



HAL
open science

Vinification au Château l'Évangile: comparaison d'un point de vue chimique et organoleptique, entre une fermentation malolactique en cuve suivie d'un élevage en barrique et une fermentation malolactique en barrique suivie d'un élevage en barrique

Lucie Viard

► **To cite this version:**

Lucie Viard. Vinification au Château l'Évangile: comparaison d'un point de vue chimique et organoleptique, entre une fermentation malolactique en cuve suivie d'un élevage en barrique et une fermentation malolactique en barrique suivie d'un élevage en barrique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04751953

HAL Id: dumas-04751953

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04751953v1>

Submitted on 24 Oct 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.

université
de **BORDEAUX**

MÉMOIRE

Présenté à

L'université de Bordeaux

pour l'obtention du

DIPLOME NATIONAL D'ŒNOLOGUE

Par Lucie Viard



Vinification au Château l'Évangile

Comparaison d'un point de vue chimique et organoleptique, entre une fermentation malolactique en cuve suivie d'un élevage en barrique et une fermentation malolactique en barrique suivie d'un élevage en barrique.

Soutenu devant la commission d'examen

De la première session 2024

Résumé

Le Château l'Évangile est un domaine viticole de grande renommée situé à Pomerol, vignoble de la rive droite de la Gironde. Les sols présents sont divers : argileux, graveleux et sableux. Deux vins rouges y sont élaborés à partir des cépages de Merlot, Cabernet franc et Cabernet-Sauvignon. Le vignoble est certifié en agriculture biologique depuis 2021.

Le millésime 2023 se caractérise par une nuit de gelée début avril, juste après le début du débourrement de certaines parcelles. S'en suit une pression mildiou exceptionnelle et des contraintes hydriques importantes observées dès mi-juin. Le château a su faire face à ces aléas en mobilisant des ressources humaines, techniques, matérielles et financières.

Des découpages intra-parcellaires sont réalisés afin de vendanger à une maturité optimale. Les vinifications sont adaptées avec précision en fonction de chaque lot. Les contrôles analytiques et organoleptiques réguliers permettent un suivi rigoureux des vins. La volonté d'un vin moins boisé a mené l'équipe technique à s'interroger sur le contenant dans lequel le vin réalise sa fermentation malolactique. Les analyses organoleptiques faites sur cet essai, n'ont pas permis de conclure sur une influence du contenant.

Mots-clés : Fermentation malolactique, cuve, barrique

Abstract

Château l'Évangile is a famous wine estate located in Pomerol, on the right bank of the Gironde. The soils are composed of clay, gravel and sand. Two red wines are produced, from Merlot, Cabernet franc and Cabernet-Sauvignon grapes. The vineyard has been certified organic since 2021. The 2023 vintage can be characterized by a night of frost after the start of bud burst on some vineyard plots. Then exceptional downy mildew pressure and significant water stress were observed from mid-June. The château has been able to cope with these hazards by mobilizing human, technical, material and financial resources.

Intra-parcel divisions are carried out to achieve optimal maturity. Vinifications are precisely tailored to each batch. Regular analytical and organoleptic controls allow for rigorous monitoring of the wines. The desire for a less oaked wine led the technical team to question the container in which the wine undergoes malolactic fermentation. Organoleptic analysis conducted on this trial did not lead to conclusive findings regarding the container's influence.

Keywords : Malolactique fermentation, tank, barrel

Remerciements

Je tiens à remercier dans un premier temps, l'ensemble du personnel de l'Evangile qui, m'a offert l'opportunité exceptionnelle d'effectuer mon stage de viticulture et d'œnologie au sein du château.

Un merci particulier à ma maître de stage, Jeanne Lutun, qui m'a accompagné tout au long de ce stage et consacré du temps dans l'approfondissement de mes connaissances. Mes remerciements vont également à Juliette Couderc, directrice technique du château, pour la confiance qu'elle a placée en moi et le temps précieux qu'elle a consacré à mon apprentissage.

Merci au maître de chai, Charbel, pour son enseignement, ses conseils, sa gentillesse et son humour au quotidien.

Mes remerciements vont également à Corinne pour son accueil chaleureux, sa bienveillance et ses délicieux desserts. Je tiens enfin à remercier Cyril, Noël, Jean-Pascal et Sébastien pour leur aide et le partage de leur savoir.

Je souhaite également remercier les enseignants de Bordeaux Sciences Agro et de l'ISVV qui ont pris le temps de répondre à mes questions.

Merci à tous pour cette expérience enrichissante qui resta gravée dans ma mémoire, et pour avoir largement contribué à mon apprentissage.

Table des matières

| | |
|---|-----|
| Résumé..... | I |
| Abstract | I |
| Remerciements | II |
| Table des tableaux..... | VI |
| Table des figures..... | VII |
| Liste des abréviations | IX |
| Introduction..... | 1 |
| 1 Le vignoble au château l’Evangile..... | 2 |
| 1.1 L’appellation Pomerol | 2 |
| 1.2 Organisation hiérarchique au château l’Evangile..... | 2 |
| 1.3 Caractéristiques du vignoble | 2 |
| 1.3.1 La pédologie et climatologie du vignoble..... | 3 |
| 1.3.2 Choix du matériel végétal..... | 4 |
| 1.3.3 Adaptations face au changement climatique..... | 5 |
| 1.4 Etude du millésime 2023 | 6 |
| 1.5 La conduite au vignoble..... | 8 |
| 1.5.1 Les travaux en vert | 8 |
| 1.5.2 Gestion des amendements et de la fertilisation | 9 |
| 1.5.3 La stratégie d’entretien du sol..... | 9 |
| 1.5.4 La lutte contre le gel..... | 11 |
| 1.5.5 La lutte phytosanitaire et parasitaire au vignoble | 11 |
| 1.5.6 Préparation des vendanges..... | 15 |
| 2 Présentation de l’itinéraire technique au chai : du raisin à la mise en vente de la bouteille | 16 |
| 2.1 Les bâtiments et les équipements..... | 16 |
| 2.2 Les vendanges | 17 |
| 2.2.1 Les particularités de la vendange 2023 | 17 |
| 2.2.2 Détermination des dates de vendange et contrôles de maturité..... | 18 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.2.3 | Découpage parcellaire et mise en œuvre des vendanges..... | 19 |
| 2.3 | Le tri de la vendange et l'encuvage..... | 20 |
| 2.4 | La vinification..... | 21 |
| 2.4.1 | Macération pré-fermentaire à froid..... | 22 |
| 2.4.2 | Fermentation alcoolique et ses opérations..... | 22 |
| 2.4.3 | Macération post-fermentaire à chaud | 24 |
| 2.4.4 | Ecoulage, décuvage et pressurage | 24 |
| 2.4.5 | La fermentation malolactique | 25 |
| 2.5 | Les vinifications intégrales | 25 |
| 2.6 | L'élevage des vins | 27 |
| 2.6.1 | Soutirage post FML..... | 27 |
| 2.6.2 | L'élevage en barriques, en cuves, en foudres et en amphores..... | 27 |
| 2.6.3 | Le suivi de l'élevage..... | 28 |
| 2.7 | L'assemblage des vins | 28 |
| 2.8 | Stabilisation des vins | 28 |
| 2.9 | La mise en bouteille..... | 29 |
| 2.9.1 | Préparation avant la mise en bouteille | 29 |
| 2.9.2 | Choix des matières sèches : bouchons et bouteilles..... | 29 |
| 2.9.3 | La mise en bouteille..... | 29 |
| 2.10 | Commercialisation des vins..... | 30 |
| 3 | Expérimentation..... | 31 |
| 3.1 | Présentation de la problématique de la fermentation malolactique au château l'Evangile | 31 |
| 3.2 | Etude bibliographique | 32 |
| 3.2.1 | Impact du contenant de la FML sur la croissance bactérienne..... | 32 |
| 3.2.2 | Impact du contenant de la FML sur la composition des vins | 32 |
| 3.2.3 | Impact du contenant de la FML sur le profil organoleptique..... | 33 |
| 3.3 | Matériel et méthodes..... | 34 |
| 3.3.1 | Mise en place et choix des modalités..... | 34 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.3.2 | Analyses chimiques | 36 |
| 3.3.3 | Analyses sensorielles..... | 36 |
| 3.4 | Résultats et discussions..... | 38 |
| 3.4.1 | Réalisation de la FML et composition du vin..... | 38 |
| 3.4.2 | Analyse des composés du bois | 38 |
| 3.4.3 | Description sensorielle | 41 |
| 3.5 | Discussions | 43 |
| 3.6 | Conclusion | 44 |
| | Conclusion générale | 45 |
| | Bibliographie..... | 46 |
| | Liste des annexes..... | 49 |
| | Annexes | 50 |

Table des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Dates des différents stades phénologiques clés d'une parcelle de Merlot (Dubuch N) et d'une parcelle de Cabernet franc (Cuvier) pour le millésime 2023 ----- | 8 |
| Tableau 2 : Différents semis adaptés aux différentes parcelles----- | 10 |
| Tableau 3 : Rendements moyens des différents cépages au château l'Evangile en 2023 ----- | 17 |
| Tableau 4 : Poids moyen d'une baie lors des cinq derniers millésimes----- | 19 |
| Tableau 5 : Synthèse bibliographique sur les différents composés boisés ----- | 33 |
| Tableau 6 : Analyse du vin utilisé pour l'essai ----- | 35 |
| Tableau 7 : Descriptif des barriques sélectionnées pour l'essai----- | 36 |
| Tableau 8 : Composés volatils analysés, les seuils de détections sont mesurés dans le vin exceptés pour ceux avec une * ----- | 36 |
| Tableau 9 : Note d'intensité pour chaque descripteur ----- | 38 |
| Tableau 10 : Recherche de la différence sensorielle entre un vin ayant fait sa FML en barriques et un vin ayant fait sa FML en cuves----- | 41 |
| Tableau 11 : Moyennes et écart-types des échantillons pour chaque descripteur. Les moyennes les plus élevées sont représentées en rouge. ----- | 42 |

Table des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Organigramme du château l'Evangile | 2 |
| Figure 2 : Différents types de sol de l'appellation Pomerol. Le Château l'Evangile est représenté par la flèche violette, les zones du parcellaire par des cercles violets (Pierre Le Hong Infographie, 2015) | 3 |
| Figure 3 : Carte de l'encépagement du Château l'Evangile en 2023 (source interne)..... | 5 |
| Figure 4 : Diagramme des températures et des précipitations du millésime 2023 au Château l'Evangile en comparaison des moyennes de 2015 à 2023 (source personnelle via données internes) | 6 |
| Figure 5 : Graphique des potentiels de tige réalisés sur deux parcelles de PEYROSOL (Cuvier et la Bréole) et une parcelle de COLLUVIOSOL (Pomeaux S) | 7 |
| Figure 6 : Calendrier annuel de l'itinéraire technique du Château l'Evangile en 2023 | 8 |
| Figure 7 : Arbre de décision du maintien ou de la destruction du couvert au cours de la campagne.. | 10 |
| Figure 8 : Calendrier des travaux du sol de la campagne 2022 – 2023 | 11 |
| Figure 9 : Graphique des attaques de mildiou sur le témoin non traité (TNT) pendant la campagne 2023 avec les fréquences, les intensités et les dégâts d'attaques (observation de 10 pieds)..... | 12 |
| Figure 10 : Pulvérisateur Berthoud à 4 rampes..... | 13 |
| Figure 11 : Pulvérisateur Tecnoma à 5 rampes | 13 |
| Figure 12 : Diagramme des moyennes des températures journalières, des précipitations et des traitements réalisés pendant la campagne 2023 | 14 |
| Figure 13 : Fréquences et intensités d'attaques du mildiou sur feuilles au cours de la campagne 2023 pour une parcelle de Merlot (Pipeaude S) | 15 |
| Figure 14 : Fréquences et intensités d'attaques du mildiou sur grappes au cours de la campagne 2023 pour une parcelle de Merlot (Pipeaude S) | 15 |
| Figure 15 : Photos d'une cuve béton sans revêtement (à gauche) et d'une cuve béton avec une résine époxydique (à droite) | 16 |
| Figure 16 : Contrôles maturité à quatre dates différentes pour une parcelle de Merlot (Pipeaude S) en 2023..... | 18 |
| Figure 17 : Carte du découpage parcellaire des vendanges 2023 au château l'Evangile (source personnelle via logiciel QGIS) | 19 |
| Figure 18 : Schéma de l'élaboration du premier et second vin du château l'Evangile | 21 |
| Figure 19 : Programme de remontage en fonction de la densité et de la dégustation des vins | 22 |
| Figure 20 : Graphique de suivi des masses volumiques et de la température au cours de la pré-fermentation à froid et de la fermentation alcoolique | 23 |

| | |
|--|----|
| Figure 21 : Photo du pressurage à l'aide de la presse verticale puis transfert du vin dans les garde-vins (P1, P2 et P3) | 25 |
| Figure 22 : Photos de la vinification intégrale : stockage des barriques (à gauche) et écoulage des barriques (à droite) | 26 |
| Figure 23 : Présentation des vins du millésime 2021 produits sur l'exploitation | 30 |
| Figure 24 : Schéma des différentes modalités et échantillons | 35 |
| Figure 25 : Composés volatils du bois issus du Merlot après 4 mois en barriques en fonction des deux modalités de FML. Les composés analysés sont : (A) Furfural, (B) Méthyl-5-furfural, (C) Gaïacol, (D) Méthyl-4-Gaïacol, (E) Eugénol, (F) Isoeugénol, (G) Cis whisky lactone, (H) Trans whisky lactone, (I) Ratio cis/trans et (J) Vanilline. Les analyses ont été faites le 4 avril 2023. | 39 |
| Figure 26 : Diagrammes en radar sur les différents descripteurs par regroupement des échantillons en fonction du contenant de la FML (A) et de l'origine de la forêt (B) | 43 |
| Figure 27 : Matrice SWOT du château l'Evangile | 45 |

Liste des abréviations

| | |
|------|--|
| AB | Agriculture Biologique |
| AM | Acide Malique |
| AT | Acidité Totale |
| CEC | Capacité Echange Cationique |
| EVI | Enhanced Vegetation Index |
| FA | Fermentation Alcoolique |
| FML | Fermentation Malolactique |
| HT | Hors Taxes |
| IFV | Institut Français de la Vigne et du Vin |
| Kg | Kilogramme |
| MO | Matière Organique |
| PCR | Polymerase Chain Reaction |
| pH | Potentiel Hydrogène |
| ppm | partie par million |
| R&D | Recherche et développement |
| SWOT | Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (forces, faiblesses, opportunités, menaces) |
| TAV | Titre Alcoométrique Volumique |
| TAVP | Titre Alcoométrique Volumique Potentiel |
| L | Litre |
| M | Mètre |
| Ha | Hectare(s) |

Introduction

Le Château l'Évangile est situé sur la rive droite du Bordelais dans l'appellation Pomerol. Sa localisation est particulièrement avantageuse : bordée au nord par les vignes de Château Pétrus et au sud par celles de Cheval Blanc.

Il appartient au groupe les Domaines Barons de Rothschild. Le premier Château qu'acquière le Baron James de Rothschild est le Château Lafite en 1868. Environ cent ans après, la famille de Rothschild s'étend en France : Château Duhart-Milon (Pauillac), Château Rieussec (Sauternes), Château Paradis Casseuil (Bordeaux), Domaine D'Aussières (Languedoc) mais aussi à l'étranger Domaine de Long Dai (Chine), Bodegas Caro (Argentine) et Viña Los Vascos (Chili). Saskia de Rothschild, sixième génération, est à la tête du groupe. Le groupe possède sa propre tonnellerie et son activité de négoce.

C'est entre 1990 et 1997 que les Domaines Barons de Rothschild achètent le Château à la famille Ducasse après avoir été actionnaire pendant dix ans. En 1990, le Château comporte 14 hectares. C'est aussi la première année de la création du second vin à la propriété. L'année 2004 est marquée par l'inauguration du nouveau chai d'une capacité de 1 822 hectolitres. Après notamment le rachat de parcelles en 2007, le château se compose aujourd'hui de 22 hectares.

Château l'Évangile cultive des vignes de Merlot, Cabernet franc et de Cabernet-Sauvignon. Il est le premier domaine du groupe à avoir été certifié Agriculture Biologique en 2021.

Les techniques de vinification traditionnelles, essentielles à la création d'un grand vin, sont préservées, tout en intégrant de nouvelles approches comme, par exemple, des contenants non boisés. L'élevage est un des axes importants de recherche puisqu'une majorité du vin est élevée en barriques mais l'aromatique boisée souhaite être réduite. L'utilisation d'amphores et de foudres répond notamment à cette volonté. Pour les vins élevés en barriques, une autre dimension est explorée à travers la comparaison de la fermentation malolactique en barriques ou bien en cuves. Cette expérimentation sera développée avec une analyse sensorielle et chimique.

L'objectif de ce rapport est d'examiner comment, à travers sa structure globale, le château l'Évangile a su s'ajuster aux conditions du millésime 2023 pour accomplir ses objectifs de production à la fois au vignoble et au chai. Enfin, il sera abordé la partie expérimentale sur l'impact d'une FML effectuée en barriques ou en cuves sur les aspects organoleptiques et chimiques.

1 Le vignoble au château l’Evangile

La propriété possède 22 hectares certifiés en **agriculture biologique**, dont 20 hectares en production. Les **cépages** présents sont les cépages traditionnels du Bordelais avec une majorité de Merlot (79 %) et une minorité de Cabernet franc (20 %) et de Cabernet-Sauvignon (1 %).

1.1 L’appellation Pomerol

Le château l’Evangile est situé dans le bordelais sur l’appellation Pomerol. L’appellation ne possède pas de classement, mais elle est mondialement connue pour ses vins d’exception. Pomerol est une petite appellation de 813 hectares de vignes (soit 0,7 % de la surface du vignoble de Bordeaux) avec 138 propriétaires (Syndicat viticole de Pomerol, 2023).

1.2 Organisation hiérarchique au château l’Evangile

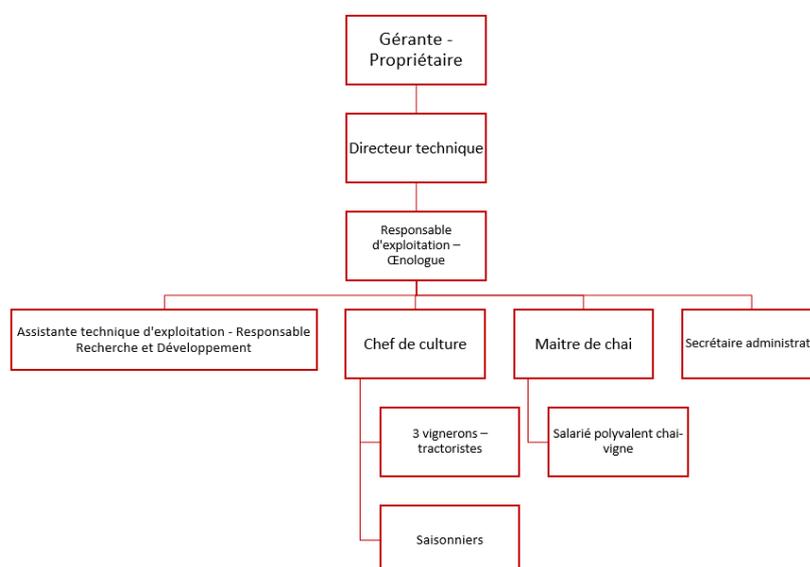


Figure 1 : Organigramme du château l’Evangile

De par son appartenance au groupe, la hiérarchisation est composée d’une gérante et un directeur technique qui sont présents sur plusieurs exploitations du groupe. L’extension du vignoble à 22 hectares a permis la distinction de deux postes : chef de culture et maître de chai, l’embauche de nouveaux chauffeur-tractoristes ainsi qu’en 2012 la création du pôle recherche et développement. Ce dernier poste est notamment possible grâce à la forte valeur ajoutée du produit.

1.3 Caractéristiques du vignoble

La propriété réalise la taille hivernale de janvier à mars, en Guyot simple. La charge en bourgeons est adaptée en fonction de la parcelle ainsi que du pied. Il y a aussi une taille en faveur d’une augmentation de la hauteur du tronc qui est une méthode prophylactique contre le gel et le mildiou sur les parcelles

historiquement très basses. Cela permet aussi une réduction de la surface foliaire qui est un levier à la diminution du degré alcoolique dans les vins (Prezman, 2019).

La **densité de plantation** du vignoble varie entre 5 747 pieds/ha et 7 260 pieds/ha avec un écart moyen inter-rang de 1,45 mètre et une distance inter-pieds de 1,1 mètre. Cette densité de plantation respecte le cahier des charges de l'appellation. En effet, la densité minimale est imposée à 5 500 pieds par hectare avec un écartement inter-rang de 2 mètres maximum et entre les pieds d'un même rang de 0,80 mètre minimum (INAO, 2021). L'âge moyen du vignoble est de 21 ans. Cependant, certaines parcelles sont datées d'environ 60 ans.

1.3.1 La pédologie et climatologie du vignoble

Pomerol est une appellation du Libournais sous l'influence d'un **climat tempéré océanique aquitain**. Les précipitations sont homogènes tout au long de l'année. En été, des contraintes hydriques peuvent être présentes notamment à cause d'un fort pouvoir évaporant de l'air (van Leeuwen *et al.*, 1989).

Pomerol se situe sur les terrasses quaternaires de l'Isle. Ces sols sont majoritairement des sols graveleux en surface ou en sous-sol avec la présence d'argile. Ces argiles peuvent apparaître à partir de 50 cm de profondeur et contenir jusqu'à 60 % d'éléments inférieurs à 2 microns, ce sont des horizons bruns limono-argileux au-dessus d'argile bleue compacte. La partie ouest de Pomerol est caractérisée par des sols bruns sableux et des sols bruns sableux sur gravier (van Leeuwen *et al.*, 1989).

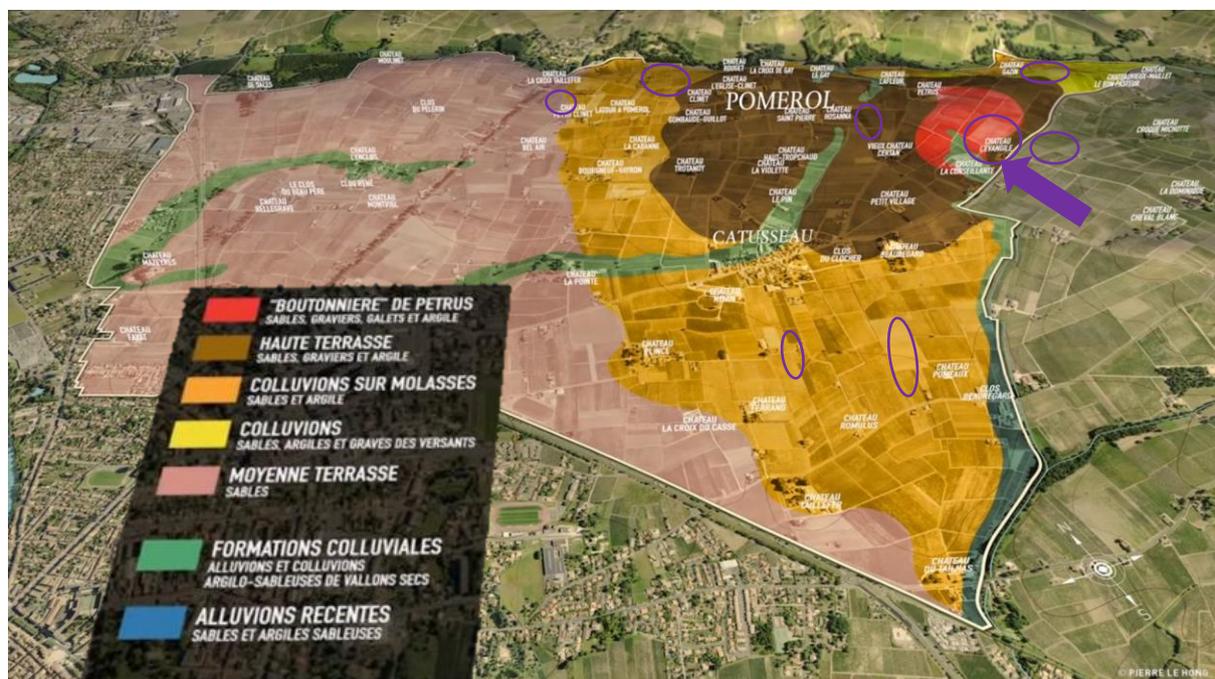


Figure 2 : Différents types de sol de l'appellation Pomerol. Le Château l'Évangile est représenté par la flèche violette, les zones du parcellaire par des cercles violets (Pierre Le Hong Infographie, 2015)

Le vignoble de l'Évangile est composé d'environ 5 hectares sur le plateau de Pomerol possédant des argiles bleues compactes et gonflantes. Le reste du vignoble se trouve sur des sols graveleux et bruns sablo-limoneux. La carte pédologique est représentée en annexe 1.

