stainless Steel Tanks and Oak Barrels*. Food Chemistry 108, n° 1 (mai 2008): 213-19.
- GREEFF A.E., ROBILLARD B., DU TOIT W.J. (2012). *Short- and long-term efficiency of carboxymethylcellulose (CMC) to prevent crystal formation in South African wine*. Food Additives & Contaminants: Part A, 29, 1374–1385
- GROAT M., 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.
- GUILLOUX-BENATIER M., CHASSAGNE D. (2003). *Comparison of Components Released by Fermented or Active Dried Yeasts after Aging on Lees in a Model Wine*. J. Agric. Food Chem. 2003, 51 (3), 746–751.
- HADJ ALI H., et NAUGES C. (2003). *Vente en primeur et investissement : une étude sur les grands crus de Bordeaux*. Économie & prévision, vol. no 159, no 3, août 2003, p. 93-103.
- HENRY S. (1982). *Membrane lipids of yeast: Biochemical and genetic studies*. In Molecular Biology of the Yeast *Saccharomyces Cerevisiae*: Metabolism and Gene Expression; Strathern, J.N., Jones, E.W., Broach, J.R., Eds.; Cold Spring Harbor Laboratory: New York, NY, USA, 1982; pp. 101–158.
- Høj P.B, TATTERSALL D.B., ADAMS K., POCOCK K.F., HAYASAKA Y., VAN HEESWIJCK R., WATERS E. (2000). *The 'haze proteins' of wine - A summary of properties, factors affecting their accumulation in grapes, and the amount of bentonite required for their removal from wine*. In Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Meeting, Seattle, WA, USA, 19–23 June 2000; American Society of Enology and Viticulture: Davis, CA, USA, 2000; pp. 149–154.
- JACQUIER N., SCHNEITER R. (2012). *Mechanisms of sterol uptake and transport in yeast*. J. Steroid Biochem. Mol. Biol. 2012, 129, 70–78.
- JARA-PALACIOS M.J. (2019). *Wine Lees as a Source of Antioxidant Compounds*. Antioxidants 2019, 8 (2), 45.
- KARAMANIDOU A., KALLITHRAKA S., HATZIDIMITROU E. (2011). *Fining of red wines: Effects on their analytical and sensory parameters*. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 45(1), 47–60.
- KILBY K. (1971). *The Cooper and His Trade*. J. Baker, London.
- KURTZMAN CP., FELL JW., BOEKHOUT T. (2011). *The yeasts: a taxonomic study*, 5th edn. Elsevier, Amsterdam.
- LICKER J.L., ACREE T.E., HENICK-KLING T. (1998). *What is "Brett" (Brettanomyces) flavour ? A preliminary investigation*. In: Waterhouse, A.L. & Ebeler, S.E. (eds). Chemistry of wine flavour. ACS symposium series. Am. Chem. Soc., Washington, DC, pp. 96-115.