1.3.2 Choix du matériel végétal

Le choix des **porte-greffes** a été fait en fonction du type de sol de la parcelle et de la vigueur qu'ils confèrent au greffon. Les porte-greffes ne sont pas réfléchis en fonction de la résistance à la chlorose puisque les sols de Pomerol ne contiennent pas de calcaire. La carte du matériel végétal utilisé au vignoble est située en annexe 2.

3309 C et **101-14 MGt** sont les porte-greffes que l'on retrouve majoritairement. 3309 C est un porte-greffe conférant une vigueur moyenne et possède une bonne affinité avec le Merlot. Il est présent dans les zones où les sols sont de type BRUNISOL et PEYROSOL. Ce porte-greffe tolère peu les fortes contraintes hydriques et les excès d'eau (van Leeuwen et Roby, 2001).

Concernant le **101-14 MGt**, la vigueur conférée au greffon est plutôt faible. Ce porte-greffe est sensible à la sécheresse. Il est utilisé sur les parcelles de type COLLUVIOSOL et LUVISOL. Ces deux porte-greffes sont adaptés à un vignoble de qualité (van Leeuwen et Roby, 2001).

En minorité, quelques parcelles sont plantées avec les porte-greffes **420A**, **Riparia Gloire de Montpellier (RGM)** ainsi que **Gravesac**. Le 420A et Riparia Gloire de Montpellier sont des cépages conférant une vigueur faible à moyenne au greffon et une bonne qualité de raisins.

Une réflexion importante est faite sur le choix du porte-greffe des prochaines plantations face au changement climatique. Des essais ont été réalisés avec du 110R sur des sols à majorité de graves, permettant de retarder la maturation (UMT Géo-Vigne INRA, IFV, et Montpellier SupAgro, 2023a). Ce porte-greffe s'adapte bien à la sécheresse. Il serait à préconiser dans le contexte actuel de changement climatique, sur des PEYROSOLS, sols propices à une maturation précoce.

La **carte de l'encépagement** est présentée en figure 3.

Le **Merlot** est un cépage avec des baies moyennes. Les vins issus du Merlot sont caractérisés comme ronds, puissants, colorés et peu acides. C'est un cépage précoce, il est notamment sensible dans les secteurs gélifs comme Pomerol. De plus, il n'est pas adapté à de fort stress hydrique. Il est aussi très sensible à *Plasmopara viticola* (UMT Géo-Vigne INRA, IFV, et Montpellier SupAgro, 2023d). Il est plutôt implanté sur le plateau argileux et les sols sableux.

Le **Cabernet franc** possède de petites baies qui donneront des vins de qualité avec une intensité colorante moyenne. Ce cépage est moyennement sensible à la pourriture grise (UMT Géo-Vigne INRA, IFV, et Montpellier SupAgro, 2023b).

Le **Cabernet-Sauvignon** possède aussi de petites baies qui confèrent aux vins une couleur intense et des arômes complexes. Le débourrement tardif de ce cépage peut éviter les gelées printanières (UMT Géo-Vigne INRA, IFV, et Montpellier SupAgro, 2023c).

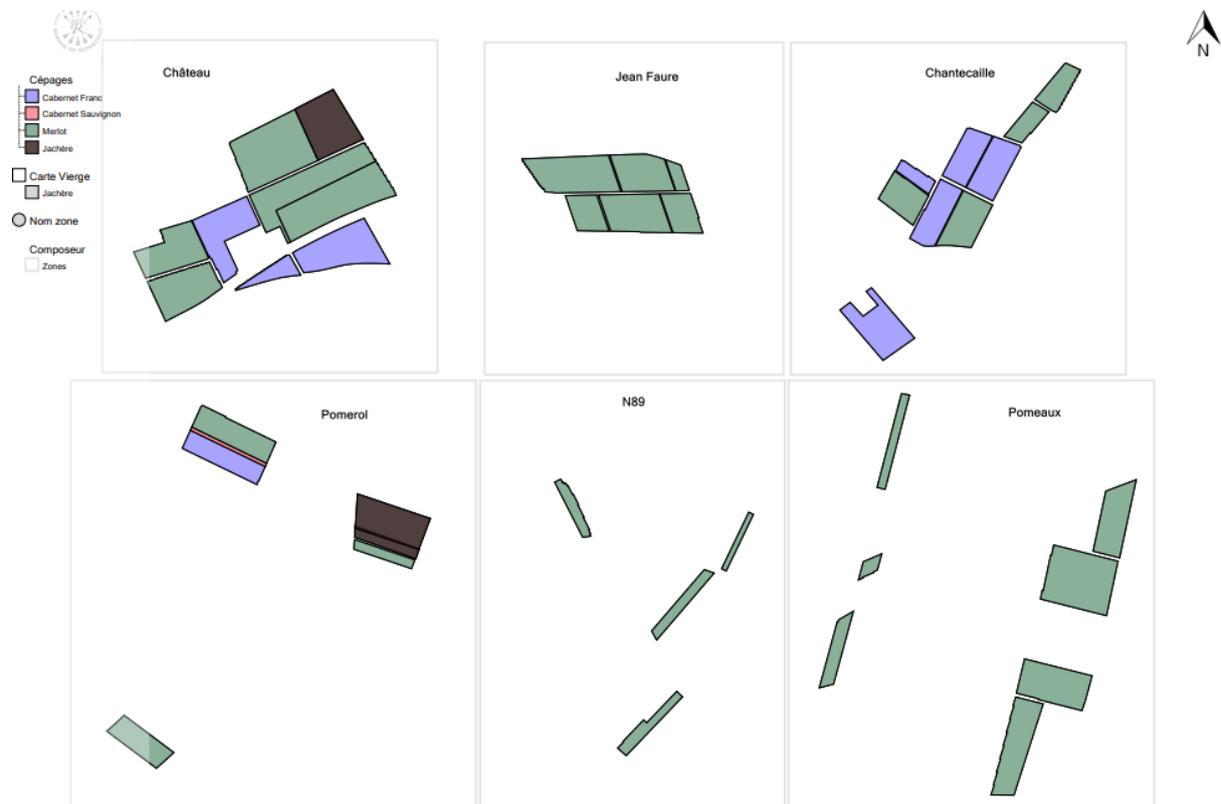


Figure 3 : Carte de l'encépagement du Château l'Évangile en 2023 (source interne)

Depuis 20 ans, une sélection massale est réalisée pour les Cabernet franc. Elle a été relancée il y a 4 ans sur une parcelle de vieux Cabernet franc datant des années 60.

1.3.3 Adaptations face au changement climatique

Depuis plusieurs années, le château a développé un pôle de recherche et développement. Il est en lien étroit avec les autres châteaux du groupe.

Les **trois axes de recherches mis en place au vignoble** pour le millésime 2023 sont :

- l'optimisation de la protection phytosanitaire
- la compréhension et la gestion de la contrainte hydrique
- la lutte contre les gelées printanières

La **bonne protection du vignoble** contre les maladies cryptogamiques comme le mildiou est un sujet très important pour le château. En effet, le passage à l'agriculture biologique en 2018 a remis en question les pratiques au vignoble afin de maintenir une qualité de raisin conjoint à un rendement optimal.

L'étude de la **contrainte hydrique** repose sur la caractérisation d'un certain nombre de paramètres qui rendent compte du fonctionnement de la vigne et des sols en fonction des caractéristiques climatiques d'un millésime donné. Par ailleurs, différentes modalités de gestion de l'inter-rang sont comparées suivant ces mêmes paramètres. En 2023, trois modalités ont fait l'objet d'un suivi plus poussé : le paillage intégral, le travail du sol précoce (inter-rang et sous le rang) ainsi que l'enherbement roulé qui est la pratique actuelle sur l'ensemble du vignoble.

Enfin, des essais avec des **tailles en fiançailles** réalisés en décembre et en mars ont été comparés à la taille actuelle du vignoble.

Au cours de mon stage, j'ai pu participer à l'ensemble de ces thématiques. J'ai effectué en particulier un compte-rendu analysant les résultats menés sur l'optimisation de la protection phytosanitaire, ainsi qu'une étude technico-économique sur la taille en fiançailles.

1.4 Etude du millésime 2023

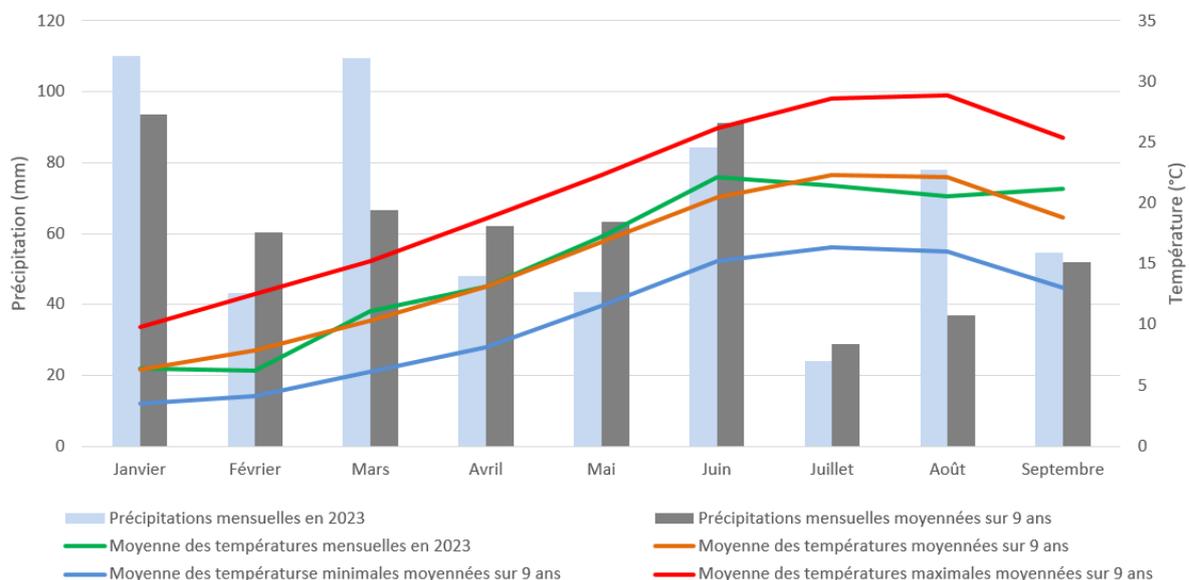


Figure 4 : Diagramme des températures et des précipitations du millésime 2023 au Château l'Evangile en comparaison des moyennes de 2015 à 2023 (source personnelle via données internes)

Les **précipitations** automnales et hivernales 2022/2023 sont légèrement supérieures aux dix dernières années. En effet, le cumul des précipitations d'octobre 2022 à mars 2023 étaient de 485 mm contre 466 mm en moyenne ces neuf dernières années. Elles ont notamment permis de recharger les sols en

eau et d'entamer la période végétative avec une réserve utile pleine. Concernant les précipitations mensuelles cumulées, elles sont légèrement inférieures à la moyenne décennale à l'exception du mois de janvier, mars et août.

Le millésime 2023 est plutôt classique au niveau des **températures**. En effet, les températures mensuelles suivent la tendance des températures de ces neuf dernières années, hormis pour le mois de février où la température était plus faible de 1,7 °C. Le mois de juin était plus chaud de 1,6 °C et 2,4°C pour le mois de septembre. Les épisodes caniculaires, quelques semaines avant les vendanges, ont provoqué un flétrissement des baies, en particulier sur quelques parcelles de Merlot.

Après un hiver avec des précipitations moyennes, le **débourrement** de la vigne a eu lieu au début du mois d'avril, à une date habituelle pour l'appellation (tableau 1). Des températures négatives en avril ont été observées cette année, ce qui a impliqué une protection par bougies et/ou des éoliennes pour certaines parcelles dans la nuit du 4 au 5 avril.

La **floraison** s'est faite en quelques jours dans de bonnes conditions au début du mois de juin avec des températures douces et une pluviométrie faible. En juin, la vigne a été très active mais elle a subi une contrainte hydrique précoce pour certaines parcelles sur sols de graves comme le montre la figure 5.

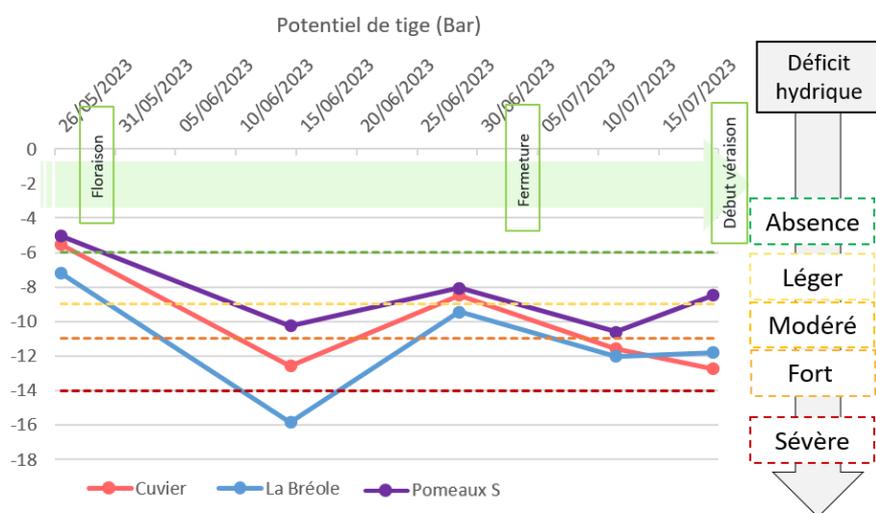


Figure 5 : Graphique des potentiels de tige réalisés sur deux parcelles de PEYROSOL (Cuvier et la Bréole) et une parcelle de COLLUVIOSOL (Pomeaux S)

Les pluies en août ont été plus importantes que la moyenne (17 mm de plus) mais très attendues. Elles ont ainsi permis d'éviter tout blocage de maturité et le flétrissement des baies de certaines parcelles.

Tableau 1: Dates des différents stades phénologiques clés d'une parcelle de Merlot (Dubuch N) et d'une parcelle de Cabernet franc (Cuvier) pour le millésime 2023

| Stade phénologique clé | Débourrement | Floraison (50 % floraison) | Fermeture de grappe | Début de véraison | Mi-véraison | Vendange |
|------------------------|--------------|----------------------------|---------------------|-------------------|-------------|--|
| Merlot | 3 avril | 27 mai | 30 juin | 18 juillet | 2 août | Vigueur faible : 7 sept Vigueur forte : 12 sept |
| Cabernet franc | 27 mars | 1 juin | 26 juin | 17 juillet | 3 août | 20 sept |

1.5 La conduite au vignoble

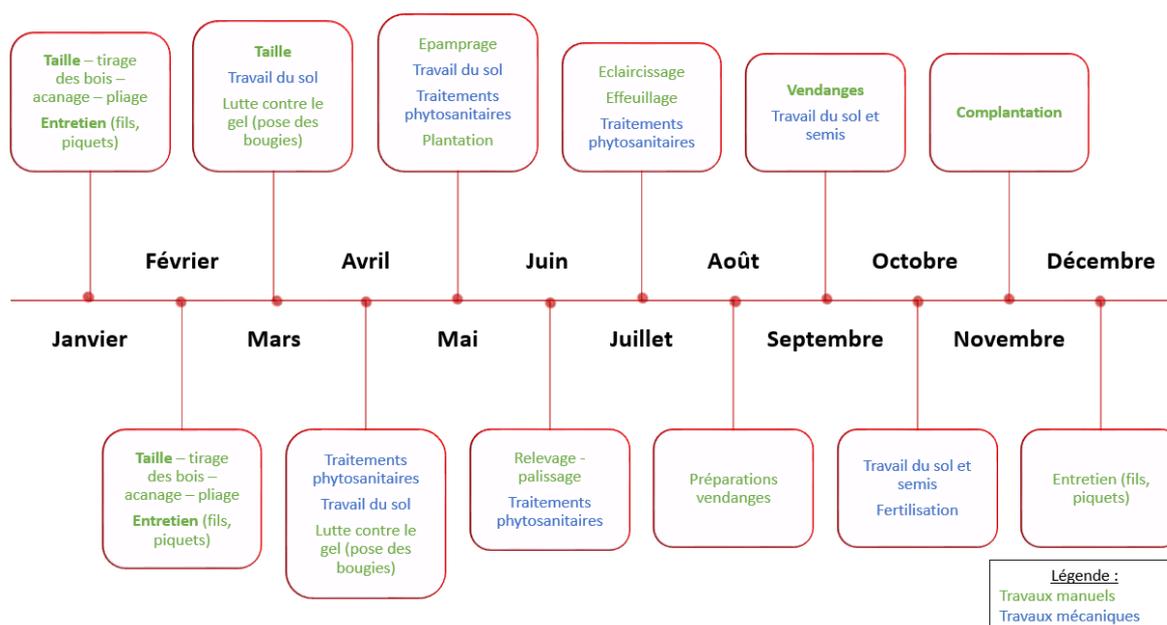


Figure 6 : Calendrier annuel de l'itinéraire technique du Château l'Évangile en 2023

En novembre et en décembre, les activités viticoles demeurent limitées, en contraste avec la période allant de mars à juillet qui s'avère particulièrement soutenue. Pendant ces mois, une série d'opérations manuelles et mécaniques sont effectuées de manière récurrente, telles que le travail du sol et les traitements phytosanitaires (figure 6).

1.5.1 Les travaux en vert

L'épamprage, le relevage, l'effeuillage, l'éclaircissage et les vendanges en vert, sont effectués manuellement par les équipes de saisonniers et des prestataires de services. Le point fort de cette stratégie est de pouvoir moduler très facilement le nombre de salariés en fonction de l'avancée du vignoble, donc d'être très réactif. Les effeuillages et les éclaircissages sont adaptés en fonction de la vigueur et des conditions climatiques.

Les **travaux mécaniques** sont opérés par l'équipe de tractoristes du château. L'écimage et le rognage sont faits à l'aide de rogneuses (deux rogneuses double rang sur enjambeur). Le premier écimage a lieu peu de temps après la fin de la floraison.

Ces travaux de précision nécessitent des ressources humaines importantes mais ils garantissent un niveau de qualité exceptionnel notamment en lien avec l'état sanitaire de la vendange.

1.5.2 Gestion des amendements et de la fertilisation

La **fertilisation** au vignoble est réalisée en se basant sur les cartes EVI, les analyses de sols (rotation sur 5 ans) et des analyses de limbes foliaires annuelles (sur les parcelles de références). Elle est adaptée en fonction des caractéristiques parcellaires voire intra-parcellaires (depuis 2022).

Une **fumure d'entretien** est faite sur toutes les parcelles du vignoble. Globalement, les éléments apportés sont : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et le magnésium (Mg). Les produits commerciaux utilisés sont le Fructimus (majorité d'origine animale), le Touban (amendement végétal), Bellot 1-0-5+5 (apport majoritaire de potassium et de magnésium), Kiesérite (apport de magnésium), Gypse (apport de calcium) ainsi que le Dynafer (engrais foliaire riche en fer). L'utilisation de Gypse permet un apport de calcium, nécessaire du développement des parois cellulaires (Crespy, 2014). La composition de ces produits est détaillée dans l'annexe 4.

L'analyse de la stratégie de fertilisation d'une parcelle de vigne du vignoble en parallèle de son analyse de sol est détaillée dans l'annexe 5. L'apport fait pour cette parcelle a été très bien géré et répond aux attentes d'un vignoble de qualité avec peu d'apport en azote.

1.5.3 La stratégie d'entretien du sol

Le **travail du sol** au Château l'Evangile est réalisé mécaniquement.

Deux types de **stratégies d'enherbement inter-rang** sont mis en place :

- des couverts pluriannuels non détruits (semés ou spontanés)
- des semis avec possibilité de destruction du couvert pendant le printemps ou l'été.

Les **semis** peuvent avoir plusieurs objectifs comme la décompaction en surface à l'aide de racines pivotantes, un apport azoté à l'aide de légumineuses, une gestion de la vigueur par concurrence à l'eau et aux minéraux, une gestion d'adventices non désirées et enfin, une portance pour les engins agricoles (Chambres d'agriculture Pays de la Loire, 2022). Cette portance est nécessaire lors des premiers traitements lorsque les sols peuvent être glissants notamment sur des sols argileux. Le tableau 2 synthétise les différents semis réalisés en fonction des objectifs de chaque parcelle.

Tableau 2 : Différents semis adaptés aux différentes parcelles

| Type de couvert | Objectifs | Composition | Surface |
|--------------------------------|--|---|---------|
| Annuel | Apport azoté Décompaction | 12 % Luzerne polymorphe 80 % Avoine rude 6 % Moutarde | 30 % |
| Annuel | Apport azoté Décompaction Biodiversité | 17 % Luzerne polymorphe 16 % Lotier 16 % Trèfle blanc 31 % Fétuque rouge Reda 16 % Moutarde 2 % Plantago 2 % Souci des champs (calendula) | 30% |
| Annuel | Gestion de la vigueur Apport azoté | 50 % Raygrass anglais 25 % Dactyle 25 % Trèfle blanc | 13% |
| Pluriannuel (1 à 2 ans) | Gestion de la vigueur | Naturel | 21% |
| Annuel | Gestion du Chiendent | 90 % Avoine Noire fermière 10 % Trèfle squarosum | 6% |

Pour gérer l'enherbement et les adventices sous le rang, le château est équipé de nombreux outils présentés dans l'annexe 3. Il faut notamment noter que les sols graveleux du vignoble peuvent entraîner une usure précoce des outils. Le calendrier des travaux du sol est présenté en figure 8. L'entretien de l'inter-rang et sous le rang du plantier est assuré par une entreprise extérieure à l'aide de chevaux.

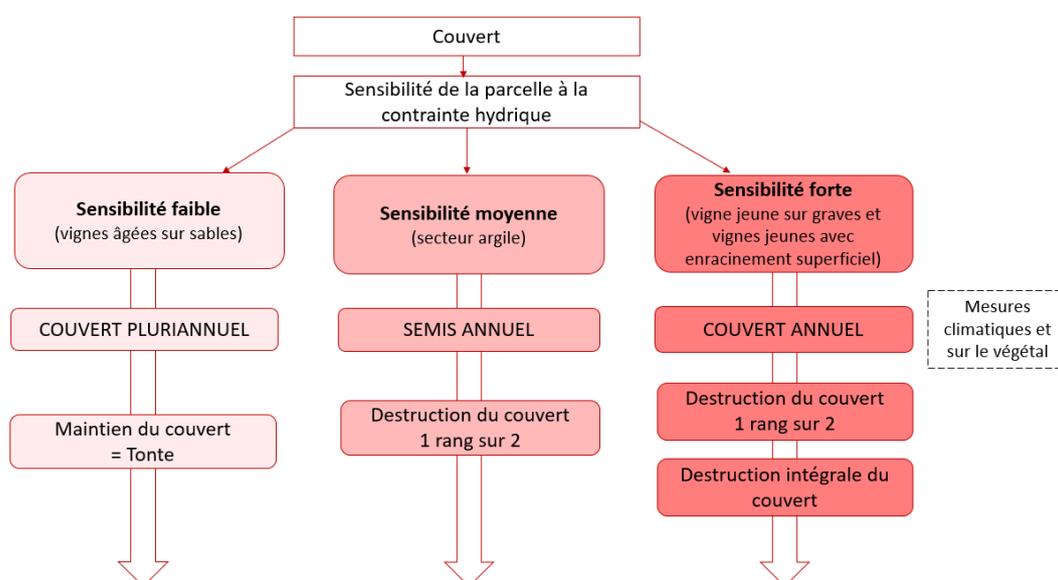


Figure 7 : Arbre de décision du maintien ou de la destruction du couvert au cours de la campagne

Le **choix du couvert** et la destruction de celui-ci sont définis de différentes façons en fonction du type de sol, de la contrainte hydrique, de la vigueur et de l'enracinement de la parcelle (figure 7).

La **destruction** du couvert est décidée par les données climatiques de la station météo du vignoble et des mesures de potentiel hydrique à l'aide d'une chambre à pression.

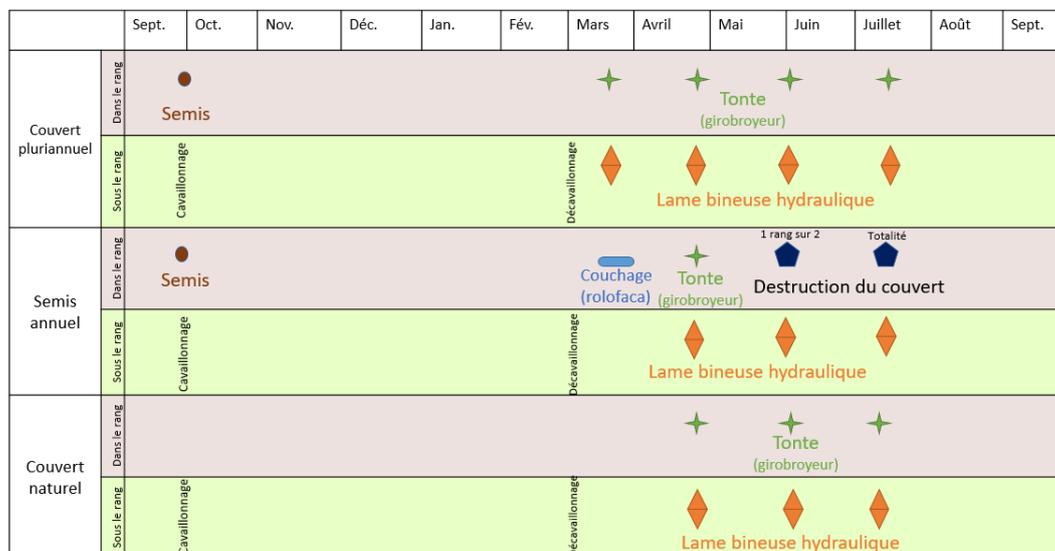


Figure 8 : Calendrier des travaux du sol de la campagne 2022 – 2023

Pendant le mois de mai, des relevés floristiques ont été réalisés sur certaines parcelles afin de quantifier et qualifier le semis.

1.5.4 La lutte contre le gel

Le château possède **différents moyens pour lutter contre les gelées printanières** notamment des bougies et des éoliennes. **Les éoliennes** ont été placées sur le plateau, en association avec le château voisin. Ces trois dernières années ont connu des périodes de gelées printanières. Cette année, les dispositifs de lutte contre les gelées ont été activés la nuit du 4 au 5 avril pour certaines parcelles ayant commencé à débourrer. Pour cela, des capteurs de gel connectés sont placés dans les parcelles les plus gélives afin d'avoir une meilleure précision pour ces secteurs.

1.5.5 La lutte phytosanitaire et parasitaire au vignoble

Tout le vignoble est **protégé par confusion sexuelle** de type BIOOwin® contre les tordeuses de la grappe. Un piège à phéromones est mis en place dans une parcelle. Un contrôle hebdomadaire est fait dans le but de suivre les vols des tordeuses. Aucune tordeuse n'a été détectée sur le piège cette année. De plus, le rapport du GDON du Libournais confirme qu'aucune Eudémis n'a été détectée sur la commune de Pomerol (GDON du Libournais, 2023).

La **lutte contre la Flavescence dorée** n'est pas systématique dans la région de Libourne. En effet le GDON du Libournais réalise de nombreuses prospections afin de déterminer les zones les plus sensibles à traiter. 4 hectares ont été traités contre la cicadelle vectrice de la Flavescence dorée, à

l'aide de deux traitements consécutifs de 10 jours au Pyrèvert (produit autorisé en agriculture biologique).

Concernant la stratégie de **lutte contre les maladies cryptogamiques**, après trois années de conversion, le vignoble a été certifié en Agriculture Biologique en 2021. Afin de respecter ce cahier des charges, des produits de contact, comme le **cuivre** et le **soufre** sont utilisés respectivement contre le mildiou et l'oïdium. Le black rot est géré à l'aide de soufre et de cuivre.

Plusieurs paramètres sont pris en compte dans la stratégie phytosanitaire contre le mildiou :

- La **sensibilité du cépage**. Le Merlot est un cépage sensible au mildiou (UMT Géno-Vigne INRA, IFV, et Montpellier SupAgro, 2023d).
- Le **stade phénologique** de la vigne. La période de la sensibilité maximale face aux maladies cryptogamiques est de la floraison à la véraison. La sensibilité des feuilles diminue avec leur âge et les grappes ne sont plus sensibles après véraison (Institut Français de la Vigne et du Vin, 2019).
- La **cinétique de croissance végétative**. L'allongement des rameaux primaires et des entre-cœurs sont prises en compte. En effet, les produits utilisés sont des produits de contact donc, les nouveaux organes ne seront pas protégés.
- La **pression de la maladie**. Des comptages de maladies sont réalisés sur des témoins non traités (TNT), qui correspondent à dix ceps de Merlot placés en milieu de parcelle. Le graphique d'attaques du mildiou sur le témoin non traité est présenté en figure 9. De plus, depuis cette année, des pièges à spores de Biology as a Solution (BaaS) ont été placés et récoltés.
- Les **conditions climatiques** actuelles et des jours suivants, c'est-à-dire, les températures et la pluie/l'humidité qui peuvent être favorables au développement des champignons.

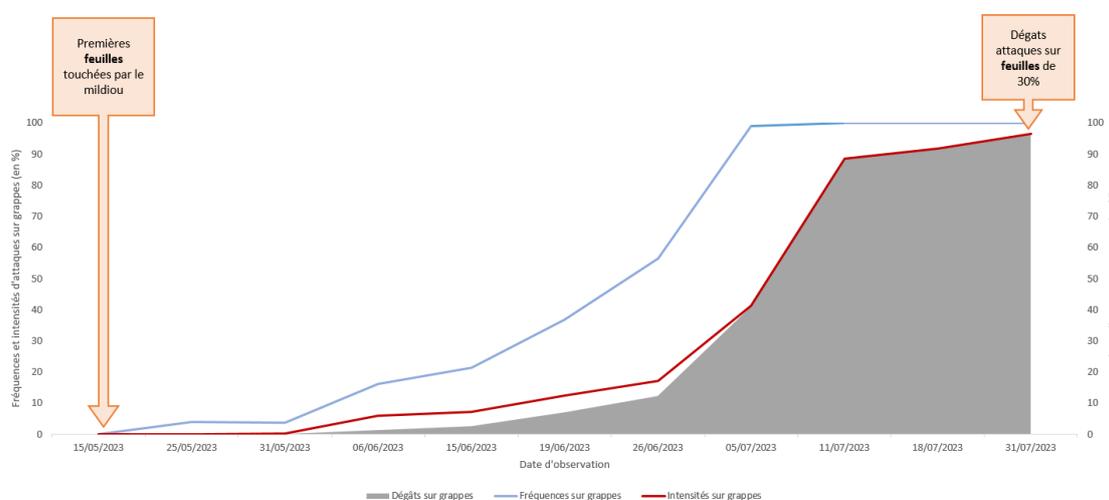


Figure 9 : Graphique des attaques de mildiou sur le témoin non traité (TNT) pendant la campagne 2023 avec les fréquences, les intensités et les dégâts d'attaques (observation de 10 pieds)

Pour la réalisation de la pulvérisation des produits phytosanitaires, le château est équipé de **deux pulvérisateurs à jet porté** avec descente de rampe par demi-face dans le rang sur des enjambeurs (figures 10 et 11). Grâce à cet équipement et aux personnels présents, le vignoble peut être traité en totalité en cinq heures, ceci est un point fort important notamment en AB lorsque les fenêtres de traitements sont très courtes.



Figure 10 : Pulvérisateur Berthoud à 4 rampes



Figure 11 : Pulvérisateur Tecnomà à 5 rampes

Au-delà des traitements phytosanitaires, des mesures prophylactiques, la phytothérapie et des pratiques biodynamiques sont réalisées. En effet, les épamprages, les effeuillages, les écimages et les éclaircissages ont pour but d'aérer la zone des grappes, limiter les foyers de mildiou (les jeunes feuilles de l'apex et les entre-cœurs y sont très sensibles) ainsi que de favoriser une meilleure pénétration des produits.

Les premiers traitements ont été positionnés en fonction de la pousse de la vigne et de la rémanence des produits. Le renouvellement des traitements après un lessivage et avant une pluie contaminatrice suivante a été bien respecté pendant cette campagne. La figure 12 illustre bien cet aspect.

De la floraison à la fermeture des grappes, des buses avec un débit augmenté de 15% ont été installées au niveau de la zone des grappes. Ceci permet une meilleure protection de la zone de grappe. Pendant la campagne 2023, 19 traitements et 5,05 kg de cuivre par hectare cadastral (moyenné à l'ensemble des traitements) ont été nécessaires pour la protection du vignoble.

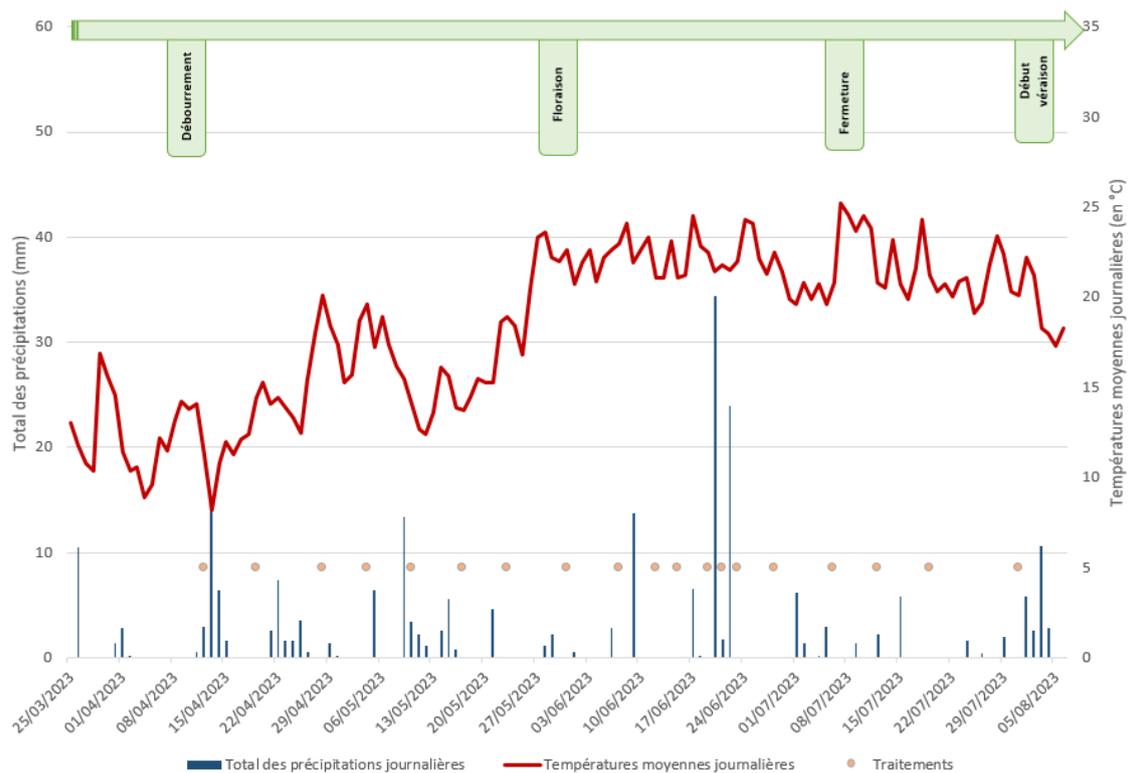


Figure 12 : Diagramme des moyennes des températures journalières, des précipitations et des traitements réalisés pendant la campagne 2023

En prenant l'exemple d'une parcelle, **les fréquences et intensités d'attaques de mildiou sur feuilles** ont fortement augmenté à partir de mi-juillet (figure 13). Cette augmentation peut s'expliquer par des conditions climatiques favorables à son développement, maintenant ainsi une pression élevée de mildiou. Les feuilles touchées à partir de mi-juillet étaient des jeunes feuilles en haut du feuillage. Les deux derniers traitements ont aussi été réalisés afin de contenir le mildiou des jeunes feuilles et donc de préserver la surface photosynthétique pour la mise en réserve.

Concernant les **grappes** (figure 14), les premiers symptômes sont apparus la semaine du 31 mai. Deux semaines après, l'intensité augmente mais la fréquence reste relativement stable. Le nombre de grappes contaminées augmente fortement à partir de début juillet, conséquence de la contamination lors de la semaine pluvieuse du 20 juin. Deux fortes augmentations de la fréquence et de l'intensité d'attaques sur feuilles sont observables le 19 juin et le 24 juillet. Les nouvelles contaminations sur feuilles peuvent être dues à la reprise importante de la croissance végétative (deux épisodes pluvieux cumulant plus de 60 mm) et à la pression mildiou (humectation quasi-continue).

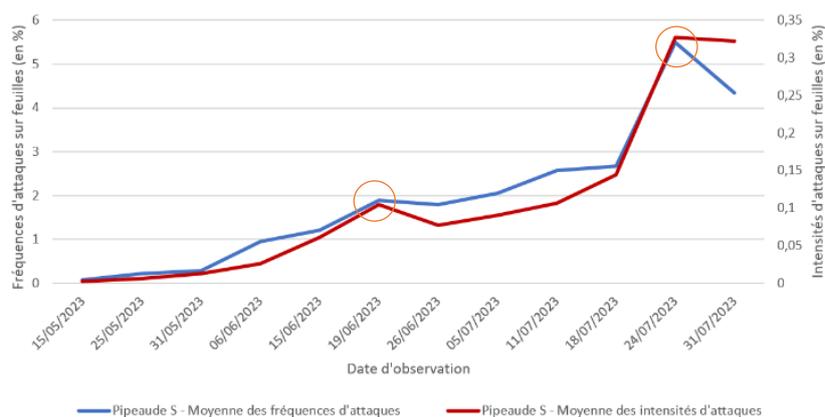


Figure 13 : Fréquences et intensités d'attaques du mildiou sur feuilles au cours de la campagne 2023 pour une parcelle de Merlot (Pipeau S)

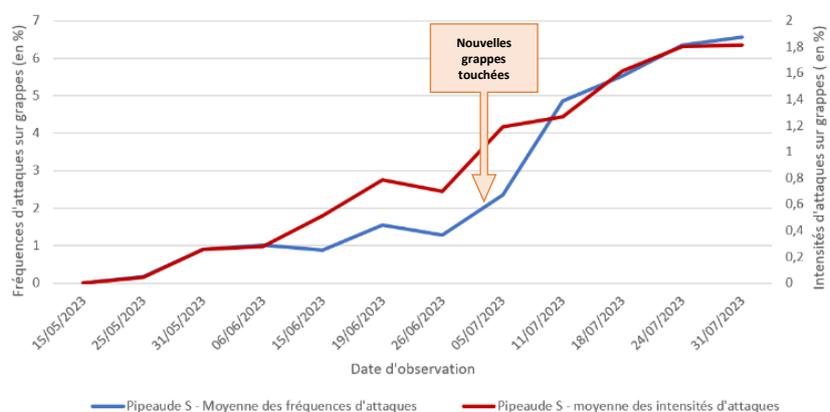


Figure 14 : Fréquences et intensités d'attaques du mildiou sur grappes au cours de la campagne 2023 pour une parcelle de Merlot (Pipeau S)

1.5.6 Préparation des vendanges

La **préparation des vendanges** commence à fermeture de grappes avec des estimations de rendement afin de réaliser des vendanges en vert si besoin. La suppression des ailes et des grappes entassées sont favorisée. **L'éclaircissage des grappes** est une mesure prophylactique contre le développement de Botrytis. De plus, la maturation des raisins est plus homogène grâce à une augmentation du rapport feuille/fruit. Toutefois, cette pratique est très onéreuse (CEPviti, 2023).

Après la fin de véraison, les premiers **contrôles de maturité** commencent avec un prélèvement de baies. Le poids des baies, les sucres réducteurs, le degré probable, l'acidité totale, l'acide malique, l'acide tartrique, le pH et l'azote assimilable sont analysés par un laboratoire extérieur. L'objectif étant de suivre la cinétique de ces composés et paramètres qui influenceront la date de récolte pour chaque parcelle.

2 Présentation de l'itinéraire technique au chai : du raisin à la mise en vente de la bouteille

2.1 Les bâtiments et les équipements

Le **bâtiment de vinification** du Château l'Évangile est une structure qui a été construite pour répondre à une extension parcellaire dans les années 2000. Aujourd'hui, 20 millésimes ont été réalisés dans ce chai. La structure de la cave est composée de **trois entités** : une partie vinification, une partie élevage (chai à barrique enterré) et un local technique.

La **cave de vinification** est composée de 20 cuves en béton représentant une capacité de 1000 hL ainsi que de 6 cuves inox à chapeaux flottants d'une capacité totale de 475 hL.

Les **cuves béton** ont une capacité variable entre 37 et 81 hL. La petite taille de ces cuves permet de réaliser des vinifications parcellaires et intra-parcellaires. Les cuves en béton permettent une meilleure utilisation de l'espace disponible puisqu'elles y sont coulées sur place. Ce matériau est un très bon conducteur thermique, nécessaire dans la maîtrise des températures lors de la vinification des rouges (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020). Neuf de ces cuves présentent un revêtement en résine époxydique. Le revêtement permet de faciliter son nettoyage. L'entretien des autres cuves béton se fait par affranchissement, c'est-à-dire, trois pulvérisations d'une solution d'acide tartrique. Cet entretien permet de protéger le ciment de l'acidité du vin (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020). Ces cuves sont équipées d'un système de régulation thermique en serpentins (figure 15). Le fluide circulant dans le serpentin est de l'eau. Les consignes de température par cuve sont données par un tableau de régulation dans lequel une température minimale et une température maximale sont définies. Un système de refroidissement et un système de chauffage fonctionnent de manière indépendante. Leur importance réside dans la capacité à refroidir une cuve et à chauffer une autre, particulièrement lorsque celles-ci sont engagées dans des étapes différentes de la vinification ou même avec des millésimes distincts.

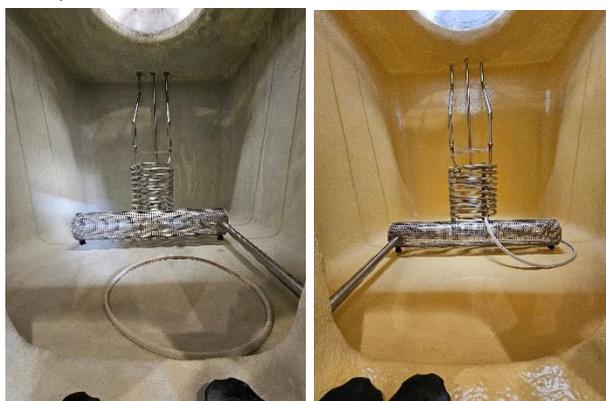


Figure 15 : Photos d'une cuve béton sans revêtement (à gauche) et d'une cuve béton avec une résine époxydique (à droite)

Les **cuves inox** sont des garde-vins de capacité plus grandes, de 40 hL, 60 hL et 76 hL, toutes équipées d'une ceinture de régulation thermique. Ce matériau est très simple d'entretien. Le chapeau flottant évite tout contact du moût/vin avec l'air lorsque la cuve n'est pas complètement remplie. Elles présentent toutefois l'inconvénient d'une chauffe inefficace en cas de basse température ambiante (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020). Des petits garde-vins de capacité d'environ 10 hL sont utilisés pour un stockage provisoire des vins de presses et des lies.

Le **local technique** permet le stockage du petit équipement de chai, des produits œnologiques et de nettoyage. Il est également utilisé pour entreposer les barriques de vinification.

2.2 Les vendanges

2.2.1 Les particularités de la vendange 2023

Les **vendanges 2023** ont commencé le lundi 4 septembre et se sont terminées le 22 septembre. La majorité des vendanges a été marquée par des températures élevées suivies d'épisodes pluvieux.

La pression mildiou de ce millésime a conduit au dessèchement des baies touchées. Les fortes chaleurs ont pu provoquer de l'échaudage ainsi que le flétrissement des baies. Les flétrissements ont été observés sur les vignes de faible vigueur, côté du soleil couchant (en raison de la faible présence ou de l'absence de feuilles en zone de grappes. A la fin des vendanges, le développement du Botrytis sur les raisins de Cabernet franc tardif a été encouragé par la rosée et les pluies de septembre.

Comme nous le montre les **rendements moyens** dans le tableau 3, les différents aléas climatiques du millésime 2023 ont peu impacté les rendements des Merlot. La bonne maîtrise et gestion du vignoble a permis ces résultats. Concernant le Cabernet franc, le rendement est très faible. Ces résultats peuvent s'expliquer par une plus petite taille de baies comparée au Merlot (UMT Géno-Vigne INRA, IFV, et Montpellier SupAgro, 2023d). De plus, parmi ces parcelles de Cabernet franc, certaines sont âgées avec un nombre de manquants importants, et d'autres plus jeunes présentent une vigueur faible.

Tableau 3 : Rendements moyens des différents cépages au château l'Evangile en 2023

| Cépage | Rendement moyen par hectare (hL/ha) | Rapport poids pour 1hL |
|----------------|-------------------------------------|------------------------|
| Merlot | 48 | 158 kg pour 1 hL |
| Cabernet franc | 20 | 222 kg pour 1 hL |

La qualité sanitaire de la vendange 2023, après un tri à la parcelle et un second tri au chai, était très saine.

2.2.2 Détermination des dates de vendange et contrôles de maturité

La date de vendange de chaque parcelle est déterminée par l'équipe technique du château, à l'aide de la **dégustation des baies** et des **contrôles de maturité**. Les premières analyses de baies ont commencé le 10 août pour les parcelles les plus précoces. Ce contrôle est fait sur 200 baies prélevées aléatoirement réparties sur un minimum de 5 rangs. Le poids des baies, la concentration en sucre, l'acidité totale, le pH, l'azote assimilable et l'acide tartrique sont déterminés. Les dégustations de baies sont faites quotidiennement, prenant en compte l'aromatique, la texture de la pellicule, l'astringence de la peau et des pépins.