- LOUREIRO V. and MALFEITO-FERREIRA M. (2006). *Dekkera/Brettanomyces spp. Chapter 13*. In: Blackburn, C. de W. (ed). Food spoilage microorganisms. Woodhead Publishing Ltd, Abington, Cambridge, UK. pp. 353-398.
- 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
- MALFEITO-FERREIRA M. (2018). *Two decades of “horse sweat” taint and Brettanomyces yeasts in wine: Where do we stand now?* Beverages, 4, 32.
- MALFEITO-FERREIRA M., LAUREANO P., BARATA A., D'ANTUONO I., STENDER H., LOUREIRO V. (2004). *Effect of different barrique sanitation procedures on yeasts isolated from the inner layers of wood*. Abstract Am J Enol Vitic 55:304A.
- MARANGON M., SAUVAGE F.X., WATERS E.J., VERHNET A. (2011). *Effects of ionic strength and sulfate upon thermal aggregation of grape chitinases and thaumatin-like proteins in a model system*. J. Agric. Food Chem. 2011, 59, 2652–2662.
- MARINEZ-GIL A., DEL ALAMO-SANZA M., SANCHEZ-GOMEZ R., NEVARES I. (2018). *Different Woods in Cooperage for Oenology: A Review*. Beverages 2018, 4, 94.
- MCRAE J.M., MIERCZYNSKA-VASILEV A., SODEN A., BARKER A.M., DAY M.P SMITH P.A. (2017). *Effect of commercial-scale filtration on sensory and colloidal properties of red wines over 18 months bottle aging*. American Journal of Enology and Viticulture 68: 263-274.
- 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.
- OBERHOLSTER A., CARSTENS L., DU TOIT W. (2013). *Investigation of the effect of gelatine, egg albumin and cross-flow microfiltration on the phenolic composition of Pinotage wine*. Food Chemistry, 138, 1275–1281.
- OBERHOLSTER A., ELMENDORF B.L., LERNO L.A., KING E.S., HEYMANN H., BRENNEMAN C.E., BOULTON R.B. (2015). *Barrel maturation, oak alternatives and micro-oxygenation: Influence on red wine aging and quality*. Food Chem. 2015, 173, 1250–1258.
- 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
- PAULIN M., MIOT-SERTIER C., DUTILH L., BRASSELET C., DELATTRE C., PIERRE G.(2020) *Brettanomyces bruxellensis Displays Variable Susceptibility to Chitosan Treatment in Wine*. Frontiers in microbiology, 11, 2172.
- PALACIOS S., VASSEROT Y., MAUJEAN A. (1997). *Evidence For Sulfur Volatile Products Adsorption by Yeast Lees*. Am J Enol Vitic. 1997, 48 (4), 525–526.
- PL@NTGRAPE, (2009-2020) *Catalogue des vignes cultivées en France*, IFV – INRAE – l'Institut Agro | Montpellier.
- PENG Z., POCOCK K.F., WATERS E.J., FRANCIS I.L., WILLIAMS P.J. (1997). *Taste properties of grape (Vitis vinifera) pathogenesis-related proteins isolated from wine*. J. Agric. Food Chem. 1997, 45, 4639–4643.

- PEREZ-BIBBINS B., TORRADO-AGRASAR A., SALGADO J.M., OLIVEIRA R.P. DE S., DOMINGUEZ J.M. (2015). *Potential of Lees from Wine, Beer and Cider Manufacturing as a Source of Economic Nutrients: An Overview*. Waste Management 2015, 40, 72–81.
- 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.
- POCOCK K.F., ALEXANDER G.M., HAYASAKA Y., JONES P.R., WATERS E.J. (2007). *Sulfate - A candidate for the missing essential factor that is required for the formation of protein haze in white wine*. J. Agric. Food Chem. 2007, 55, 1799–1807.
- PONS A., MOUAKKA N., DELIERE L., CRACHEREAU J.C., DAVIDOU L., SAURIS P., GUILBAULT P., DARRIET P. (2017). *Impact of Plasmopara viticola infection of Merlot and Cabernet Sauvignon grapes on wine composition and flavor*, Food Chemistry (2017).
- RAPP A., et MANDERY H. (1986). *Wine aroma*. Experientia, 42, 873-884.
- RENOUF V., LONVAUD-FUNEL A., COULON J. (2007a). *The origin of Brettanomyces bruxellensis in wines: a review*. OENO One 41, n° 3 (30 septembre 2007): 161.
- RENOUF V., PERELLO M.C., DE REVEL G., LONVAUD-FUNEL A., (2007b). *Microbiology of bottled wines : impacts of the filtration*. Am. J. Enol. Vitic. 58, 379-386.
- 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.
- RIBEREAU-GAYON P., GLORIES Y., MAUJEAN A., DUBOURDIEU D. (2020 b). *Traité d'œnologie, tome 2, Chimie du vin – Stabilisations et traitements*. Collection pratiques vitivinicoles, Dunod.
- RINALDI A., LOUAZIL P., ITURMENDI N., MOINE V., MOIO L. (2020). *Effect of Marc Pressing and Geographical Area on Sangiovese Wine Quality*. LWT – Food Science and Technology 118 (janvier 2020): 108728.
- 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. (2022). *Les vinifications en blanc*. Cours dispensé pendant l'UE15 Vinifications et élevage des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.
- ROUJOU DE BOUBEE D. (1999). *Le caractère végétal des vins*. 33. 145-146.
- 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.
- SABLAYROLLES JM. (2019). *Kinetics and Control of Alcoholic Fermentation During Wine Production*. In : ROMANO P., CIANI M., FLEET G. (eds) *Yeasts in the Production of Wine*. Springer, New York, NY. DOI : https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9782-4_9
- SACCHI K.L., BISSON L.F., ADAMS D.O. (2005). *A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines*. American Journal of Enology and Viticulture, 56(3), 197–206.