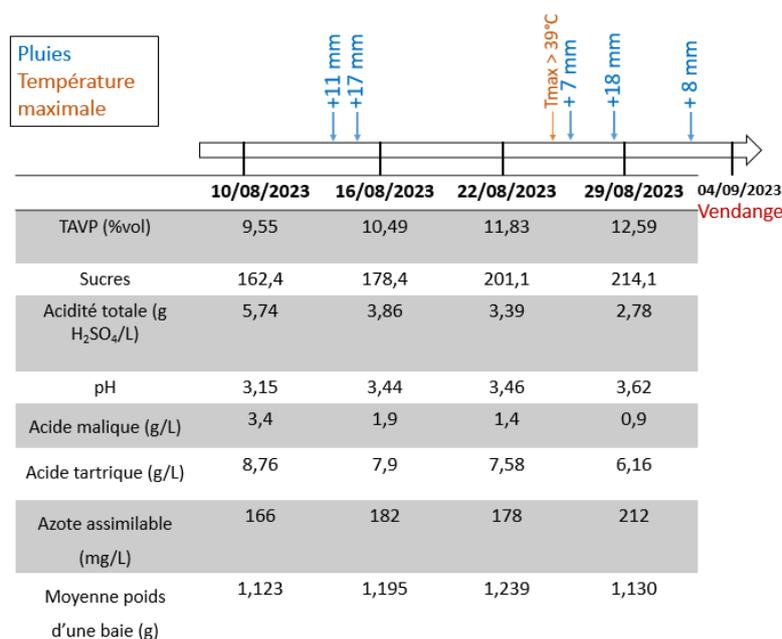


Figure 16 : Contrôles maturité à quatre dates différentes pour une parcelle de Merlot (Pipepaude S) en 2023

L'analyse des différents contrôles de maturité montre :

- Une **augmentation du pH** corrélée à la diminution de l'acidité totale. Cette diminution est très liée à la diminution de l'acide malique (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020). L'acide malique présent avant vendange est faible. La forte réduction de l'acide malique est liée aux pics de chaleur et aux forts rayonnements lumineux (Pillet, 2011).
 - Le **poids moyen d'une baie** pour la même parcelle est supérieur à celui du millésime 2022 (tableau 4). En effet, le mois d'août et le début de septembre 2022 ont été marqués par un climat sec et chaud. Le poids des baies moyen des Merlot était faible (Geny *et al.*, 2022). Le poids d'une baie du millésime 2023 se rapproche fortement du millésime 2019.
- D'après la figure 16, le poids des baies augmente, à l'exception de la période entre le 22 et 29 août où l'on retrouve une légère diminution. Cette baisse pourrait résulter du pic de chaleur entre les deux prélèvements, entraînant un flétrissement des baies. Les pluies suivantes n'ont

pas permis une compensation totale. Le 29 août, nous avons pu observer que la pellicule des baies de raisins était très fine. En effet, la pellicule des Merlot est plus fine que les millésimes précédents mais il n’y avait aucune inquiétude quant au développement immédiat de la pourriture (Geny, 2023).

→ Une augmentation de la **concentration en sucre** dans les baies. Entre le 22 et 29 août, une concentration des sucres peut avoir eu lieu en conséquence d’un flétrissement.

Tableau 4 : Poids moyen d'une baie lors des cinq derniers millésimes

| Millésime | 2023 | 2022 | 2021 | 2020 | 2019 |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Date de prélèvement | 29/08/2023 | 30/08/2022 | 21/09/2021 | 01/09/2020 | 12/09/2019 |
| Poids d'une baie (g) | 1,13 | 0,92 | 1,72 | 1,5 | 1,28 |

2.2.3 Découpage parcellaire et mise en œuvre des vendanges

La majorité des parcelles sont vendangées selon un **découpage intra-parcellaire** prenant en compte les différences de vigueur. En effet, l’augmentation de la vigueur retarde la maturation (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020). Le découpage s’appuie sur les cartes EVI ainsi que la dégustation des baies. Ce travail est chronophage, mais permet de récolter les raisins à une maturité optimale pour chaque zone (qualité et homogénéité de la vendange).

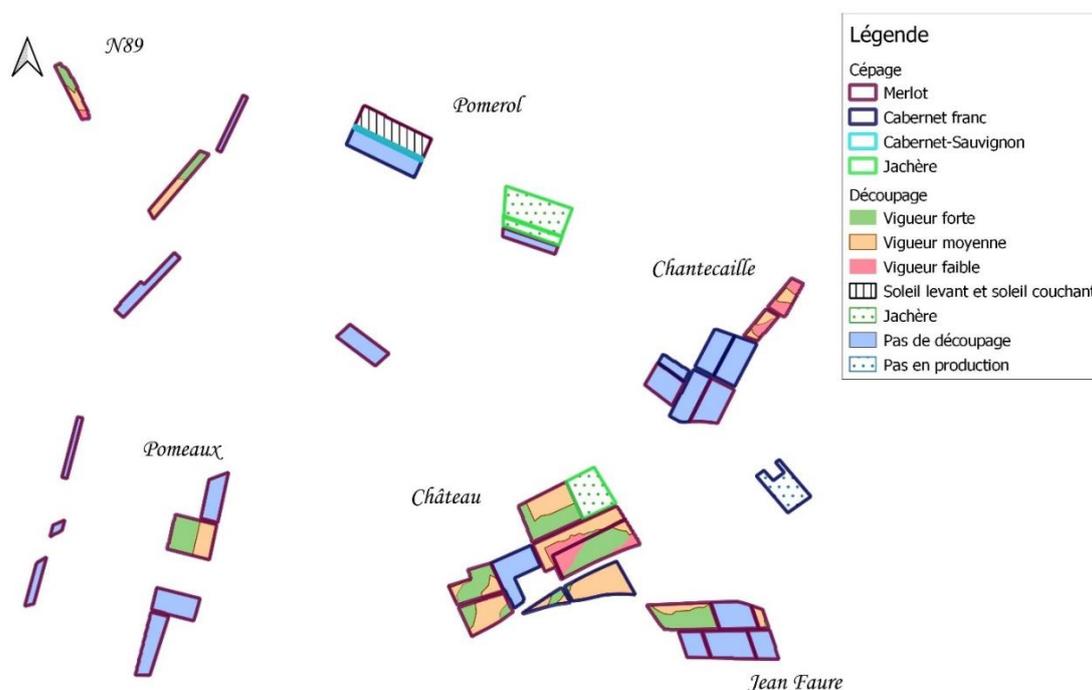


Figure 17 : Carte du découpage parcellaire des vendanges 2023 au château l'Evangile (source personnelle via logiciel QGIS)

Les **vendanges sont réalisées manuellement** par une équipe d'une vingtaine de personnes. Des consignes leur sont données par l'équipe technique. Les grappillons, les grappes échaudées, ainsi que celles montrant des signes de mildiou ou de Botrytis ont été triés lors de la coupe.

La récolte est conditionnée dans des caissettes d'environ 10 kg afin d'éviter la trituration de la vendange. Les palettes de caissettes sont ensuite acheminées jusqu'au château. Elles y sont pesées à l'aide de fourches peseuses. Le poids est un bon indicateur pour le choix de la capacité de la cuve pour la parcelle. Pendant 24 heures, les palettes de raisins sont stockées dans un conteneur frigorifique réglé à 3 °C. Deux chambres froides sont louées afin de permettre une rotation. La **chambre froide** permet de refroidir le raisin plus efficacement que par le système de thermorégulation des cuves. La logistique est mieux gérée avec une vendange répartie dans des tailles de cuves appropriées ainsi que des plages horaires raisonnables lors du tri.

2.3 Le tri de la vendange et l'encuvage

24 heures après la coupe, le raisin est sorti de la chambre froide pour être déposé sur une **table de tri vibrante** d'environ 1 m. Deux personnes sont présentes afin de retirer les feuilles et les parties de grappes n'ayant pas un état sanitaire convenable, en sous-maturité ou flétris. Les grappes entières sont ensuite dirigées dans l'**érafloir** où les baies vont être séparées des rafles. Les baies vont ensuite passer un **tri optique** puis un dernier **tri sur table vibrante** de 3 m avec 3 à 4 opérateurs. La machine de tri optique est en location et permet d'affiner le tri avant le dernier tri manuel. Une table de tri grappes entières plus longue pourrait être conseillée pour optimiser la suppression des parties flétries et malades. Toutefois, l'allongement de la chaîne de tri pourrait aussi entraîner une augmentation de la consommation d'eau lors du nettoyage. Avant d'être acheminée jusqu'au fouloir situé sur la cuve, la **vendange est sulfitée** avec du soufre liquide à 2 ou 3 g/hL. Il est réalisé à l'aide d'un système de goutte-à-goutte. Cela permet un ajout et une protection en continu. La dose de soufre est adaptée en fonction de l'état sanitaire de vendange.

Les cuves sont préalablement saturées en CO₂ afin de limiter l'oxygénation. Une pompe péristaltique est utilisée pour limiter la trituration (Berger, 2023b). Une homogénéisation de la cuve est réalisée à l'aide d'une canne à azote. Après encuvage, le moût est **inoculé par des levures commerciales** IOC R 9008 préalablement réhydratées à une dose de 20 g/hL.

2.4 La vinification

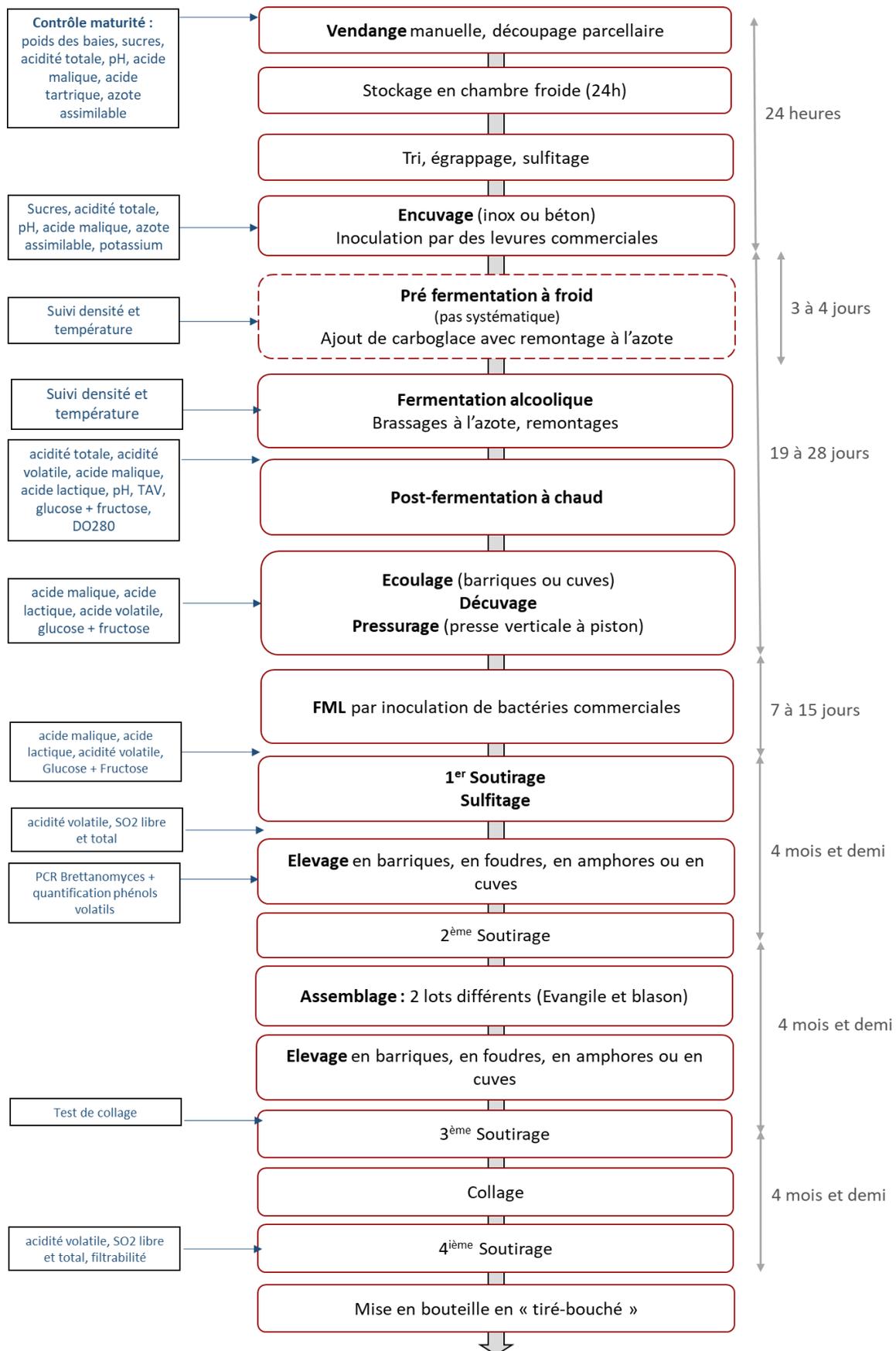


Figure 18 : Schéma de l'élaboration du premier et second vin du château l'Evangile

2.4.1 Macération pré-fermentaire à froid

Une **macération à froid** est faite pour les raisins sains provenant pour la plupart des parcelles sur sols argileux. La macération pré-fermentaire à froid permet une extraction sélective de composés hydrosolubles : pigments, arômes, polysaccharides et tanins (Berger, 2023). Cette macération s'effectue sur une durée de 3 à 4 jours en utilisant de la **carboglance**. Le CO₂ solide entraîne une lyse cellulaire due à un choc thermique. L'extraction y est plus importante et les tanins extraits sont jugés plus souples.

L'apport de 1,3 kg de carboglance permet de refroidir d'un degré Celsius 100 kg de vendanges (Berger, 2023a). La carboglance est ajoutée deux fois par jour en même temps qu'un remontage à la canne à azote, favorisant ainsi l'homogénéisation. Cette opération est très coûteuse (environ 2 € HT/kg). Un apport de 2,5 kg/hL est réalisé par jour, représentant environ 250 € par jour pour une cuve de 50 hL.

Le refroidissement préalable des raisins dans la chambre froide permet de limiter l'apport de carboglance puisque les baies sont à une température d'environ 10 °C après encuvage.

2.4.2 Fermentation alcoolique et ses opérations

Les cuves n'ayant pas subi de macération pré-fermentaire sont **réchauffées progressivement jusque 28°C** pour amorcer la fermentation alcoolique (FA). La progression de la FA est surveillée en mesurant la température et la densité deux à trois fois par jour, en plus d'une dégustation quotidienne. Ces paramètres permettent d'adapter le programme de remontage (figure 19). Le nombre de remontage par jour est adapté en fonction des tanins de chaque lot. Les remontages présentent plusieurs intérêts : introduction d'oxygène pour les levures au moment souhaité, faciliter l'extraction des composés du marc (anthocyanes et tanins), homogénéisation de la cuve en température, sucre et levures. Les remontages avec aération sont faits à l'aide d'un bac. L'écoulement du moût dans le bac provoque une dispersion du moût permettant une meilleure dissolution de l'oxygène (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020). Afin de lessiver la totalité du chapeau, l'aspersion est faite manuellement par une personne à l'aide d'une lance.

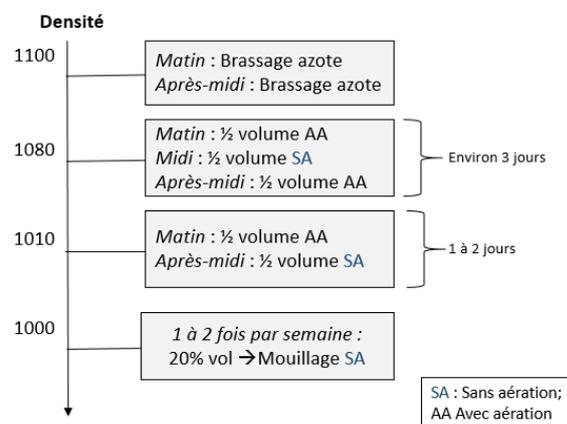


Figure 19 : Programme de remontage en fonction de la densité et de la dégustation des vins

Les premiers **brassages à l'azote** favorisent une bonne homogénéisation de la vendange et des levures. Après la phase pré-fermentaire à froid, l'augmentation progressive de la température permet le départ de la fermentation alcoolique. Lorsque **la masse volumique atteint 1080 kg/m³**, trois remontages d'un demi-volume chacun sont effectués. Le fractionnement des remontages en trois fois plutôt que deux, améliore la qualité organoleptique des vins (IFV, 2022). L'incorporation d'oxygène à cette étape, est indispensable à la croissance des levures, notamment la synthèse d'acides gras insaturés à longues chaînes et des stérols (Berger, 2023a). Le nombre de remontage diminue lorsque la **densité approche 1,010**. A la fin de la fermentation, **en dessous de 1,000 de densité**, de faibles remontages sans aération (20 % du volume) sont réalisés facilitant l'homogénéisation.

La fermentation est considérée comme terminée lorsque la concentration en glucose et fructose est inférieure à 0,5 g/L. Cette valeur pourrait être baissée à 0,2 g/L. Ainsi, à cette concentration, les risques de contamination microbologique non souhaitée sont limités (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020). En plus, de la concentration en glucose et fructose, l'acide malique et l'acidité volatile sont contrôlées par le laboratoire. L'acide malique doit seulement commencer à disparaître à la fin de la fermentation alcoolique afin de limiter l'augmentation de l'acidité volatile (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020).

Les pigeages, délestages et l'ajout d'enzymes ne sont pas utilisés au Château l'Evangile pour l'extraction.

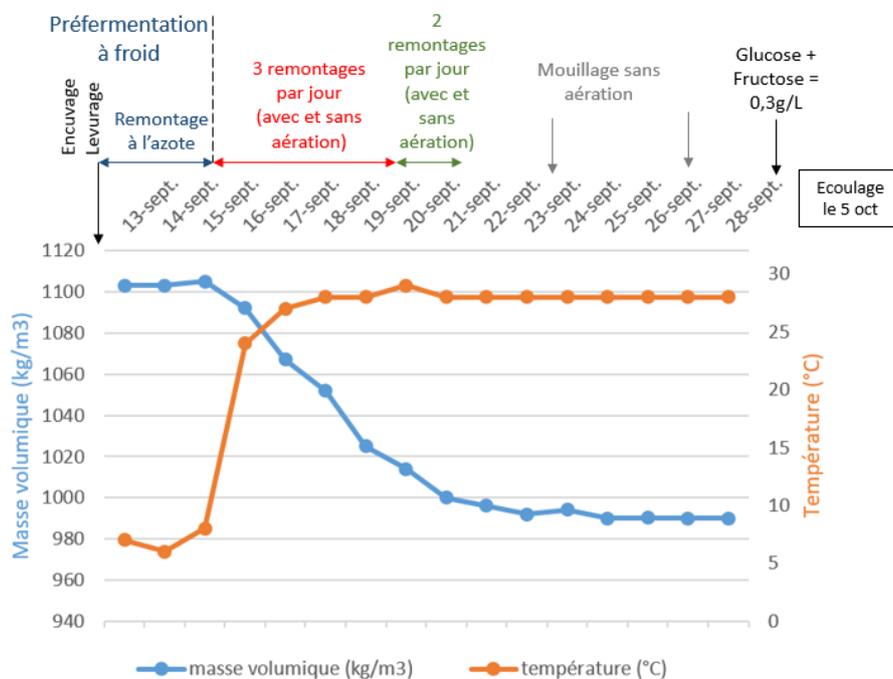


Figure 20 : Graphique de suivi des masses volumiques et de la température au cours de la pré-fermentation à froid et de la fermentation alcoolique

2.4.3 Macération post-fermentaire à chaud

La **macération post-fermentaire à chaud** est réalisée à une température de 28 °C pour les Merlot et 27°C pour les Cabernet franc. Cette température permet d'obtenir une meilleure structure tannique comparée à une température plus faible de 25 °C (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020). La durée de cuvaison était de 19 à 28 jours en 2023. Celle-ci est adaptée en fonction de l'historique de la parcelle ainsi que des dégustations quotidiennes. Cette étape est favorable au vin de garde puisque cela permet d'assouplir les vins, d'augmenter la longueur en bouche et d'obtenir une concentration tannique nécessaire pour son évolution (Berger, 2023b). Une macération post-fermentaire à chaud augmente la perception de sucrosité des vins. L'autolyse des levures et les pépins contribuent à cette perception (Marchal et Winstel, 2022).

Chaque soir, les **cuves sont saturées en CO₂** afin de limiter le développement de micro-organismes aérobies non désirés sur le marc. Le château ne réalise pas de léger remontage pendant cette étape. En effet, ces remontages augmentent l'astringence et l'amertume (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020).

2.4.4 Ecoulage, décuvage et pressurage

L'**écoulage** de la cuve se fait le jour précédent le décuvage afin d'obtenir un marc sec. Le vin de goutte est soit mis en barrique par gravité soit en cuve inox à l'aide d'une pompe. Le contenant est choisi en fonction du lot et du matériel disponible. Dans la mesure du possible, les FML sont réalisées en barriques. Toutefois, l'équipe technique se questionne concernant l'impact du contenant durant la FML sur les vins. Cet aspect sera étudié dans la partie expérimentation.

Le lendemain matin, le **décuvage** a lieu. Seule la partie la plus qualitative est gardée pour le pressurage. En effet, les premiers centimètres à la surface peuvent sentir l'acétate d'éthyle, conséquence de la contamination par des bactéries acétiques, les drosophiles en étant les vecteurs. Les quelques centimètres du fond de la cuve (riches en lies et pépins) apportent une amertume (Berger, 2023a). Ils ne sont donc pas conservés.

Le marc est **pressé** à l'aide d'une presse verticale à piston hydraulique avec une cage d'une capacité de 4 hL. Ces pressoirs présentent un intérêt qualitatif (limitation de la trituration et de la turbidité), mais la manutention est souvent difficile avec un débit de chantier faible (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020 ; Gros et Yerle, 2014). Des « tapis » drains circulaires sont placés afin de faciliter le drainage et d'éviter de réaliser des rebêchages. Le cycle de pressurage est réalisé en continu avec une séparation en trois lots différents en fonction de la pression. Les vins de presse « P1 » sont obtenus à de faibles pressions comprises entre 50 et 100 bars, puis « P2 » entre 100 à 200 bars enfin « P3 » entre 200 et 350 bars. Les différentes presses sont stockées dans des petits garde-vins puis entonnées dans la journée en conservant au maximum leur identité « P1 », « P2 » ou « P3 ».



Figure 21 : Photo du pressurage à l'aide de la presse verticale puis transfert du vin dans les garde-vins (P1, P2 et P3)

2.4.5 La fermentation malolactique

La **fermentation malolactique** (FML) est réalisée par inoculation de bactéries lactiques commerciales : Maxiflore Satine, si la FML ne s'est pas déclenchée spontanément en post-FA. Celle-ci peut avoir lieu en barriques ou en cuves. La **FML en cuve** permet une meilleure gestion de la température. Elle est fixée à 20 °C. La **FML en barriques** est réalisée dans le chai à barriques où le millésime précédent est en cours d'élevage. Cela implique donc des contraintes de températures. La température optimale pour la FML est comprise entre 18 et 20 °C, alors que la température d'élevage est recommandée entre 12 et 16°C afin de contrôler les risques microbiens (Vivas, Lonvaud Funel, et Glories, 1995). Les vins de presses ne sont pas inoculés.

Les lots de vins sont analysés par un laboratoire extérieur deux fois par semaine pour les composés suivants : acidité volatile, acide malique et acide lactique. L'épuisement complet de l'acide malique (inférieur à 100 mg/L) est recherché avant un sulfitage. L'évolution de l'acidité volatile renseigne sur l'état sanitaire du vin (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020).

Un ouillage est réalisé plusieurs fois par semaine afin de protéger les vins de l'oxydation et du développement des bactéries acétiques. Une fois la FML terminée, le vin est soutiré puis sulfité à 3-4 g/hL.

2.5 Les vinifications intégrales

Des **vinifications intégrales** sont réalisées au Château. La vinification intégrale permet un apport régulier d'O₂ pendant la vinification. Cela permet une meilleure stabilisation de la couleur et une meilleure intégration du boisé (Berger, 2023a). L'objectif premier de la vinification intégrale à l'Évangile est de pouvoir vinifier en petits lots. Ainsi, cela permet de les garder séparés et de pouvoir

réaliser des essais. Environ 25 barriques ont été faites pour la vendange 2023. La réalisation de la vinification intégrale est très chronophage et technique.

Les étapes sont les suivantes :

- La première étape consiste à **ouvrir la barrique** afin de retirer un des fonds pour l'introduction des baies.
- Le **remplissage** se fait à 80 % du volume de la barrique.
- Le **sulfitage** avec une homogénéisation par **pigeage** est fait puis un ajout de carboglace si une macération pré-fermentaire est souhaitée pour le lot. Les **levures** y sont aussi ajoutées à ce moment.
- Après la macération pré-fermentaire à froid (environ 2 jours), les barriques sont fermées puis mise sur un soc Oxoline muni de 4 roues. Ce système facilite le déplacement des barriques par un transpalette et la rotation des barriques à 360°. Les barriques sont placées dans le local technique avec un chauffage.
- Chaque jour, les **barriques sont roulées** sur leur soc : 4 tours puis ouverture de la bonde pour dégazer et enfin 4 tours. L'opération est répétée une nouvelle fois dans l'autre sens. Les rotations permettent une homogénéisation et une extraction douce des composés (Berger, 2023a). Le nombre de rotation est diminué lorsque la barrique présente moins de 10 g/L de sucre.
- La température et la densité sont prises quotidiennement pour chaque barrique.
- Avant l'écoulage, un échantillon est envoyé au laboratoire afin de vérifier la concentration en glucose + fructose et en acidité volatile (même protocole que pour les cuves).
- **L'écoulage** se réalise par le trou de bonde à l'aide d'un charriot élévateur (figure 22). Un des fonds de la barrique est alors retiré afin de sortir le marc qui sera ensuite pressé.
- Une fois vide, les barriques sont refermées, nettoyées et remplies avec le vin de goutte pour y effectuer la FML et l'élevage.



Figure 22 : Photos de la vinification intégrale : stockage des barriques (à gauche) et écoulage des barriques (à droite)

2.6 L'élevage des vins

2.6.1 Soutirage post FML

Le soutirage des barriques s'opère au moyen d'une canne de soutirage, dont l'extrémité est ajustée de manière à éviter l'aspiration des lies. Le vin issu de chaque barrique est transféré dans une cuve en inox à chapeau flottant. L'inertage à l'azote de la cuve et des tuyaux permet de limiter l'apport d'oxygène. Après nettoyage des barriques, le lot de vin est entonné dans ces barriques d'origine. **Les lies** sont stockées dans un petit garde-vin avant d'être filtrées par un prestataire à l'aide d'un filtre presse. Ce type de filtration permet une bonne clarification des vins chargés comme les lies (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2017).

Le soutirage des vins ayant fait leur FML en cuve est réalisé à l'aide de la vanne de soutirage comportant un coude. Le transfert se fait d'une cuve à l'autre par une pompe. La température des cuves est abaissée à 12°C pour l'élevage.

Le SO₂ total, libre et actif est suivi par analyse en laboratoire avant l'entonnage afin de réaliser un ajustement si nécessaire en une seule fois en cuve.

2.6.2 L'élevage en barriques, en cuves, en foudres et en amphores

Le Château l'Évangile réalise l'élevage de ses vins en barriques Bordelaises d'une capacité de 2,25 hL, mais aussi dans d'autres contenants comme des foudres et des amphores.

L'élevage en barriques permet une micro-oxygénation lente et régulière du vin notamment par le bois qui est un matériel poreux et par le trou de bonde. Cette micro-oxygénation facilite le processus de combinaison entre les anthocyanes et les tanins par des ponts éthanal, entraînant ainsi une intensification et stabilisation de la couleur. En raison de sa petite contenance et des phénomènes d'adsorption, la barrique permet une meilleure limpidité des vins par rapport à la cuve. De plus, le contenant boisé permet l'extraction de composés à la fois volatils (lactones, vanilline, phénols,...) et non volatils (ellagitanins, polysaccharides, ...) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2017).

Les barriques utilisées proviennent de sept tonneliers différents mais 90 % de celles-ci sont des barriques de la Tonnellerie des Domaines qui appartient au groupe. Les proportions des contenants d'élevage des deux vins varient en fonction des millésimes. L'élevage est de 18 mois pour le premier vin.

Le second vin est quant à lui élevé 16 mois dans une majorité de barriques d'un vin, une minorité de barriques de deux vins et une proportion variable de lots issus de foudres et des amphores.

L'objectif de l'Évangile est de garder les avantages de l'élevage en barriques sans trop marquer les vins d'arômes boisés. Dans cette perspective, deux foudres et seize amphores ont été acquis pour l'élevage.

Le **foudre** offre une surface de contact du vin avec le bois par rapport au volume plus faible qu'une barrique. Cela implique moins de boisé. Les deux foudres ont été utilisés leur première année pour l'élevage du blason afin de voir son impact sur le vin produit à l'Evangile. Les résultats étant très satisfaisants, le premier vin y est maintenant élevé.

Les **amphores** sont composées de céramiques, elles sont cuites à plus de 1000 °C. Les résultats des dégustations des vins élevés à l'Evangile montrent des vins plus fruités, mais aussi plus réduits notamment en lien avec une faible micro-oxygénation comparée à un élevage en barriques.

2.6.3 Le suivi de l'élevage

Un suivi mensuel microbiologique est réalisé pour chaque lot. Une analyse par **PCR permet la détection de *Brettanomyces***. La **concentration en phénols volatils** est aussi quantifiée. Le développement de cette levure peut être favorisé par : des raisins riches en acides phénols (précurseurs des éthylphénols), un manque d'hygiène, la présence de sucre résiduel, des teneurs en SO₂ faibles ou un mauvais nettoyage des barriques (Davaux, 2023). En plus d'un suivi microbiologique, le suivi du sulfitage est fait après chaque soutirage et lorsque les résultats microbiologiques sont préoccupants.

2.7 L'assemblage des vins

Les **assemblages** du premier et du second vin sont réalisés fin février. Les choix sont pris suite à une série de dégustation débutant dès le mois de décembre. Cinq à six séances de dégustation sont nécessaires avec la gérante et l'équipe technique, composée du Directeur technique Lafite Rothschild, de la directrice d'exploitation, de l'assistante directrice d'exploitation, du maître de chai et du chef de culture. Les premières dégustations permettent de discriminer les lots qui ne seront pas sélectionnés pour le premier vin. Les lots retenus constituent la base du premier vin. Par la suite, différents lots y sont ajoutés pour la dégustation.

Pour faciliter l'assemblage, le château dispose de deux cuves béton à revêtement époxydique d'une capacité de 140 et 220 hL. Les cuves sont inertées à l'azote avant le transfert des lots. Une canne de soutirage et d'une pompe.

Environ 4 mois après l'assemblage, un troisième soutirage est réalisé dans des cuves inox. Ce soutirage est notamment nécessaire à l'homogénéisation du lot.

2.8 Stabilisation des vins

Une fois le troisième soutirage réalisé, le vin est placé dans les cuves en béton afin de réaliser le collage. Les cuves sont remplies en totalité afin d'éviter l'oxydation du vin. Des tests préalables de collage sont réalisés sur chaque lot : témoin (vin sans collage), 10 g/hL de gélatine, 5 g/hL, 10 g/hL, 15 g/hL et 20 g/hL d'albumine d'œuf.

Une **dégustation à l'aveugle** permet de déterminer la concentration idéale. Le collage n'est pas systématique. Le but du collage est de clarifier durablement le vin par précipitation d'éléments solides et d'assouplir les vins (Berger, 2023b). Le collage est utilisé par le château pour atténuer une éventuelle astringence associée aux tanins.

La mise en œuvre du collage se fait par une homogénéisation en circuit fermé à l'aide d'une pompe à faible débit (1 hL/min). La mise au froid de la cuve à 13 °C pendant 5 semaines permet une meilleure précipitation par diminution des mouvements browniens (Berger, 2023b). Le dernier soutirage a lieu lors de la levée de colle. Les lies sont séparées, filtrées à l'aide d'un filtre presse puis incorporer au vin d'origine.

Aucune filtration n'est faite avant la mise en bouteille.

2.9 La mise en bouteille

2.9.1 Préparation avant la mise en bouteille

Après la levée de colle, la turbidité ainsi que le SO₂ sont analysés en prévision de la mise en bouteille. La quantité de SO₂ totale est limitée à 100 mg/L en agriculture biologique (Cottureau, 2023). Le SO₂ libre est ajusté afin d'obtenir 30 mg/L. Ce taux de SO₂ libre permet d'avoir une action antioxydante, antibactérienne et antilevurienne contre *Brettanomyces* (Centre technique interprofessionnel de la vigne et du vin, 2002).

2.9.2 Choix des matières sèches : bouchons et bouteilles

Plusieurs contenants sont possibles pour le **conditionnement du vin** : bouteilles, magnums ou impériales. Le nombre de contenants est défini en fonction du millésime et des commandes en primeur.

Les **bouchons** utilisés sont naturels. Ils répondent aux exigences de qualité du Château.

2.9.3 La mise en bouteille

La mise en bouteille est une étape délicate du vin fini. Elle est réalisée au Château par un prestataire et dure environ 2 jours.

L'habillage ne se réalise pas au Château, les bouteilles sont envoyées dans un des centres d'habillage du groupe les Domaines Baron de Rothschild. Ce système permet donc de minimiser les coûts d'habillage. De plus, les bouteilles habillées ne sont pas stockées dans le Château, ce qui permet de réduire les risques de vols. En effet, les bouteilles non étiquetées présentent moins de valeur sur le marché. Les bouteilles en tiré-bouché sont transportées jusqu'à l'entrepôt du groupe par box de 600 bouteilles.

La **chaîne de mise** est composée d'un filtre à cartouche filtrant en entrée jusqu'à 5 µm, en sortie jusqu'à 1 µm puis d'une chaîne d'embouteillage.

Un test ATP-métrique est fait afin s'assurer de la stérilité du matériel. Toute la ligne est inertée à l'azote avant l'utilisation. Les bouteilles sont rincées, inertées, remplies, bouchées et gravées. La gravure permet de garantir l'authenticité des bouteilles ainsi que de son suivi. Durant toute la mise en bouteilles des suivis de quantité d'oxygène dissous sont réalisés à l'aide d'un Nomasense. Cet appareil permet de déterminer la quantité d'oxygène dissous présent dans le milieu. Les tests sont réalisés au pied de la cuve, au milieu de la ligne et enfin sur quelques bouteilles bouchées.

2.10 Commercialisation des vins

Les vins du Château sont vendus à 90% en primeur et sont exclusivement présents sur la place de Bordeaux via des maisons de négoce. Ce système typique du Bordelais permet de vendre le vin au printemps suivant la récolte.

89 % des vins du château sont commercialisés à l'export et seulement 11 % en France. La majorité est vendue en Europe occidentale. Les dix plus gros clients sont : six Anglais, un Allemand, un Suisse, un Hong Kongais et un Belge. Contrairement à certains châteaux, le château l'Evangile n'est pas dépendant du marché chinois. La crise du Covid 19 n'a donc pas eu d'impact important sur les ventes.



Figure 23 : Présentation des vins du millésime 2021 produits sur l'exploitation

Finalement, la vinification au Château l'Evangile est réalisée avec un minimum d'intrants. L'élevage se fait dans divers contenants tels que l'amphore et le foudre. Les expérimentations réalisées au chai permettent une amélioration constante des pratiques.

3 Expérimentation

3.1 Présentation de la problématique de la fermentation malolactique au château l'Évangile

La fermentation malolactique est une désacidification biologique du vin. Les bactéries transforment l'acide malique (acide dicarboxylique) en acide lactique (acide monocarboxylique). Cette fermentation est systématique pour les vins rouges. Elle permet d'obtenir une souplesse, une rondeur et une stabilité microbiologique des vins (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020).

Au Château l'Évangile, la fermentation malolactique est réalisée majoritairement en barriques. La fermentation alcoolique est faite en cuve, après écoulage et pressurage, les vins sont descendus en barriques. Lorsque la fermentation malolactique ne s'est pas déclenchée spontanément, l'inoculation, par des bactéries lactiques commerciales, est faite en barrique le jour suivant l'écoulage. Un départ rapide de la fermentation malolactique est souhaité afin de répondre à une contrainte de temps due aux primeurs d'avril.

La FML en barriques soulève certaines contraintes notamment sur :

- **le plan humain.** En effet, l'entonnage d'un lot en 10 à 20 barriques rend le suivi très chronophage (il est plus facile de prendre des échantillons directement d'une cuve que de toutes les barriques). De plus, l'inoculation des barriques peut prendre deux à trois fois plus de temps qu'en cuve.

- **le plan technique.** Le château dispose d'un seul chai à barriques. Il contient à la fois les vins en fermentation malolactique et les vins en élevage de l'année précédente. La température du chai était comprise entre 12°C et 15°C en septembre, octobre et novembre. Or, la température optimale de la fermentation malolactique est de comprise entre 18°C et 25°C. Il est quand même recommandé de maintenir la température entre 18 et 20°C afin de limiter les risques de déviations (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2020).

Depuis quelques années, des essais sont menés à l'Évangile sur le profil du vin. Ils ont pour but d'exprimer au mieux le terroir, le millésime ainsi que l'identité de l'Évangile. En effet, le Château est en constante recherche d'améliorations sur les différentes décisions prises au chai pour répondre aux évolutions de la composition face aux changements climatiques. Les caractéristiques qui ressortent du vin « Château l'Évangile » sont : un vin de garde, une aromatique fraîche et une structure tannique élégante. L'élevage est un des axes importants de recherche puisqu'une majorité du vin est élevée en barriques mais l'aromatique boisée souhaite être limitée. Un groupe interne a été formé (personnels R&D et production) sur des descripteurs gustatifs et aromatiques communs qui ont permis la mise en

place d'une roue des arômes propres aux vins de l'Évangile. Le contenant dans lequel la FML se déroule est un des éléments étudiés pour répondre à l'identité du premier vin.

Finalement, cette expérimentation a pour but de répondre aux problématiques suivantes :

Est-ce que la fermentation malolactique en cuve répond aux critères organoleptiques souhaités du premier vin du château l'Évangile ?

3.2 Etude bibliographique

Dans le Bordelais, la FML était réalisée le plus souvent en cuve tandis qu'en Bourgogne, la FML se déroulait en barriques afin de conserver les petits volumes.

3.2.1 Impact du contenant de la FML sur la croissance bactérienne

L'environnement dans lequel est réalisée la FML a un impact sur la croissance des bactéries lactiques. En effet, la phase exponentielle est rapidement atteinte pour la FML en cuves comparée à celle de la FML en barriques. La phase stationnaire est plus longue en barriques et la population viable de celle-ci est plus faible. Toutefois, les bactéries lactiques ont une durée de vie plus longue lors de la FML en barriques (Vivas, Lonvaud-Funel, *et al.*, 1994 ; de Revel *et al.*, 2005). La consommation de l'acide malique serait plus rapide en cuves qu'en barriques de quelques jours. Lors de sa FML en barriques, la croissance des bactéries lactiques peut être impactée à la fois positivement et négativement par les composés phénoliques du bois de chêne (Bloem et de Revel, 2005). La durée de la FML est relativement similaire. Seulement 3 jours de différences entre les deux modalités sont observés (Izquierdo-Cañas, Mena-Morales, et García-Romero, 2016).

3.2.2 Impact du contenant de la FML sur la composition des vins

3.2.2.1 Caractéristiques chimiques classiques

Le contenant de la FML n'a pas montré d'impact significatif sur les caractéristiques chimiques du vin tel que le TAV, le pH, les sucres réducteur, l'acidité totale, l'acidité volatile et l'acide malique (González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017 ; Vivas, Bellemere, *et al.*, 1994).

3.2.2.2 Composés volatils boisés

Cependant, la FML faite en barriques semble influencer de manière significative certains arômes en comparaison à la FML en cuves. Il a été montré que, après 1 mois d'élevage, les teneurs en arôme du bois comme la vanilline, l'eugénol, l'isoeugénol et la whisky lactone sont plus importantes dans les vins de Merlot ayant réalisé leur FML en barriques. En effet, en présence de bactéries lactiques, la vitesse d'extraction de ces composés est plus importante. Les bactéries lactiques hydrolyseraient les liaisons osidiques des précurseurs d'arôme du bois (Bloem, Lonvaud-Funel, et de Revel, 2008). Une autre étude s'est aussi intéressée à cette thématique en y intégrant différentes chauffes avec un vieillissement de

12 mois (González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017). La synthèse bibliographique pour chaque composé est reprise dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Synthèse bibliographique sur les différents composés boisés (Bloem et de Revel, 2005 ; González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017 ; Izquierdo-Cañas, Mena-Morales, et García-Romero, 2016)

| | Selon Audrey Bloem et Gilles de Revel (Bloem et de Revel, 2005). | Selon María Reyes Gonzalez-Centeno, Kleopatra Chira, Pierre-Louis Teissedre (González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017). | Selon P.M. Izquierdo-Canas , A. Mena-Morales c , E. García-Romero (Izquierdo-Cañas, Mena-Morales, et García-Romero, 2016) |
|----------------------|---|---|--|
| Matériels | 15 mois élevage, barriques neuves, Merlot | 12 mois élevage, barriques neuves, différentes chauffées, Cabernet-Sauvignon de Grèce Description des chauffées : Noisette : 62 min à 52°C Medium toast (MT) : 68 min à 57°C MTAA : application d'eau, 53 min de chauffe à 57°C, application d'eau, 15 min à 57 min | Cabernet franc, 45 jours élevage, barriques chêne français (chauffe et âge non communiqués) |
| Furanes | Non étudiés | FML Cuves > FML barriques FML cuves : Noisette présente concentration plus faible que MT et MTAA | FML barriques > FML cuves |
| Whisky lactones | FML barriques > FML cuves | MT : (cis + trans) FML barriques = FML cuves Noisette : (cis + trans) FML barriques > FML cuves MTAA : trans : FML barriques > FML cuves; cis : FML barriques < FML cuves Ratio cis/trans : MT et Noisettes : FML barriques (1,5 et 1,7) > FML cuves (1,3) MTAA : FML barriques (1,3) < FML cuves (2,3) | FML barriques > FML cuves |
| Eugénol - Isoeugénol | FML barriques > FML cuves | FML barriques = FML cuves Sauf MTAA pour l'isoeugénol : FML cuve > FML barriques | Pas de différences significatives |
| Vanilline | FML barriques > FML cuves | MT : FML barriques > FML cuves MTAA et Noisette : FML barriques = FML cuves | FML barriques > FML cuves |
| Gaïacol | Non étudié | Non étudié | FML barriques > FML cuves |

3.2.2.3 Composés non volatils du bois

Les phénols totaux ont pu être étudiés en lien avec le contenant dans lequel la FML est réalisée. Ces molécules sont présentes en plus fortes quantités dans le lot de vin ayant réalisé sa FML en barrique comparé au vin dont la FML a été faite en cuves. Cette différence s'explique par une augmentation des transferts d'ellagitanins lors de la FML en barriques. De plus, la FML barrique induirait une diminution de la concentration en proanthocyanidines totales et anthocyanes totales. En effet, le pourcentage de combinaison anthocyane-tanins serait supérieur en FML barriques (González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017). Ces molécules ne seront pas dosées dans cette expérimentation puisque le Château s'intéresse prioritairement à l'impact aromatique. Une étude faite sur les ellagitanins montre qu'il n'y a pas de différence significative du contenant de la FML sur ces molécules (González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017).

3.2.3 Impact du contenant de la FML sur le profil organoleptique

D'après plusieurs auteurs, la FML en barriques serait plus appréciée que celle réalisée en cuves. Le vin ayant fait sa FML en barriques est jugé plus souple, plus gras, plus ample avec un meilleur équilibre entre le boisé et les fruits. Cette différence organoleptique perdure dans le temps. Les bactéries seraient responsables, en plus de la désacidification, d'autres mécanismes moléculaires intervenant dans la perception olfactive et gustative du vin (Vivas, Bellemere, *et al.*, 1994).

En complément, des dégustations discriminatives et descriptives ont été réalisées sur des vins issus de Cabernet-Sauvignon après 1 mois d'élevage. Les vins issus de la FML en barriques sont jugés plus boisés alors que les vins issus de la FML en cuve ressortent plus fruités (Bloem et de Revel, 2005). D'autres auteurs contredisent ces derniers résultats. En effet, dans un essai impliquant différentes chauffe, il a été montré que pour des chauffe moyennes (68 min à 57 ± 3 °C), les vins ayant réalisé leur FML dans ces barriques ne sont pas significativement plus fruités que ceux ayant fait la FML en cuves. Toutefois la perception de l'arôme vanille est très proche de la significativité. Les FML barriques seraient perçues plus vanillées que les FML cuves après 12 mois d'élevage (González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017).

Une comparaison d'une FML en barriques de Cabernet-Sauvignon faite sans lies et avec lies fines a été menée. Les lies atténueraient la perception de l'arôme vanillé. Tout au long de l'élevage, la somme des formes vanillées (vanilline et alcool vanillique) augmente tout en étant supérieure pour les lots ayant fait la FML en barriques. Toutefois, la toxicité de la vanilline envers les micro-organismes, la rend instable. En effet, il a été montré que la vanilline est réduite en alcool vanillique ou oxydée en acide vanillique (Bloem et de Revel, 2005). Or cette réduction, est caractéristique d'une diminution en arôme vanillé puisque son alcool est inodore (Slaghenaufi, 2012). Ce phénomène de réduction, permettrait aux bactéries de ré-oxyder leurs coenzymes réduites donc d'avoir un meilleur développement (Bloem et de Revel, 2005).

3.3 Matériel et méthodes

3.3.1 Mise en place et choix des modalités

3.3.1.1 Lot de vin

Pour étudier l'impact du contenant pendant la FML, un vin rouge, du millésime 2022 et issu du cépage Merlot a été utilisé. 2022 est la première année de cette expérimentation sur la FML. La mise en place de l'expérimentation et des différents paramètres ont été réalisés par l'équipe du château avant le millésime 2022. Le lot choisi est un vin dont son potentiel est élevé pouvant contribuer, après son élevage, au premier vin. Ce choix est fait en fonction de l'historique des parcelles et des dégustations. Ce lot a subi une macération pré-fermentaire à froid de 9 jours à l'aide de carboglace. L'écoulage s'est réalisé 28 jours après la cuvaison. Les vins de presses sont écartés de l'expérimentation.