- SALAZAR F.N., MARANGON M., LABBE M., LIRA E., RODRIGUEZ-BENCOMO J.J., LOPEZ F. (2017). *Comparative study of sodium bentonite and sodium-activated bentonite fining during white wine fermentation: Its effect on protein content, protein stability, lees volume, and volatile compounds*. European Food Research and Technology, 243(11), 2043–2054.
- 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.
- SAUVAGE F.-X., BACH B., MOUTONET M., VERNHET A., (2010). *Proteins in white wines: Thermosensitivity and differential adsorption by bentonite*. Food Chem. 2010, 118, 26–34.
- SCHAHINGER G., et RANKINE B. C. (2005). *Cooperage for Winemakers: A Manual on the Construction, Maintenance and Use of Oak Barrels*. Winetitles, Adelaide.
- SCHMID F., SCHADT J., JIRANEK V., BLOCK D.E. (2009). *Formation of temperature gradients in large- and small-scale red wine fermentations during cap management*. Australian Journal of Grape and Wine Research, 15(3), 249–255.
- STYGER G., PRIOR B., BAUER F.F. (2011). *Wine flavor and aroma*. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2011, 38, 1145–1159.
- SUAREZ R., SUAREZ-LEPE J.A, MORATA A., CALDERON F. (2007). *The production of ethylphenols in wine by yeasts of the genera Brettanomyces and Dekkera: A review*. Food Chem. 102, 10-21.
- SUMBY K.M., BARTLE L., GRBIN P.R., and JIRANEK V. (2019). *Measures to Improve Wine Malolactic Fermentation*. Applied Microbiology and Biotechnology 103, n°5 (mars 2019): 2033-51.
- SWAFFIELD C.H., SCOTT J.A. (1995). *Existence and development of natural microbial populations in wooden storage vats used for alcoholic cider maturation*. J. Am. Soc. Brew. Chem.53, 117-120.
- TABILO-MUNIZAGA G., GORDON T.A., VILLALOBOS-CARVAJAL R., MORENO-OSORIO L., SALAZAR F.N., PEREZ-WON M., ACUNA S. (2014). *Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on the protein structure and thermal stability of Sauvignon blanc wine*. Food Chem. 2014, 155, 214–220.
- TAILLANDIER P., JOANNIS-CASSAN C., JENTZER J-B., GAUTIER S., SIECZKOWSKI N., GRANES D., BRANDAM C. (2014). *Effect of a Fungal Chitosan Preparation on Brettanomyces Bruxellensis, a Wine Contaminant*. Journal of Applied Microbiology 118, n° 1 (janvier 2015): 123-31.
- TARANSAUD J. (1982). *La Tonnellerie*. Thèse de Doctorat d'Université -. University Paris Sorbonne. Paris.
- TSCHIERSCHE C., POUR NIKFARDJAM M., SCHMIDT O., SCHWACK W. (2010). *Degree of hydrolysis of some vegetable proteins used as fining agents and its influence on polyphenol removal from red wine*. European Food Research and Technology, 231, 65–74.
- UGARTE P., AGOSIN E., BORDEU E., I. VILLALOBOS J. (2005). *Reduction of 4-Ethylphenol and 4-Ethylguaiacol Concentration in Red Wines Using Reverse Osmosis and Adsorption*. American Journal of Enology and Viticulture 56, n° 1 (mars 2005): 30-36. <https://doi.org/10.5344/ajev.2005.56.1.30>.
- USSEGLIO-TOMASSET L. (1992). *Properties and use of sulphur dioxide*. International symposium on current issues with food preservatives. Chemico-technical, nutritional and safety in use aspects. Food Addit Contam 9:399–404.

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 LEEUWEN C., ROBY JP, DE RESSEGUIER L. (2018). *Soil-related terroir factors: a review*. OENO One, Institut des Sciences de la Vigne et du Vin (Université de Bordeaux), In press, 52 (2), pp.173-188. 10.20870/oeno-one.2018.52.2.2208. hal-02536975

VAN SLUYTER S.C., MCRAE 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. (2022). *Collage des moûts et des vins*. Cours dispensé pendant l'UE16 Stabilisation, clarification et conditionnement des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.

VIDAL JC. (2022). *Les gaz dissous en œnologie*. Cours dispensé pendant l'UE16 Stabilisation, clarification et conditionnement des vins, spécialisation Viticulture Œnologie, L'institut Agro Montpellier.

VINCENZI S., PANIGHEL A., GAZZOLA D., FLAMINI R., CURIONI A. (2015). *Study of combined effect of proteins and bentonite fining on the wine aroma loss*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(8), 2314–2320.

VIVAS N. (2005). *Manual De Toneleriaa: Destinado A Usuarios De Toneles*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

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.

WUCHERPFENNIG K., DIETRICH H., GOTZ W., ROTZ S. (1984). *Einflub von Kolloiden auf die Weinsteinkristallisation unter besonderer Berücksichtigung der Weinsteinstabilisierung durch Carboxymethylcellulose*. Die Weinwirtschaft-Technik, 1, 13–23.

WUCHERPFENNIG K., OTTO K., KERN U. (1988). *Praktische Anwendung von Carboxymethylcellulose*. Die Weinwirtschaft-Technik, 5, 13–19.

ZAMORA F. (2018). *Chapter 9: Barrel Aging; Types of Wood*. In Red Wine Technology; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2018; pp. 125–147.

ZIRONI R., COMUZZO P., TAT L., SCOBIOLO 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.

XIV. Webographie

1. Auteur(s) non cité(s), Château Duhart-Milon, consulté le 12 décembre 2022, Les domaines Barons de Rothschild (Lafite).

<https://www.lafite.com/fr/les-chateaux/chateau-duhart-milon/>

2. Auteur(s) non cité(s), Appellation Pauillac, 2017, consulté le 23/11/2022, Conseils des Vins du Médoc Association loi 1911.

<https://www.medoc-bordeaux.com/appellations-medocaines/pauillac/>

Fiche produit levure Excellence XR



LEVURE

Excellence® XR

Une des premières souches du marché issue du breeding. Excellence® XR est reconnue comme LA souche des grands vins rouges. Elle produit des vins puissants, privilégiant structure et volume en bouche.



CARACTÉRISTIQUES DU PRODUIT

- Formulation : Levures sèches actives - *Saccharomyces cerevisiae*.
- **Intérêt œnologique** : Excellence® XR, développée en partenariat avec l'Université de Bordeaux, est dotée d'**excellentes capacités fermentaires**, ce qui la rend incontournable en conditions difficiles. Faiblement productrice d'acidité volatile, y compris en cas de TAVP élevés (cf. *Figure 1 ci-dessous*), elle produit des vins nets qui respectent la **typicité** des raisins et du terroir. Excellence® XR favorise un départ rapide de la fermentation malolactique grâce à sa faible production de composés inhibiteurs (acides gras à moyenne chaîne, SO₂). Ainsi, le risque d'altération par la flore indésirable telle que *Pfaffomyces* est diminué. Il s'agit là d'un facteur primordial pour l'élevage de vins rouges de qualité. Cette souche est également adaptée à la co-inoculation, en raison de sa compatibilité avec les bactéries lactiques.
- Sa contribution au volume en bouche, grâce à un relaiage important de polysaccharides, est très appréciée et en fait une souche largement plébiscitée pour l'élaboration des **grands vins rouges, puissants, structurés et équilibrés**.