Tableau 6 : Analyse du vin utilisé pour l'essai

| | Après FA | Après FML cuves | Après FML barriques |
|--|----------|-----------------|---------------------|
| Alcool (%) | 14,7 | 14,7 | 14,7 |
| pH | 3,81 | 3,87 | 3,88 |
| Glucose + fructose (g/L) | 0,86 | 0,75 | 0,82 |
| Acide malique (g/L) | 0,9 | 0 | 0 |
| Acidité Volatile (g/L H ₂ SO ₄) | 0,25 | 0,29 | 0,3 |

Après avoir étéensemencé, grâce à des bactéries lactiques commerciales : Maxiflore Satine de l'institut Œnologique de Champagne, le lot est séparé en trois modalités différentes comme présentée dans la figure 24.

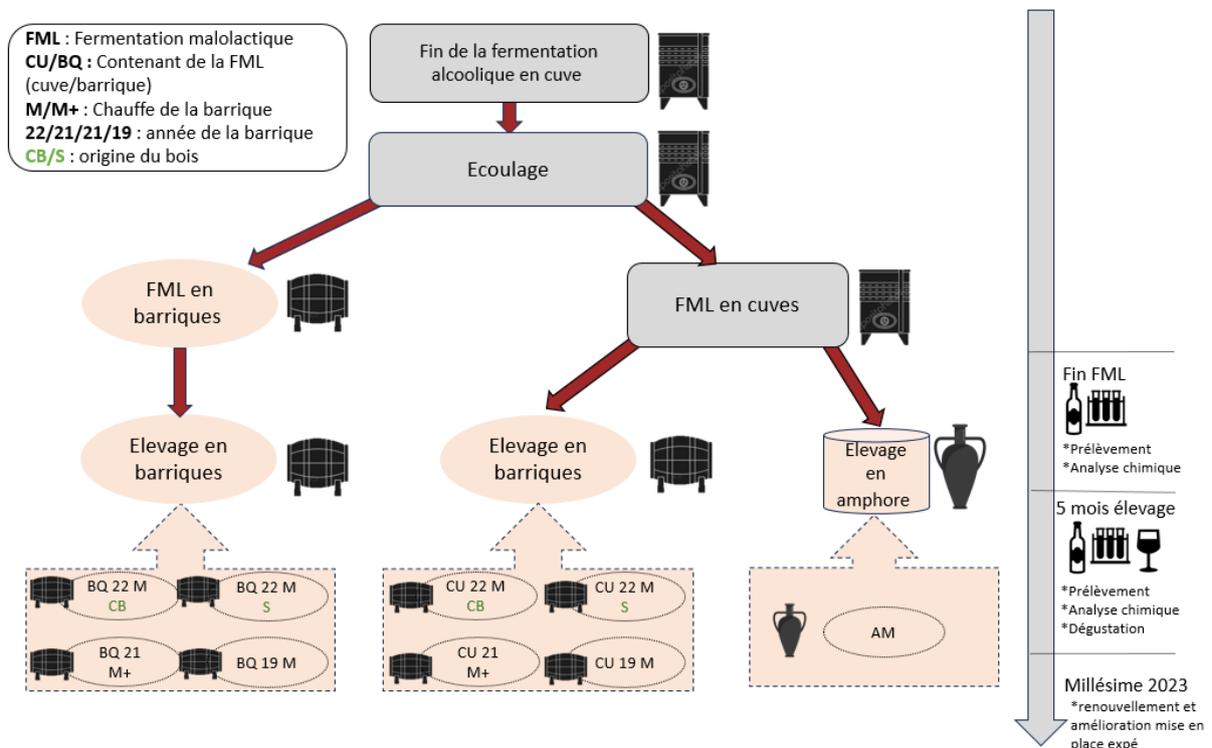


Figure 24 : Schéma des différentes modalités et échantillons

A la fin de la FML, un soutirage est réalisé avant sulfitage. Les vins de la modalité « FML barriques » sont remis dans leur propre barrique.

3.3.1.2 Barriques

Les barriques proviennent toutes de la Tonnellerie des Domaines située à Pauillac. Premièrement les barriques ont été choisies afin de regarder l'impact du contenant pendant la FML. Dans un second temps, l'impact de l'origine de la forêt avait également pour objectif d'être évalué au sein de sous-modalités. Finalement, chaque modalité c'est-à-dire, « FML cuves » et « FML barriques » possèdent quatre barriques dont le détail se trouve dans le tableau 7. La forêt Chœurs-Bommiers se situe dans le centre de la France, tandis que celle de Senonches au Nord-Ouest.

Les modalités sont notées de la façon suivante : **contenant** pour la FML (BQ pour barrique et CU pour cuve) puis **l'âge de la barrique** (22 pour neuve, 21 pour un vin et 19 pour deux vins) puis la **chauffe** (M pour moyenne et M+ pour forte) et enfin **l'origine de la forêt** lorsqu'elle est connue (CB pour Chœurs-Bommiers et S pour Senonches).

Tableau 7 : Descriptif des barriques sélectionnées pour l'essai

| Code barrique | Age | Chauffe | Origine de forêt |
|---------------|--------|---------|------------------|
| 22 M CB | Neuve | Moyenne | Chœurs-Bommiers |
| 22 M S | Neuve | Moyenne | Senonches |
| 21 M+ | 1 vin | Forte | Non connue |
| 19 M | 2 vins | Moyenne | Non connue |

3.3.2 Analyses chimiques

Des analyses chimiques des composés du bois ont été réalisées par un laboratoire externe à la charge du Château. La méthode de quantification est celle par Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (GC-MS). Cette technique permet la séparation et la quantification des molécules volatiles d'un mélange (George Guillaume, 2017). Les composés du bois quantifiés sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Composés volatils analysés, les seuils de détections sont mesurés dans le vin exceptés pour ceux avec une * (Slaghenaufi, 2012)

| Famille | Composé | Odeur | Seuil de détection (µg/L) |
|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|
| Furane | Furfural | Inodore | 65 000 |
| Furane | Méthyl-5-furfural | Inodore | 52 000 |
| Phénol | Gaïacol | Fumé | 95 |
| Phénol | Méthyl-4-gaïacol | Epicé, clou de girofle | 65 |
| Phénol | Eugénol | Clou de girofle | 100 |
| Phénol | Isoeugénol | Fumé | 6 * |
| Lactone | Cis whisky lactone | Noix de coco, boisé | 67 * |
| Lactone | Trans whisky lactone | Noix de coco, boisé | 790 * |
| Aldéhydes phénols | Vanilline | Vanillé | 65 * |
| Aldéhydes insaturés | Trans-2-nonéol | Sciure de bois, mousse | 600 * |

Ces composés ont été analysés à la fin de la FML (3 novembre 2022) et après 5 mois d'élevage (30 mars 2023) pour chaque barrique. L'analyse n'a pas pu être réalisée jusqu'à la fin de l'élevage puisque l'assemblage des lots a été fait avant les primeurs.

3.3.3 Analyses sensorielles

Avant l'assemblage du millésime 2022, des échantillons de chaque barrique et de l'amphore ont été mis en bouteilles afin de réaliser une dégustation ultérieure. La dégustation a été faite le 5 juillet 2023,

dans la salle de dégustation du Château, avec des dégustateurs entraînés et connaissant le vin. Tous les tests ont été réalisés pendant cette même séance.

Les dégustateurs entraînés présents à la dégustation étaient :

- Directeur technique Châteaux et Domaines Lafite Rothschild
- Directrice d'exploitation
- Assistante directrice d'exploitation Responsable R&D
- Responsable R&D au Château Lafite
- Maître de chai
- Assistante chef de culture
- 2 personnes d'une société extérieure d'accompagnement dans la R&D œnologique
- Stagiaire R&D (moi-même)

3.3.3.1 Test triangulaire

Le test triangulaire est une épreuve discriminante qui permet de déterminer si des différences significatives sont notables entre deux vins. Chaque dégustateur dispose de trois verres dont deux sont identiques. Après avoir dégusté dans l'ordre indiqué, le dégustateur désigne le verre considéré comme différent ainsi que quelques descripteurs organoleptiques parmi la roue des arômes. Ce test a été répété une deuxième fois pour chaque dégustateur en mettant l'échantillon double en unique et inversement pour l'autre.

Les deux vins dégustés pour ce test discriminatif sont :

- « FML barriques » correspond à l'assemblage de :
 $\frac{1}{4}$ BQ 22 M CB, $\frac{1}{4}$ BQ 22 M S, $\frac{1}{4}$ BQ 21 M+ et $\frac{1}{4}$ BQ 19 M.
- « FML cuves » correspond à l'assemblage de :
 $\frac{1}{4}$ CU 22 M CB, $\frac{1}{4}$ CU 22 M S, $\frac{1}{4}$ CU 21 M+ et $\frac{1}{4}$ CU 19 M.

Les résultats sont analysés à l'aide de la loi binomiale à n essais (nombre total de dégustateur) et de probabilité 1/3 (1 chance sur 3 de donner la bonne réponse au hasard).

3.3.3.2 Profil sensoriel

Une analyse sensorielle descriptive de la modalité « Amphore » a été réalisée. Par la suite, la dégustation s'est focalisée sur le contenant de la FML (barriques ou cuves) et l'origine de la forêt (Chœurs-Bommiers ou Senonches). Les échantillons proposés à la dégustation sont : « BQ 22 M CB », « BQ 22 M S », « CU 22 M CB » et « CU 22 M S ». Les cinq descripteurs organoleptiques ont été choisis en accord avec les dégustateurs afin de différencier les échantillons. Deux descripteurs olfactifs ont été retenus : la maturité du fruit et l'impact du bois ainsi que quatre descripteurs gustatifs :

l'amertume, le volume, la réaction des tanins et la sécheresse. La signification des intensités est regroupée dans le tableau 9.

Tableau 9 : Note d'intensité pour chaque descripteur

| Descripteur | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------|----------------------|--------|--------|----------------|--------|---|---|----------|---|-----|---|-----------------|
| Olfactif | Maturité du fruit | Absent | Frais | | | | | | | Mûr | | Confit |
| | Impact du bois | Absent | Menthe | | Sèveux | | | Gourmand | | | | Vanille |
| Gustatif | Amertume | Absent | | | | | | | | | | Très amer |
| | Volume | Absent | Plat | | | | | | | | | Très volumineux |
| | Réactions des tanins | Absent | | Intégrés | | | | | | | | Réactifs |
| | Sécheresse | Absent | | Légèrement sec | | | | | | | | Très sec |

3.3.3.3 Interprétation statistique

La table de la loi binomiale de paramètres (n, 1/3) avec une probabilité de 5 % a été appliquée, n étant le nombre total de dégustateur. Finalement, il y a 5% de chance de se tromper si une différence est trouvée. Le logiciel R Studio a été utilisé pour le traitement des données statistiques sur les descripteurs. Ils ont été traités indépendamment les uns des autres à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs (contenant FML X dégustateur). En effet, l'effet dégustateur peut être important pour certains descripteurs. De plus, un digramme en radar a été obtenu à l'aide des moyennes de chaque descripteur.

3.4 Résultats et discussions

3.4.1 Réalisation de la FML et composition du vin

La FML s'est terminée simultanément pour les deux modalités : « FML cuves » et « FML barriques » entre une semaine et 11 jours après ensemencement. La FML a été courte et complète, cela répond bien aux attentes du Château.

La composition du vin n'est que très peu différente entre la FML cuves et la FML barriques. De façon générale, le processus de la FML augmente légèrement le pH et l'acidité volatile. Lors de cet essai l'acidité volatile est légèrement supérieure en FML barriques (tableau 6). Par manque de répétitions, ces résultats ne peuvent pas être traités statistiquement, ils sont néanmoins cohérents avec la bibliographie, selon laquelle le contenant de la FML n'impliquerait pas des différences significatives sur les caractéristiques chimiques du vin (Vivas, Lonvaud-Funel, *et al.*, 1994).

3.4.2 Analyse des composés du bois

L'impact du contenant de la FML sur les composés volatils du bois a aussi été étudié. Les concentrations du furfural, méthyl-5-furfural, gâïacol, eugénol, isoeugénol, cis whisky lactone, trans whisky lactone et la vanilline ont été dosées pour chaque modalité après 4 mois d'élevage en barriques (figure 25). Les données brutes sont présentées dans l'annexe 6.

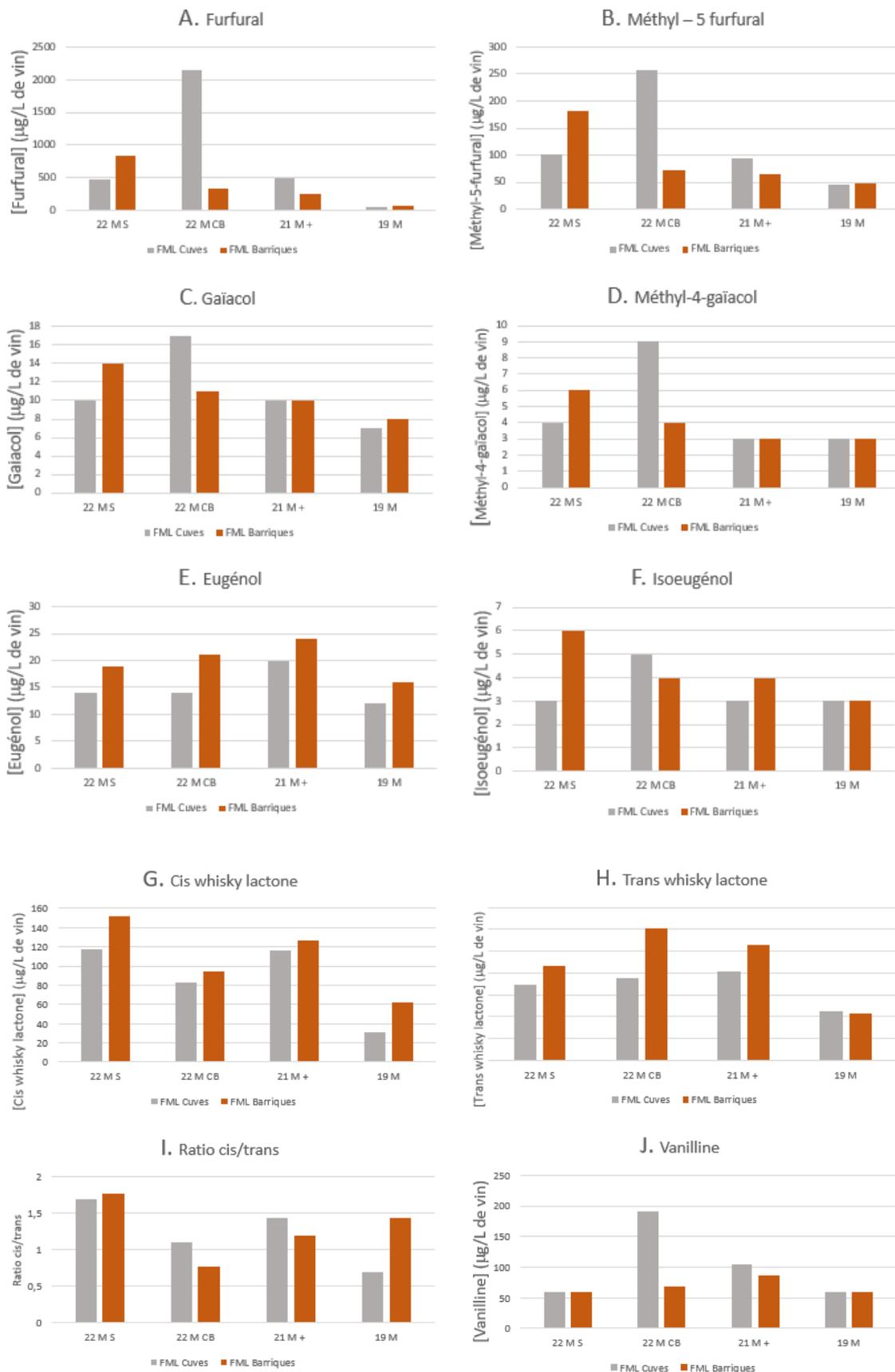


Figure 25 : Composés volatils du bois issu du Merlot après 4 mois en barriques en fonction des deux modalités de FML. Les composés analysés sont : (A) Furfural, (B) Méthyl-5-furfural, (C) Gaïacol, (D) Méthyl-4-Gaïacol, (E) Eugénol, (F) Isoeugénol, (G) Cis whisky lactone, (H) Trans whisky lactone, (I) Ratio cis/trans et (J) Vanilline. Les analyses ont été faites le 4 avril 2023.

De façon générale, **les composés analysés n'ont pas la même dynamique.**

Trois observations sont faites:

- Les concentrations des molécules de **cis-whisky lactone, trans-whisky lactone et eugénol** sont plus importantes lorsque la FML est réalisée en barriques.

Le ratio cis/trans est compris entre 0,7 et 1,8. La molécule de cis est en quantité supérieure par rapport à la forme trans dans tous les échantillons à l'exception de « 22 M CB, FML barriques » et « 19 M, FML cuves ». Les différences peuvent être dues aux variations intra et inter espèces d'essence de bois. En effet, les précurseurs glycosidiques de la whisky-lactone se trouvant dans le bois sont très variables d'une barrique à l'autre. L'augmentation de la chauffe a une forte influence sur le ratio cis/trans. Il y aurait une augmentation très significative de la forme cis et une concentration stable de la forme trans. Contrairement à l'eugénol qui diminue après la première année d'utilisation, la whisky lactone peut être supérieure la deuxième année d'utilisation de la barrique. Ces précurseurs pourraient être libérés avec l'utilisation du dioxyde de soufre lors de la stérilisation (Slaghenaufi, 2012). Ces trois molécules sont stables, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas réduites par la suite.

- Les concentrations de **vanilline** sont plus importantes lorsque la FML est réalisée en cuves. Cette valeur va à l'encontre des données de la bibliographie (voir tableau 5). Ces résultats peuvent s'expliquer par la réaction de réduction de la vanilline en alcool vanillique (inodore), qui est plus importante pendant la FML en barriques. La réduction de la vanilline se produit de manière très rapide et simultanément à son augmentation. Des études ont également démontré une forte variabilité de la dégradation de la vanilline par différentes souches de bactéries (Bloem et de Revel, 2005). La présence de bactéries résiduelles dans la modalité « FML barriques » pendant l'élevage ou l'échantillonnage peut aussi être envisagée, augmentant la réduction de cette molécule.

- Aucune tendance n'est visible pour ces molécules : **furfural, méthyl-5-furfural, gaïacol, méthyl-4-gaïacol et isoeugénol**. En effet, le contenant de la FML ne semble pas avoir d'influence sur leur concentration.

Le **furfural et le méthyl-5-furfural** se comportent de la même façon. Les composés sont plus importants en FML cuves que barriques pour les modalités : barrique neuve chauffe moyenne Chœurs-Bommiers et barrique d'un vin chauffe forte. Ces résultats rejoignent en partie ceux de l'étude de María Reyes Gonzalez-Centeno (González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017). Toutefois, les barriques 22 M CB et 21 M + contredisent celle-ci, les deux barriques présentent une différence réciproque de 84 % et 47 % entre la FML cuves et la FML barriques. Dans ce vin, ces molécules ont un seuil de perception élevé (voir tableau 8) mais peuvent augmenter la perception olfactive du boisé et masquer

celle du fruité (Prida et Chatonnet, 2010). Le furfural présente un comportement similaire à la vanilline. Ces molécules peuvent être réduites en leurs alcools correspondants. L'extraction des furanes est plus importante lorsque le pH est bas (c'est-à-dire en pH initial du vin avant FML) et lorsque le CO₂ est neutralisé par l'air (micro-oxygénation de la barrique) (Izquierdo-Cañas, Mena-Morales, et García-Romero, 2016).

L'**isoeugénol** voit sa concentration augmentée lorsque la FML est réalisée en barriques à l'exception de la barrique 22 M CB. Ces résultats sont proches des conclusions d'Audrey Bloem. La variation observée dans la modalité « BQ 22 M CB » peut s'expliquer par l'origine de la forêt ou bien une chauffe légèrement différente comme il a été montré dans un autre essai (González-Centeno, Chira, et Teissedre, 2017).

Le **Gaïacol** et le **méthyl-4-gaïacol** réagissent à l'identique en fonction des sous-modalités. Les résultats obtenus suivent la même tendance que l'isoeugénol.

3.4.3 Description sensorielle

3.4.3.1 Résultat des tests triangulaires

La première étape de la dégustation, une épreuve discriminante a été réalisée à l'aide de deux tests triangulaires. La synthèse est présentée dans le tableau 10.

Tableau 10 : Recherche de la différence sensorielle entre un vin ayant fait sa FML en barriques et un vin ayant fait sa FML en cuves

| Tests triangulaires | Réponses justes | Probabilité selon la loi binomiale |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------|
| FML barriques/FML cuves | 7/18 | 0,17 |

Les tests triangulaires réalisés avec les dégustateurs ne montrent pas une différence significative entre les vins issus des deux modalités « FML cuves » et « FML barriques ». A priori, le contenant dans lequel la FML a eu lieu n'a pas d'impact significatif.

3.4.3.2 Analyse des descripteurs pour les modalités : contenant de la FML et origine du bois

Une épreuve d'analyse descriptive de type profil sensoriel a été réalisée suite au test triangulaire au cours de la même séance. Les lots choisis pour cette analyse sont différents de l'assemblage. Ici, seulement les lots des barriques neuves sont étudiés par un profil sensoriel. Cette dégustation permet à la fois d'analyser l'effet du contenant pendant la FML, de l'origine de la forêt ainsi que l'interaction entre ces deux paramètres. Les moyennes et les écart-types ont été synthétisés dans le tableau ci-dessous (tableau 11).

Tableau 11 : Moyennes et écart-types des échantillons pour chaque descripteur. Les moyennes les plus élevées sont représentées en rouge.

| | | BQ 22 M CB | BQ 22 M S | CU 22 M CB | CU 22 M S |
|----------------------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|
| Maturité du fruit | Moyenne | 4,56 | 7,33 | 4,56 | 6,22 |
| | Ecart-type | 1,94 | 2,12 | 2,46 | 3,19 |
| impact du bois | Moyenne | 4,78 | 5,44 | 3,78 | 6,78 |
| | Ecart-type | 2,33 | 2,55 | 2,49 | 3,46 |
| Amertume | Moyenne | 3,00 | 5,88 | 4,67 | 4,89 |
| | Ecart-type | 2,78 | 3,64 | 2,06 | 2,85 |
| Volume | Moyenne | 5,56 | 5,44 | 5,11 | 5,67 |
| | Ecart-type | 2,88 | 1,74 | 3,06 | 2,55 |
| Réaction des tanins | Moyenne | 3,67 | 5,00 | 5,00 | 4,63 |
| | Ecart-type | 2,92 | 3,32 | 2,20 | 2,45 |
| Sécheresse | Moyenne | 4,89 | 5,78 | 4,13 | 5,33 |
| | Ecart-type | 2,37 | 2,86 | 2,59 | 2,74 |

Une analyse des variances (ANOVA) à deux facteurs (facteur échantillon et facteur dégustateur) a été faite sur les notes de chaque descripteur. Les probabilités sont synthétisées dans l'annexe 7. Plusieurs approches ont été réalisées :

- **étude des quatre échantillons indépendamment** : Il en ressort qu'aucune probabilité est inférieure à 5% (risque de première espèce) pour le facteur échantillon et dégustateur. Finalement, les descripteurs ne permettent pas de les différencier bien que les dégustateurs étaient en accord sur les termes de l'analyse.

- **étude du contenant de la FML** : Il n'y a pas d'effet de la FML et pas d'effet dégustateur. Les vins ne sont pas perçus différents par les juges. Ces résultats sont cohérents avec ceux du test triangulaire.

- **étude de l'origine de la forêt** : Plusieurs cas sont à noter.