MODE D'EMPLOI

- Dans des conditions fermentaires difficiles (TAVP élevé, températures extrêmes, faible turbidité, etc.) ou pour une révélation aromatique optimale, nous recommandons vivement l'emploi d'CeNoStim®.
- **Avec CeNoStim®** : Sautonnez l'CeNoStim® (30 g/l) * progressivement dans 20 fois son poids en eau chaude (37°C) et mélanger continuellement afin d'éviter la formation de grumeaux. Ajouter ensuite les levures sélectionnées (20 g/l) *, mélanger doucement et attendre 20 minutes avant d'ajouter le volume égal de moût de la cuve à enssemencer. Vérifier que l'écart entre la température du levain et celle du moût soit inférieure à 10°C. Cette étape devrait durer entre 10 et 20 minutes. Incorporer le levain à la cuve et bien homogénéiser.
- **Sans CeNoStim®** : Ajouter les levures sélectionnées dans 10 fois leur poids d'eau chaude (35 à 40°C) et mélanger doucement. Attendre 20 minutes avant d'ajouter un volume égal de moût de la cuve à enssemencer. Répéter cette opération jusqu'à ce que l'écart entre la température du levain et celle du moût soit inférieur à 10°C. Cette étape devrait durer entre 10 et 20 minutes. Incorporer le levain à la cuve et bien homogénéiser.
- **Dose d'emploi** : 20-30 g/hL.



CONDITIONNEMENT & CONSERVATION

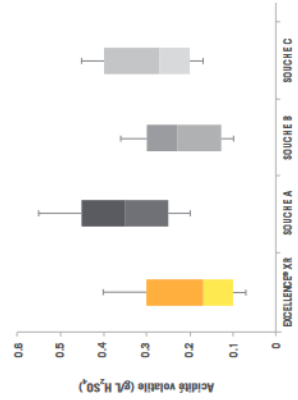
- Paquets de 500 g (cartons de 10 kg) et secs de 10 kg.
- Conserver dans son emballage d'origine hermétiquement clos, dans un lieu frais, sec et sans odeur. Respecter la DLUO inscrite sur l'emballage. Utiliser rapidement après ouverture.



RÉSULTATS D'ESSAI

1. TRÈS FAIBLE PRODUCTION D'ACIDITÉ VOLATILE

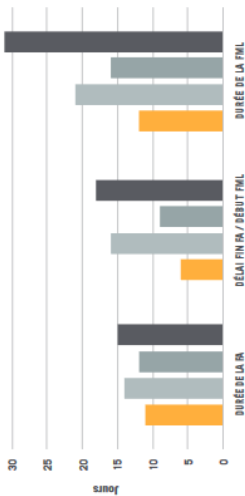
- Caractéristique de l'essai :
Méthode : Z550
VIN : 30 g/hL
AT : 3,5 g/L (H₂SO₄)
pH : 3,5



2. EXCELLENCE FERMENTAIRE

Légende :

- Excellence® XR
- Souche C
- Souche B
- Souche A



SPÉCIFICATIONS

PHYSIQUES

- Aspect et couleur : Granulés fin maillon clair

COMPOSITION

- Levures revivifiables : ≥ 10¹⁰ UFC/g
- Humidité : < 8 %

MICROBIOLOGIQUES

- Autres levures : < 10² UFC/g
- Moisissures : < 10³ UFC/g
- Bactéries lactiques : < 10⁴ UFC/g
- Bactéries acétiques : < 10⁴ UFC/g
- Saimonelles : Absence/25g
- *Escherichia coli* : Absence/1g
- Staphylocoques : Absence/1g
- Coliformes : < 10⁴ UFC/g

LIMITES

- Plomb : < 2 mg/kg
- Mercure : < 1 mg/kg
- Arsenic : < 3 mg/kg
- Cadmium : < 1 mg/kg

GM/3-04-2023. Pour usage œnologique. Informations données à titre indicatif et en l'état actuel de nos connaissances, sans engagement ni garantie. Les conditions d'utilisation du produit sont soumises au bon respect de la législation et des normes en vigueur. Conforme au Règlement UE n°201/9934 (et ses modifications).

LAMOTHE-ABIET

AVENUE FERRINAND DE LESSEPS 33674 GANEJAN - BORDEAUX, FRANCE • TÉL. +33 (0)5 57 77 82 82 • WWW.LAMOTHE-ABIET.COM



NUTRIMENT

Oenostim®

Oenostim® est un activateur de levures riche en facteurs de croissance et facteurs de survie. Ces éléments sont directement assimilés par les levures et améliorent leur métabolisme global et leur résistance aux conditions hostiles du moût.



CARACTÉRISTIQUES DU PRODUIT

- Formulation : Levures inactivées naturellement riches en stéroïdes, acides gras, vitamines et minéraux pour la réhydratation des LSA.
- Intérêt **enologique** : Les stéroïdes et acides gras insaturés jouent un rôle important dans le maintien de l'intégrité structurale et fonctionnelle de la membrane cellulaire. Sous certaines conditions oenologiques (anaérobie, faibles turbidités), les levures sont souvent carentes en ces éléments, ce qui les rend plus sensibles aux conditions difficiles du milieu (pression osmotique, TAV élevé, températures extrêmes, composés inhibiteurs, etc.).

En état de stress, les levures produisent plus de **composés indésirables** (acidité volatile, composés soufrés volatils nauséabonds, acides gras à moyenne chaîne inhibiteurs des bactéries lactiques) et **moins de composés d'intérêt** (arômes notamment). En outre, le **risque d'une fermentation languissante et/ou d'arrêt de fermentation est plus élevé**. Dans une telle situation, le milieu microbiologique est fragilisé, ce qui favorise le développement des germes d'altérations tels que *Brettanomyces*.

L'utilisation d'Oenostim® réduit le risque de contamination en assurant une fin de fermentation **franche et rapide**.



MODE D'EMPLOI

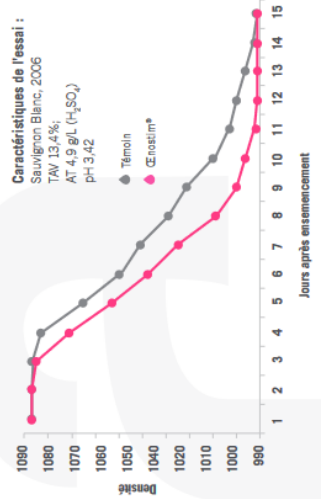
- Saupoudrer progressivement Oenostim® (30 g/L) dans 20 fois son poids* en eau chaude (37°C) et mélanger continuellement afin d'éviter la formation de grumeaux. Ajouter ensuite les levures sélectionnées (20 g/L) et suivre les indications du protocole de réhydratation des LSA. Incorporer enfin le levain avec Oenostim® à la cuve à l'aide d'un remontage et bien homogénéiser.
- *La quantité d'Oenostim® ajoutée se calcule sur la base du volume de la cuve à fermenter.
- Dose d'emploi : 30 g/L (calculée sur le volume total de la cuve à ensemençer).