→ Le produit est perçu statistiquement différent sans avoir un effet dégustateur. C'est le cas du descripteur « maturité du fruit ». Le descripteur a permis la différenciation des deux vins et il a été noté de façon identique par les dégustateurs. « L'impact du bois » a une probabilité proche de 5 %, ce descripteur peut discriminer les deux modalités.

→ Le vin est perçu statistiquement différent avec un effet juge. L'amertume fait partie de ce cas. Les échantillons sont proches de la significativité de 5 %. Toutefois, le facteur dégustateur est aussi à prendre en compte. L'amertume serait donc notée de manière différente en fonction des dégustateurs. L'amertume est bien connue pour être un descripteur perçu différemment par des juges. En effet, la quantité de récepteurs à l'amertume est déterminée génétiquement et conditionne sa perception (Briand, 2018).

Finalement, les bois provenant de la forêt Senonches donnent des vins avec une maturité de fruit plus important et un impact du bois tendant vers le gourmand-vanille (figure 26).

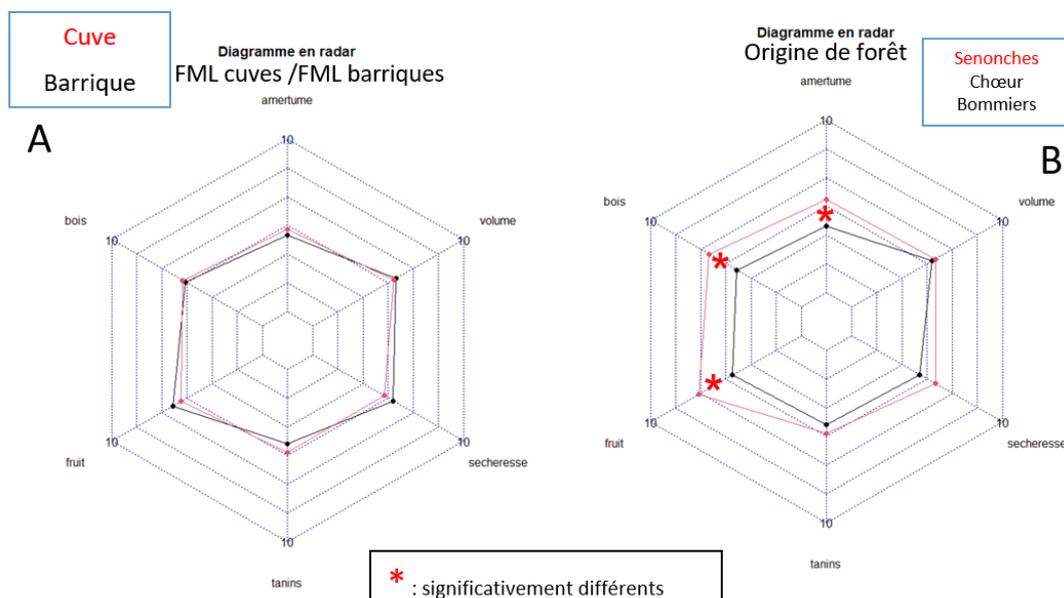


Figure 26 : Diagrammes en radar sur les différents descripteurs par regroupement des échantillons en fonction du contenant de la FML (A) et de l'origine de la forêt (B)

3.5 Discussions

Lors de cette expérimentation, nous avons rencontré plusieurs limites afin d'arriver à une conclusion scientifique sur l'effet de la FML en barriques et en cuves.

Tout d'abord, le **choix des modalités** et des barriques faites par le château avant les vendanges 2022 auraient pu être optimisés. La sélection d'une même série de barriques (chauffe et origine de forêt) avec au minimum trois barriques aurait permis de réaliser des tests statistiques sur les molécules dosées. En effet, bien que les barriques soient réalisées de la même façon, les variations de concentrations peuvent être importantes. Il est donc intéressant de refaire l'expérimentation en 2023 avec des répétitions de barriques.

De plus, concernant **l'analyse des composés chimiques**, la quantité d'alcool vanillique peut être intéressante à observer en complément de la vanilline. Comme il a été monté par Audrey Bloem, l'extraction de la vanilline peut être plus importante mais une activité de réduction en alcool vanillique peut rapidement faire diminuer la concentration en vanilline (Bloem, Lonvaud-Funel, et de Revel, 2008).

La **date de prélèvement final**, c'est-à-dire 4 mois d'élevage après la FML, ne représente pas le produit fini avant la mise en bouteille. L'assemblage avant les primeurs ne permet pas de continuer l'élevage

des lots séparément mais il pourrait être intéressant de réaliser les dosages et la dégustation après 14 mois en barriques. Je proposerais donc deux dégustations dans l'idéal.

- Une dégustation avant les primeurs. Elle permet de juger l'intégration du bois dans les vins à ce moment très important.
- Une autre dégustation serait toute aussi intéressante en fin d'élevage afin de qualifier l'impact sur le long terme de ces vins de garde.

Le **nombre d'échantillon** (1 bouteille de chaque modalité) a très fortement limité les résultats de la dégustation. En effet, un test triangulaire aurait été souhaitable avec un minimum de 24 personnes dans des conditions de dégustation citées par l'OIV (OIV, 2016 ; ISO, 2021).

3.6 Conclusion

L'appréciation générale de l'équipe technique penchait en faveur du vin ayant effectué sa FML en cuve, dont l'origine de la forêt était Chœurs-Bommiers.

Finalement, cette expérimentation n'a pas pu aboutir à de réelles conclusions scientifiques sur l'impact du contenant dans lequel se déroule la FML d'un point de vue chimique. En effet, le manque de répétitions limite cette étude. Les résultats de la dégustation ont montré qu'il n'y avait pas de différences significatives entre un vin ayant réalisé sa FML en cuve et un vin ayant réalisé sa FML en barriques. Ces premiers résultats laissent penser que la FML en cuves pourrait aussi rentrer dans la composition du grand vin.

Margaux Renaud de la société Chêne & Cie a présenté une perspective plus globale, à l'échelle du Bordelais. Une partie des Châteaux réalise la FML en cuve pour faciliter la gestion (gros volume, une seule inoculation, meilleure gestion de la température). D'autres exploitations, effectuent la FML en barriques afin de conserver les petits lots séparés.

Conclusion générale

Pour le millésime 2023, le Château l'Évangile a su faire face aux défis avec succès. Début avril a été marqué par une nuit de gel nécessitant la mise en place d'une protection sur les parcelles ayant commencé leur débourrement. La suite de la campagne a été marquée par une pression de mildiou très élevée toutefois, les conséquences ont été maintenues à un niveau minimal à l'Évangile, ce qui n'est pas forcément le cas de tout le Bordelais. Les rendements, quant à eux, ont été très satisfaisants.

Le découpage intra-parcellaire permet d'atteindre une maturité optimale. Un suivi rigoureux de la réception au conditionnement répond aux exigences d'un vin de garde.

Finalement, cette excellence est rendue possible grâce aux moyens humains, matériels et financiers.

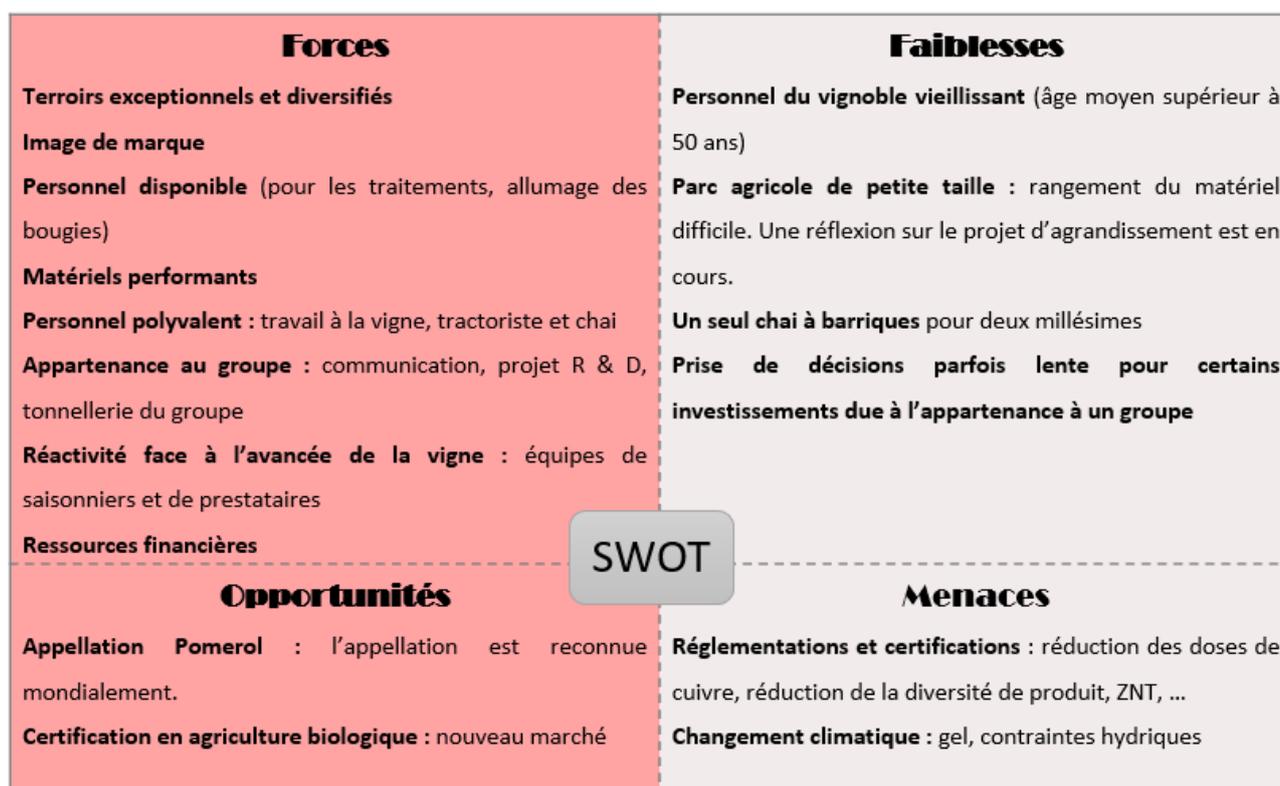


Figure 27 : Matrice SWOT du château l'Évangile

Bibliographie

- Berger, Jean-Luc. 2023a. *Petit précis d'œnologie. Tome 3 : La baie, les biotechnologies, les vinifications*. Paris : Editions France Agricole, ISBN : 978-2-85557-865-1.
- . 2023b. *Petit précis d'œnologie. Tome 4, Le vin : élevage, stabilisation, conditionnement*. Editions France Agricole,
- Bloem, Audrey, Aline Lonvaud-Funel, et Gilles de Revel. 2008. « Hydrolyse de composés aromatiques liés glycosidiquement à partir de bois de chêne par *Oenococcus oeni* ». Vol. 25, n°1, p. 569-575.
- Bloem, Audrey, et Gilles de Revel. 2005. [Thèse]. *Activités glycosidases chez *Oenococcus oeni* : importance dans la libération de la vanilline à partir de bois de chêne* [En ligne]. Université Victor Segalen Bordeaux 2, Disponible sur : < https://www.infowine.com/fr/articles_techniques/fermentation_malolactique_en_barriques_-_le_role_des_bacteries_lactiques_dans_la_liberation_de_l_arome_boise_sc_4704.htm > (Consulté le 15 novembre 2023).
- Boisselet. 2023. « Buttoir ». Dans : *Boisselet* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.boisselet.fr/fr/p-1/buttoir-grand-modele.html> > (Consulté le 29 août 2023).
- Briand, Loïc. 2018. « La chimie du goût ». Dans : *CultureSciences* [En ligne]. Disponible sur : < <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-du-vivant/la-chimie-du-gout> > (Consulté le 10 décembre 2023).
- Centre technique interprofessionnel de la vigne et du vin. 2002. « la maîtrise du sulfitage des mouts et des vins ». n°3, p. 19.
- CEPviti. 2023. « Eclaircissage fruitière ». Vol. Fiche n°5, p. 1.
- Chambres d'agriculture Pays de la Loire. 2022. « Les couverts végétaux en viticulture ». n°114, p. 1.
- Cottureau, Philippe. 2023. « La vinification biologique ». Dans : *IFV Occitanie* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/la-vinification-biologique/> > (Consulté le 30 décembre 2023).
- Crespy, André. 2014. « La carence en calcium en viticulture ». n°152, p. 9-10.
- Davaux, François. 2023. « Brettanomyces ». Dans : *IFV Occitanie* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/brettanomyces/> > (Consulté le 31 décembre 2023).
- GDON du Libournais. 2023. « Comptage des vols d'Eudémis sur la commune de Pomerol ». Disponible sur : < https://www.gdon-libournais.fr/graph_commune.php > (Consulté le 18 juillet 2023).
- Geny, Laurence. 2023. « Bordeaux Raisins - Indice de perméabilité pelliculaire, semaine du 04/09/2023 ». Disponible sur : < <https://bordeauxraisins.fr/permeabilites-pelliculaire-ipp-2023/178-indice-de-permeabilite-pelliculaire-semaine-du-04-09-2023.html> > (Consulté le 5 janvier 2024).
- Geny, Laurence, Elodie Guittard, Axel Marchal, et Valérie Lavigne. 2022. « Le millésime 2022 à Bordeaux : faits marquants et spécificités ». p. 6.

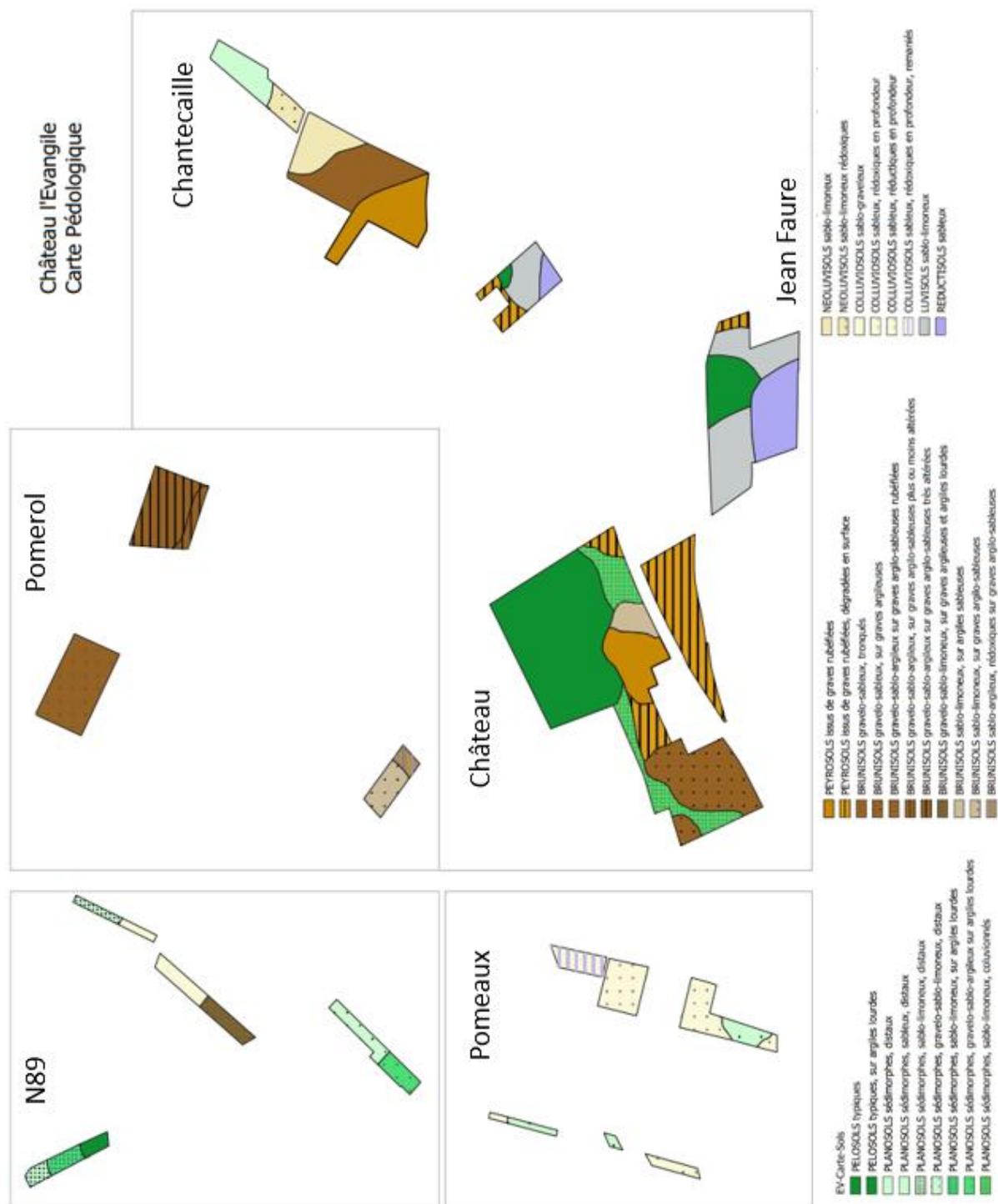
- George Guillaume. 2017. « La chromatographie en phase gazeuse: principe ». Dans : *CultureSciences-Chimie* [En ligne]. Disponible sur : < <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-analytique/chromatographie/la-chromatographie-en-phase-gazeuse-principe> > (Consulté le 6 janvier 2024).
- González-Centeno, María Reyes, Kleopatra Chira, et Pierre-Louis Teissedre. 2017. « Comparison between malolactic fermentation container and barrel toasting effects on phenolic, volatile, and sensory profiles of red wines ». *J. Agric. Food Chem.* Vol. 65, n°16, p. 3320-3329.
- Gros, Claude, et Stéphane Yerle. 2014. *Guide pratique de la vinification en rouge Ed. 2* [En ligne]. Dunod, Disponible sur : < <https://sid-proxy.agro-bordeaux.fr:2102/book/88919464> > (Consulté le 5 janvier 2024). ISBN : 978-2-10-070548-1.
- IFV. 2022. « Élaborer des rouges fruités et équilibrés : les principes à respecter ». Dans : *Vigne vin* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.vignevin.com/article/elaborer-des-rouges-fruites-et-equilibres-les-principes-a-respecter/> > (Consulté le 5 janvier 2024).
- INAO. 2021. *Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « POMEROL »* [En ligne]. Disponible sur : < <https://fgvb.fr/cahier-des-charges-aoc-pomerol> > (Consulté le 31 juillet 2023).
- Institut Français de la Vigne et du Vin. 2019. « Mildiou ». Disponible sur : < <https://www.vignevin.com/publications/fiches-pratiques/mildiou/> > (Consulté le 29 août 2023).
- ISO. 2021. *ISO 4120 Analyse sensorielle, méthodologie et essai triangulaire*.
- Izquierdo-Cañas, P.M., A. Mena-Morales, et E. García-Romero. 2016. « Malolactic fermentation before or during wine aging in barrels ». *LWT - Food Science and Technology*. Vol. 66, p. 468-474.
- van Leeuwen, Cornelis, D. Baudet, Jacques Duteau, Gérard Seguin, et Jacques Wilbert. 1989. « Les sols viticoles et leur répartition à Saint-Emilion, Pomerol et quelques autres communes du Libournais ». *Vigne Vin*. Vol. 23, p. 131-150.
- van Leeuwen, Cornelis, et Jean-Philippe Roby. 2001. « Choix du porte-greffe ». Vol. 35, p. 61-66.
- Marchal, Axel, et Delphine Winstel. 2022. « La sucrosité des vins secs : interprétation moléculaire & applications pratiques ». Disponible sur : < <https://techniloire.com/video/la-sucrosite-des-vins-secs-interpretation-moleculaire-applications-pratiques> > (Consulté le 5 janvier 2024).
- OIV. 2016. *Document sur l'analyse sensorielle du vin*.
- Pierre Le Hong Infographie. 2015. « Terroirs de Pomerol ». Dans : *Youtube* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.youtube.com/watch?v=yrnKi21WjsE> > (Consulté le 20 juillet 2023).
- Pillet, Jérémy. 2011. [Thèse]. *Impact du microclimat sur le métabolisme de la baie de raisin* [En ligne]. Thèse de doctorat. Bordeaux 2, Disponible sur : < <https://www.theses.fr/2011BOR21863> > (Consulté le 5 janvier 2024).
- Prezman, Fanny. 2019. *Réduire le degré alcoolique des vins en modulant la surface foliaire*.
- Prida, Andrei, et Pascal Chatonnet. 2010. « Impact of Oak-Derived Compounds on the Olfactory Perception of Barrel-Aged Wines ». *Am J Enol Vitic.* Vol. 61, n°3, p. 408-413.

- de Revel, Gilles, Audrey Bloem, Monique Augustin, Aline Lonvaud-Funel, et Alain Bertrand. 2005. « Interaction of *Œnococcus oeni* and oak wood compounds ». *Food Microbiology*. Vol. 22, n°6, p. 569-575.
- Ribéreau-Gayon, Pascal, Denis Dubourdieu, Bernard Doneche, et Aline Lonvaud. 2020. *Traité d'œnologie* [En ligne]. 7^e éd. Dunod, 714 p. Disponible sur : < <https://hal.inrae.fr/hal-02810903> > (Consulté le 21 novembre 2023). ISBN : 978-2-10-081477-0.
- Ribéreau-Gayon, Pascal, Yves Glories, Alain Maujean, et Denis Dubourdieu. 2017. *Traité d'œnologie. Tome 2 Chimie du vin, stabilisation et traitements* [En ligne]. 7^e éd. Dunod, 616 p. Disponible sur : < <https://hal.inrae.fr/hal-02809296> > (Consulté le 5 janvier 2024).
- Slaghenaufi, Davide. 2012. [Thèse]. *Contribution à la caractérisation des précurseurs d'arôme glycosylés du bois de chêne*. Bordeaux 2,
- Syndicat viticole de Pomerol. 2023. « L'AOC Pomerol ». Disponible sur : < <http://www.vins-pomerol.fr/pages/fr/vignoble/aoc.aspx> > (Consulté le 26 juillet 2023).
- UMT Géno-Vigne INRA, IFV, et Montpellier SupAgro. 2023a. « 110 Richter ». Dans : *Plant Grape* [En ligne]. Disponible sur : < <https://www.plantgrape.fr/fr/varietes/varietes-de-porte-greffes/21> > (Consulté le 3 janvier 2024).
- . 2023b. « Cabernet franc ». Dans : *Plant Grape* [En ligne]. Disponible sur : < <https://plantgrape.plantnet-project.org/fr/cepage/Cabernet%20franc> > (Consulté le 13 juillet 2023).
- . 2023c. « Cabernet-Sauvignon ». Dans : *Plant Grape* [En ligne]. Disponible sur : < <https://plantgrape.plantnet-project.org/fr/cepage/Cabernet-Sauvignon> > (Consulté le 28 août 2023).
- . 2023d. « Merlot ». Dans : *Plant Grape* [En ligne]. Disponible sur : < <https://plantgrape.plantnet-project.org/fr/cepage/Merlot> > (Consulté le 16 juillet 2023).
- Vitibot. 2023. *Décavaillonneuse* [En ligne]. *Vitibot*. Disponible sur : < <https://vitibot.fr/outils/outils-desherbage-en-plein-mecanique-2/> > (Consulté le 29 août 2023).
- Vivas, N. Institut d'Oenologie, A. Lonvaud Funel, et Y. Glories. 1995. « Observations concerning the increase of volatile acidity in red wines whilst ageing in barrels ». *Journal des Sciences et Techniques de la Tonnelerie (France)*. Vol. 1, p. 81-122.
- Vivas, Nicolas, L Bellemere, Aline Lonvaud-Funel, et Glories. 1994. « Etudes sur la fermentation malolactique des vins rouges en barriques et en cuves ». n°149, p. 6.
- Vivas, Nicolas, Aline Lonvaud-Funel, Yves Glories, et Monique Augustin. 1994. « Incidence de la fermentation malolactique en barriques et en cuves sur la composition et la qualité des vins rouges ». Vol. 1, p. 16.

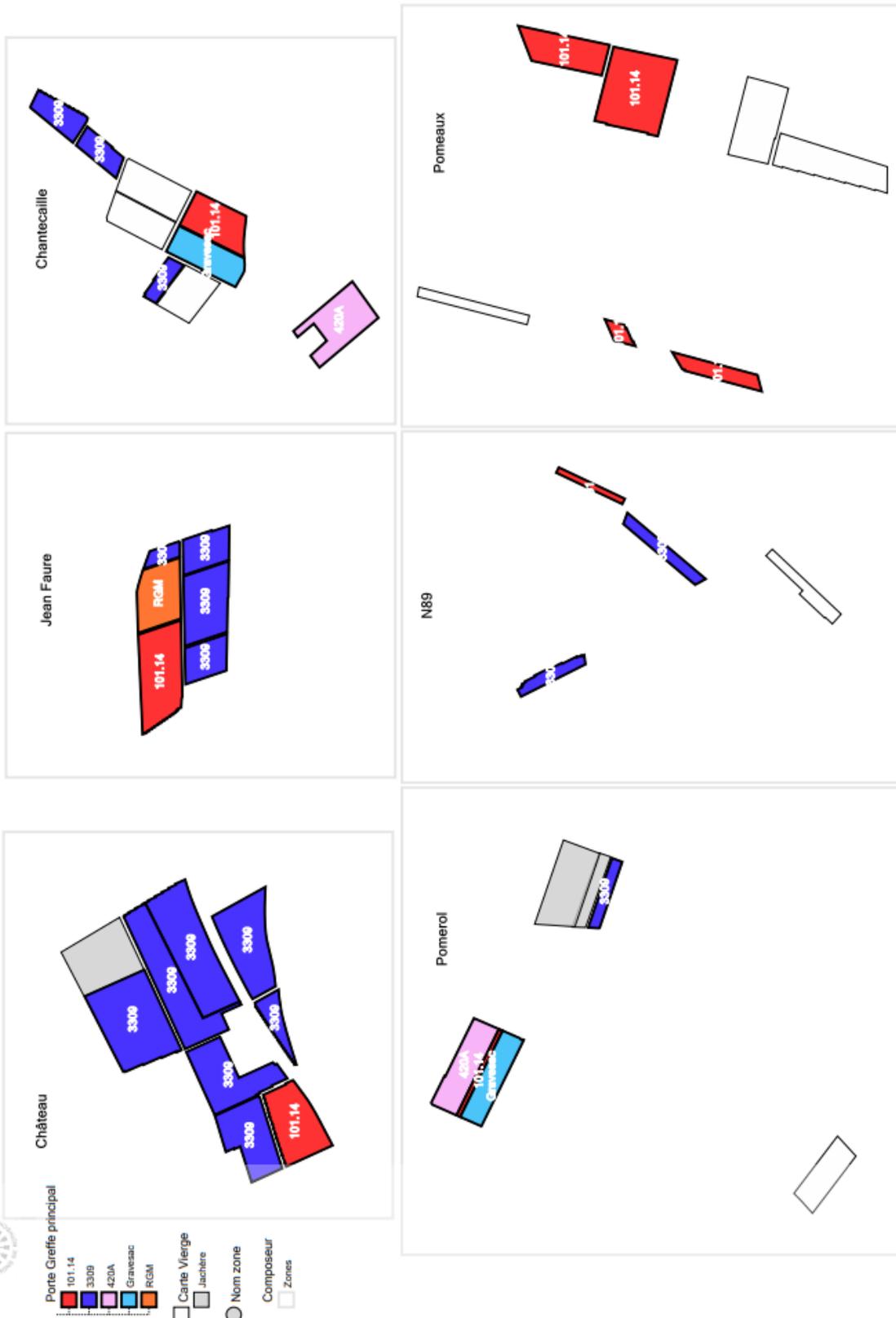
Liste des annexes

| | |
|---|----|
| Annexe 1: Carte pédologique du vignoble du château l’Evangile (source interne) | 50 |
| Annexe 2 : Cartographie des porte-greffes (source interne) | 51 |
| Annexe 3: Différents outils pour l’entretien du sol au vignoble (source personnelle) | 53 |
| Annexe 4 : Produits commerciaux utilisés dans la stratégie de fertilisation au vignoble (source personnelle)..... | 54 |
| Annexe 5 : Analyse de la stratégie de fertilisation sur la parcelle Pipeaude Nord à l’aide de l’analyse de sol. Le sol de cette parcelle est de type sable limono-argileux (source personnelle via données internes). | 55 |
| Annexe 6. Résultats des concentrations en composés volatils..... | 56 |
| Annexe 7 : Moyenne et probabilité statistique associée obtenues à l’aide du logiciel R Studio..... | 57 |
| Annexe 8 : Fiche expérimentation (Recto)..... | 58 |
| Annexe 9 : Fiche expérimentale (Verso) | 59 |

Annexes



Annexe 1: Carte pédologique du vignoble du château l'Evangile (source interne)



Annexe 2 : Cartographie des porte-greffes (source interne)

| Matériel | Photos du matériel | Utilisations |
|---|--|---|
| <p>Lame intercep mécanique et disques émotteurs montés sur actisol en inter ligne</p> |  | <p>Les disques émotteurs émiettent la terre au ras du cavaillon La lame bineuse coupe horizontalement les racines des adventices</p> <p>Profondeur de travail : 10 à 20 cm</p> |
| <p>Lame intercep hydraulique sur enjambeur</p> |  | <p>La lame bineuse coupe horizontalement les racines des adventices</p> <p>Profondeur de travail : 10 à 20 cm</p> |
| <p>Pointes et ailettes hirondelle sur actisol</p> |  | <p>Cet outil est utilisé pour la destruction des couverts dans le rang. Ils agissent comme des griffes.</p> <p>Profondeur de travail : 10 à 20 cm</p> |
| <p>Côtes de Melon</p> |  | <p>Les côtes de melon sont utilisées dans le plantier pour une décompaction avant le passage de l'actisol</p> <p>Profondeur de travail : 20 à 30 cm</p> |
| <p>Décompacteur</p> |  | <p>La sous-soleuse est utilisée pour décompacter les parcelles de graves après les vendanges.</p> <p>Profondeur de travail : 30 à 60 cm</p> |
| <p>Décavaillonneuse</p> |  <p>(Vitibot, 2023)</p> | <p>La décavaillonneuse réalise un retournement de la terre. En début de saison, l'outil est utilisé pour remettre à plat après le buttage hivernal</p> <p>Profondeur de travail : 10 à 20 cm</p> |
| <p>Soc pour buttage</p> |  <p>(Boisselet, 2023)</p> | <p>Cet outil sert lors du buttage avant la période hivernale.</p> <p>Profondeur de travail : 10 à 20 cm</p> |

| | | |
|------------------------------|--|---|
| <p>Herse rotative</p> |  | <p>La herse rotative est un outil équipé de paires de dents verticales fixées sur des mâchoires tournant autour d'un axe vertical. Elle permet un binage avant semence.</p> <p>Profondeur de travail : Jusqu'à 10 cm</p> |
| <p>Rolofaca</p> |  | <p>Le rolofaca pince les tiges du couvert afin de le rouler.</p> <p>Travail superficiel</p> |
| <p>Gyrobroyeur</p> |  | <p>Il permet l'entretien du couvert herbacé par une coupe.</p> <p>Travail superficiel</p> |

Annexe 3: Différents outils pour l'entretien du sol au vignoble (source personnelle)

| Produits commerciaux | Apport au sol ou foliaire | Apports | Composition | Apports réalisés pour la parcelle de Pipeaude N |
|-----------------------------|----------------------------------|---|---|---|
| Touban vigne | Apport au sol | Compost d'origine végétale | MO : 32% 1% d'azote C/N = 14 | 2 tonnes/ha de touban Soit : - 20 kg/ha d'azote |
| Fructimus | Apport au sol | Amendement organique d'origine animale : 60 % Croûtes et Fumier de Bergerie 35 % Tourteaux Végétaux. 5 % Fibres Végétales. | 1.5 % d'azote total organique. 1 % d'anhydride phosphorique (P ₂ O ₅) total. 1.5 % Oxyde de potassium (K ₂ O) total. C/N =12 | 1000 kg/ha de Fructimus Soit : - 15 kg/ha d'azote - 10 kg/ha de phosphore -15 kg/ha de potassium - 18 kg/ha magnésium - 25 kg/ha de calcium |
| Bellot 1-0-5 +5 | Apport au sol | | 1 % d'azote 5 % de potassium 5% magnésium | 300 kg/ha de Bellot Soit - 3 kg/ha d'azote - 15 kg/ha de potassium - 15 kg/ha de magnésium |
| Kiesérite | Apport au sol | Apport en magnésium | 25% MgO 50% SO ₃ | Pas d'apport en Kiesérite pour cette parcelle |
| Gypse | Apport au sol | Apport en Calcium | 25% de CaO | 1000 kg/ha de Gypse Soit 250 kg/ha de CaO |
| Dynafer 13 | Apport foliaire | Pulvérisation foliaire (5 à 6 pulvérisation en 2023) | 13 % EDTA | |

Annexe 4 : Produits commerciaux utilisés dans la stratégie de fertilisation au vignoble (source personnelle)

| | Valeurs | Commentaires | Apports réalisés en 2022 |
|--|--------------|---|--|
| MO | 1,19% | La matière organique est plutôt faible. | Un ajout de MO est fait, ce qui peut augmenter la CEC sur le long terme. |
| C/N | 14,5 | La vitesse de minéralisation est plutôt lente. | |
| CEC | 4,8 meq/100g | La CEC est très faible, le réservoir est faible. Il est donc conseillé de faire des petits apports fractionnés. | |
| Azote totale | 0,0475% | La quantité d'azote dans le sol est plutôt faible voir moyen. Dans ce contexte de contrôle de la vigueur. Un apport d'entretien est suffisant | L'apport de 38 kg/ha est justifié puisque pour une fertilisation d'entretien qui permet de compenser des exportations moyennes (rendements faibles à moyens) |
| K₂O | 159 ppm | La quantité de potassium est moyenne. | Un apport d'entretien de 30 kg/ha a été réalisé, compensant les besoins annuels. |
| K⁺/CEC | 7,08% | La part de potassium dans la CEC est très élevée. | |
| MgO | 186 ppm | La quantité de magnésium est moyenne. | Un apport d'entretien est suffisant, en 2022 : 15 kg/ha. |
| Mg²⁺/CEC | 19,2% | La part de magnésium dans la CEC est très élevée. | |
| K⁺/Mg²⁺ | 0,4% | Le ratio ne montre pas de carence induite en magnésium. | Il est essentiel de maintenir cet équilibre. |
| P₂O₅ (J.Hebert) | 140 ppm | La quantité en phosphore est normale. | Un apport de 15 kg/ha est justifié pour cet apport d'entretien. |
| CaO | 1162 ppm | Le calcium est un peu faible. | Un apport de fond est fait avec 250 kg/ha. Les besoins en calcium sont de 60 kg/ha/an. |
| Bore | 0,24 ppm | La concentration en bore est faible. | Des apports de bore en pulvérisation foliaire peuvent être réalisés si des problèmes des coulures sont observés. |

Annexe 5 : Analyse de la stratégie de fertilisation sur la parcelle Pipeaude Nord à l'aide de l'analyse de sol. Le sol de cette parcelle est de type sable limono-argileux (source personnelle via données internes).

| | CU 22 M S | | CU 22 M CB | | CU 21 M+ | | CU 19 M | | BQ 22 M S | | BQ 22 M CB | | BQ 21 M+ | | BQ 19 M | | Amphore | |
|----------------------|-----------|-------------|------------|-------------|----------|-------------|---------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|----------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
| | Fin FML | Fin élevage | Fin FML | Fin élevage | Fin FML | Fin élevage | Fin FML | Fin élevage | Fin FML | Fin élevage | Fin FML | Fin élevage | Fin FML | Fin élevage | Fin FML | Fin élevage | Fin FML | Fin élevage |
| Furfural | ND | 473 | ND | 2144 | ND | 489 | ND | 60 | 372 | 831 | 139 | 341 | < 50 | 261 | < 50 | 72 | ND | < 10 |
| Méthyl-5 furfural | ND | 101 | ND | 258 | ND | 93 | ND | 45 | 83 | 182 | 40 | 71 | < 10 | 65 | < 10 | 47 | ND | ND |
| Gaiacol | ND | 10 | ND | 17 | ND | 10 | ND | 7 | < 3 | 14 | < 3 | 11 | < 3 | 10 | < 3 | 8 | ND | ND |
| Méthyl-4-gaiacol | ND | 4 | ND | 9 | ND | 3 | ND | < 3 | < 3 | 6 | < 3 | 4 | < 3 | 3 | < 3 | 3 | ND | ND |
| Eugénol | ND | 14 | ND | 14 | ND | 20 | ND | 12 | 3 | 19 | 4 | 21 | 5 | 24 | 4 | 16 | ND | ND |
| Isoeugénol | ND | 3 | ND | 5 | ND | 3 | ND | < 3 | < 3 | 6 | < 3 | 4 | < 3 | 4 | < 3 | 3 | ND | ND |
| Cis whisky lactone | ND | 117 | ND | 83 | ND | 116 | ND | 31 | 32 | 152 | 29 | 94 | 45 | 126 | 25 | 62 | ND | ND |
| Trans whisky lactone | ND | 69 | ND | 75 | ND | 81 | ND | 45 | 15 | 86 | 35 | 121 | 35 | 106 | 15 | 43 | ND | ND |
| Vanilline | ND | < 60 | ND | 191 | ND | 105 | ND | < 60 | < 60 | < 60 | < 60 | 68 | < 60 | 87 | < 60 | < 60 | ND | ND |
| Trans-2-nonénal | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

Annexe 6. Résultats des concentrations en composés volatils

| Tout échantillon | Moyennes | | | | Test | Probabilité | Probabilité |
|----------------------|------------|-----------|------------|-----------|-------|-------------|-------------|
| | BQ 22 M CB | BQ 22 M S | CU 22 M CB | CU 22 M S | | Dégustateur | Echantillon |
| Maturité du fruit | 4,56 | 7,33 | 4,56 | 6,22 | Anova | 0,78 | 0,817 |
| impact du bois | 4,78 | 5,44 | 3,78 | 6,78 | Anova | 1 | 0,608 |
| Amertume | 3 | 5,88 | 4,67 | 4,89 | Anova | 0,114 | 0,273 |
| Volume | 5,56 | 5,44 | 5,11 | 5,67 | Anova | 0,485 | 0,741 |
| Réactions des tanins | 3,67 | 5 | 5 | 4,63 | Anova | 0,27 | 0,538 |
| Sécheresse | 4,89 | 5,78 | 4,13 | 5,33 | Anova | 0,843 | 0,562 |

| FML | Moyennes | | | Probabilité | Probabilité |
|----------------------|----------|------|-------|-------------|-------------|
| | BQ | CUVE | Test | Dégustateur | Echantillon |
| Maturité du fruit | 5,94 | 5,39 | Anova | 0,775 | 0,559 |
| impact du bois | 5,11 | 5,28 | Anova | 1 | 0,88 |
| Amertume | 4,44 | 4,78 | Anova | 0,129 | 0,65 |
| Volume | 5,5 | 5,39 | Anova | 0,487 | 0,897 |
| Réactions des tanins | 4,33 | 4,81 | Anova | 0,278 | 0,829 |
| Sécheresse | 5,33 | 4,73 | Anova | 0,843 | 0,563 |

| Origine forêt | Moyennes | | | Probabilité | Probabilité |
|----------------------|-----------|----------------|-------|-------------|-------------|
| | Senonches | Chœur Bommiers | Test | Dégustateur | Echantillon |
| Maturité du fruit | 6,78 | 4,56 | Anova | 0,6538 | 0,0134 |
| impact du bois | 6,11 | 4,28 | Anova | 1 | 0,09 |
| Amertume | 5,38 | 3,83 | Anova | 0,0909 | 0,0903 |
| Volume | 5,56 | 5,33 | Anova | 0,486 | 0,796 |
| Réactions des tanins | 4,81 | 4,33 | Anova | 0,265 | 0,46 |
| Sécheresse | 5,56 | 4,51 | Anova | 0,831 | 0,286 |

Annexe 7 : Moyenne et probabilité statistique associée obtenues à l'aide du logiciel R Studio

Impact de la date d'introduction du bois sur le profil organoleptique du vin au cours de son élevage

Lucie Viard – Stagiaire DNO/BSA

Le Château l'Évangile est situé dans l'appellation Pomerol avec un encépagement de 80 % Merlot, 19 % Cabernet franc et 1 % de Cabernet-Sauvignon. Le moment de l'introduction de la barrique dans le schéma de vinification, notamment lors de la fermentation malolactique (FML), a une influence sur la composition phénolique des vins (Nicolas Vivas et al. 1994). Actuellement, les vins réalisent leur FML en cuve.

L'objectif est donc de comprendre l'impact de l'introduction du bois pendant la FML afin d'adapter les stratégies techniques pour obtenir un profil organoleptique souhaité

2022 est la première année de mise en place de cette expérimentation. Après avoirensemencé en bactéries lactiques un même lot de vin en cuve, une partie a réalisé la FML en cuve, une autre en barrique et enfin une dernière en amphore. A la fin de la FML, le vin ayant fait sa FML en cuve a été entonné dans des barriques similaires à celles de la modalité FML en barrique (tonnellerie, chauffe, année de production de la barrique).

Toutes les barriques de l'essai proviennent de la tonnellerie des Domaines. Pour les deux modalités FML cuve et FML barrique, les barriques sélectionnées sont : deux barriques neuves (année 2022) avec deux origines de forêt (Chœurs-Bommiers et Senonches), une barrique d'un vin (année 2021) et une barrique de deux vins (année 2019).

Des analyses chimiques ont été faites en novembre 2022 au début de la FML puis en avril 2023 (avant les primeurs). Des échantillons ont été prélevés pour la dégustation qui a eu lieu le 4 juillet 2023 avec l'équipe interne.

Les analyses chimiques ont été réalisées, par un laboratoire à la charge du Château, sur les composés suivants : furanes, phénols, lactones, aldéhydes phénols et trans-é-nonéol.

La dégustation des échantillons de vin s'est faite en plusieurs parties :

- un test triangulaire afin de discriminer ou non la modalité FML en cuve et en barrique
- une description de ces deux modalités
- une description de 4 échantillons en prenant en compte l'origine de la forêt

Cette dégustation va être analysée afin d'avoir des premiers résultats de cette expérimentation et de retravailler le protocole pour le millésime 2023.

Effet FML en barrique/FML en cuve (8 échantillons)

- FML cuve 22 M 1914
- FML cuve 22 M 1825
- FML cuve 21 M+
- FML cuve 19 M
- FML barrique 22 M 1914
- FML barrique 22 M 1825
- FML barrique 21 M+
- FML barrique 19 M

Effet de l'origine du bois (4 échantillons)

- FML cuve 22 M 1914 (forêt Chœurs-Bommiers)
- FML cuve 22 M 1825 (forêt Senonches)
- FML barrique 22 M 1914 (forêt Chœurs-Bommiers)
- FML barrique 22 M 1825 (forêt Senonches)

Bibliographie

NICOLAS VIVAS, ALINE LONVAUD-FUNEL, YVES GLORIES, et MONIQUE AUGUSTIN, 1994. Incidence de la fermentation malolactique en barriques et en cuves sur la composition et la qualité des vins rouges. . 17 novembre 1994. Vol. 1.

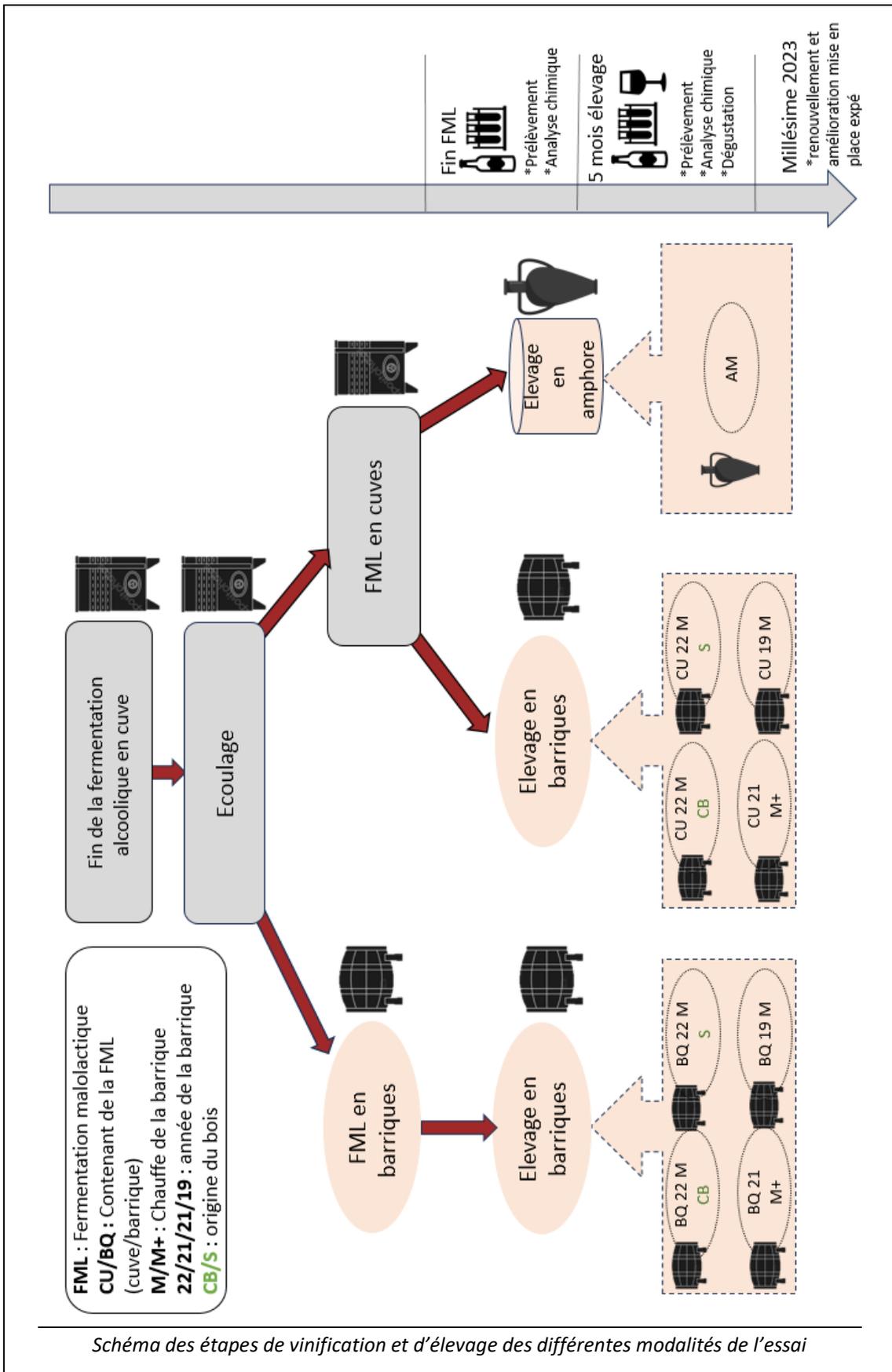


Schéma des étapes de vinification et d'élevage des différentes modalités de l'essai