RÉSULTATS D'ESSAI

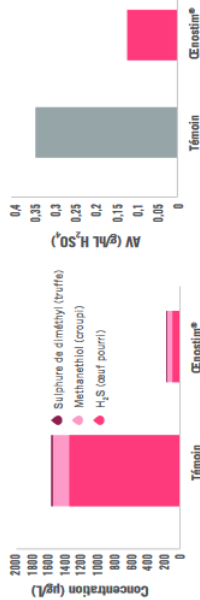
1. OPTIMISATION DE LA CINÉTIQUE FERMENTAIRE

Implémentation assurée et FA régulière et complète



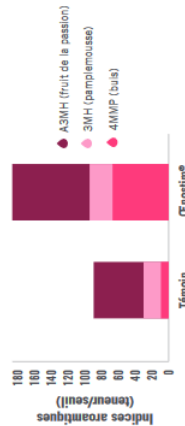
2. DES VINS PLUS NETS

- Production moindre de composés indésirables (AV, H₂S, ...)
 - Diminution du risque d'altération par *Brettanomyces*



3. DES VINS PLUS AROMATIQUES

Métabolisme levurien optimisé



SPÉCIFICATIONS



PHYSIQUES

- Aspect et couleur : Poudre beige
- Solubilité : < 40 %

MICROBIOLOGIQUES

- Levures revivifiables : ≤ 10⁷ UFC/g
- Moisissures : < 10³ UFC/g
- Bactéries lactiques : < 10⁴ UFC/g
- Bactéries acétiques : < 10⁴ UFC/g
- Salmonelles : Absence/25g
- *Escherichia coli* : Absence/1g
- Staphylocoques : Absence/1g
- Coliformes : < 10⁴ UFC/g

COMPOSITION

- Azote total en N : < 10 %
- Azote ammoniacal en N : < 0,5 %
- Azote organique en N : < 10 %
- Acides aminés en N : < 1,9%
- Humidité : < 7 %

LIMITES

- Plomb : < 2 mg/kg
- Mercure : < 1 mg/kg
- Arsenic : < 3 mg/kg
- Cadmium : < 1 mg/kg

CONDITIONNEMENT & CONSERVATION



- Sachets de 1 kg (cartons de 10 kg) et sachets de 5 kg (cartons de 10 kg).
- Conserver dans son emballage d'origine hermétiquement clos, dans un lieu frais, propre, sec et sans odeur. Respecter la DLUO inscrite sur l'emballage. Utiliser rapidement après ouverture.

GNV7-03-2023. Pour usage enologique. Informations données à titre indicatif et en l'état actuel de nos connaissances, sans engagement ni garantie. Les conditions d'utilisation du produit sont soumises au bon respect de la législation et des normes en vigueur. Conforme au Règlement UE n°2019/534 (et ses modifications).

LAMOTHE-ABIET

AVENUE FERDINAND DE LESSEPE 33610, CANEJAN - BORDEAUX, FRANCE • TÉL. +33 (0)3 57 77 92 92 • WWW.LAMOTHE-ABIET.COM

VIN BLANC

LEVURES
ZYMAFLORE



ZYMAFLORE® X16

Levure *Saccharomyces cerevisiae* pour vins blancs et rosés, modernes et aromatiques, à forte production d'arômes fermentaires.
Levure Sèche Active Sélectionnée (LSAS) non OCM, pour usage œnologique. Apté à l'élaboration de produits destinés à la consommation humaine directe, dans le cadre de l'emploi réglementé en œnologie.
Conforme au Règlement (UE) 2019/934.

SPECIFICITÉS ET PROPRIÉTÉS ŒNOLOGIQUES

Souche issue du *breeding* conjuguant une excellente production d'esters fermentaires (pêche blanche, fruits jaunes), tout en conservant un profil aromatique fin et net (caractère *po(-)*) et une sécurité fermentaire même en conditions difficiles : faible turbidité, faible température. Convient parfaitement pour l'élaboration de vins blancs et rosés modernes (Popular Premium, Premium), à partir de cépages « neutres » aromatiquement ou à rendement viticole élevé.

CARACTÉRISTIQUES FERMENTAIRES :

- Cinétique de fermentation particulièrement rapide.
- Tolérance à l'alcool : jusqu'à 16% vol.
- Tolérance aux faibles températures : à partir de 12°C*.
- Besoins en azote faibles.
- Tolérance aux très faibles turbidités.
- Faible production d'acidité volatile et d'H₂S.

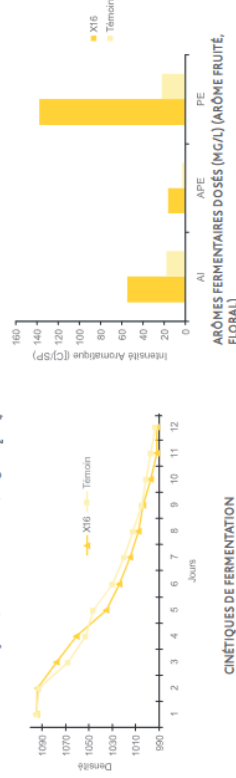
CARACTÉRISTIQUES AROMATIQUES :

- Profil intense et net aromatiquement :
- Souche *po(-)* : ne possède pas la cinnamate décarboxylase, responsable de la formation des vinylphénols, « masqués » d'arômes ou responsables de notes lourdes, de type « pharmacologique, gouache ».
- Très forte production d'arômes fermentaires (pêche blanche, fleurs blanches, fruits jaunes).

* Il est bien sûr possible de lever à 8-10°C, après le débouillage ; l'acclimatation du levain à la température par ajout successif de moût est indispensable.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

- Chardonnay, 2006, Bourgogne
- TAP : 13%vol, Température de fermentation 16°C, correction en azote à 180mg/L.
- Leverage à 20g/hL, contrôle d'implantation positif pour la X16, contaminé pour le témoin.
- Fermentation en 10 jours, Acidité Volatile 0,14 g/L H₂SO₄.



ARÔMES FERMENTAIRES DOSÉS (MG/L) (ARÔME FRUITÉ, FLORAL)
AI : ACÉTATE D'ISOAMYLE - APF : ACÉTATE DE PHÉNYL-ÉTHYLE
PE : PHÉNYL-2-ÉTHANOL



LAFFORT
l'œnologie par nature

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Levures déshydratées et emballées sous vide. Aspect granulats

ANALYSES CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

Humidité (%)	< 8	absence
Cellules revivifiables LSAS (UFC/g)	≥ 210 ¹⁰	absence
Bactéries lactiques (UFC/g)	< 10 ⁵	absence
Bactéries acétiques (UFC/g)	< 10 ⁴	< 10 ¹
Levures d'un genre différent de <i>Saccharomyces</i> (UFC/g)	< 10 ⁵	< 2
Levures d'une espèce ou d'une souche différente (%)	< 5	< 3
Coliformes (UFC/g)	< 10 ⁴	< 1
<i>E. Coli</i> (/g)	.....	absence
<i>Staphylococcus</i> (g)	.....	absence
<i>Salmonella</i> (25 g)	.....	absence
Moississures (UFC/g)	.....	< 10 ¹
Plomb (ppm)	.....	< 2
Arsenic (ppm)	.....	< 3
Mercurie (ppm)	.....	< 1
Cadmium (ppm)	.....	< 1

PROTOCOLE D'UTILISATION

- ### CONDITIONS ŒNOLOGIQUES
- Lever le plus tôt possible après l'encuvage.
 - Respecter les doses prescrites afin d'assurer une bonne implantation de la levure, même en cas de forte population de levures indigènes.
 - La température, la souche de levure, la réhydratation et l'hygiène de la cave sont également primordiales pour une bonne implantation.

MISE EN ŒUVRE

- Bien suivre le protocole de réhydratation de la levure.
- Éviter les différences de température supérieures à 10°C entre le moût et le levain lors de l'inoculation. Le temps total de préparation du levain ne doit pas excéder 45 minutes.
- Dans le cas de conditions particulièrement difficiles de fermentation (température très faible, moût très clarifié, TAP très élevé) ou/et pour optimiser les performances aromatiques de la levure, utiliser SUPERSTART®BLANC dans l'eau de réhydratation.

RECOMMANDATION DE CONSERVATION

- Conserver hors sol dans l'emballage d'origine non ouvert à température modérée dans des locaux secs non susceptibles de communiquer des odeurs.
- DLUO : 4 ans.



LAFFORT
l'œnologie par nature