



HAL
open science

Recherche sur les conditions favorisant l'apparition de la typicité grillée des vins blancs de Chardonnay

Gabin Dominique

► **To cite this version:**

Gabin Dominique. Recherche sur les conditions favorisant l'apparition de la typicité grillée des vins blancs de Chardonnay. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04244873

HAL Id: dumas-04244873

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04244873v1>

Submitted on 16 Oct 2023

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

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



MÉMOIRE

Présenté à

L'université de Bordeaux

pour l'obtention du

DIPLÔME NATIONAL D'ŒNOLOGUE

Par Gabin DOMINIQUE

**RECHERCHE SUR LES CONDITIONS FAVORISANT
L'APPARITION DE LA TYPICITÉ GRILLÉE DES
VINS BLANCS DE CHARDONNAY**

Domaine J. A. Ferret

Stage encadré par :

M. Axel Marchal - Tuteur de stage

Mme. Audrey Braccini - Maître de stage

Soutenu devant la commission d'examen

de la première session 2023

GLOSSAIRE
RESUME
ABSTRACT
REMERCIEMENTS
INTRODUCTION.....	1
PARTIE I : LE DOMAINE FERRET ET SON VIGNOBLE.....	2
DU VIGNOBLE BOURGUIGNON A L'APPELLATION POUILLY-FUISSÉ.....	2
<i>La Bourgogne</i>	2
<i>Le Mâconnais</i>	2
<i>Pouilly-Fuissé</i>	3
<i>Le domaine Ferret</i>	4
LE MILLESIME 2022	4
LA SANTE DU VIGNOBLE.....	6
LES TRAVAUX REALISES.....	6
<i>La taille</i>	6
<i>Le mouchage et l'épamprage</i>	7
<i>Le relevage ou palissage</i>	8
<i>Le rognage et l'effeuillage</i>	8
<i>Les vendanges</i>	8
LA GESTION DE L'ENTRETIEN DU SOL	9
<i>L'inter-rang</i>	9
<i>Le cavaillon</i>	9
LA FERTILISATION.....	10
LA LUTTE PHYTOSANITAIRE.....	11
PARTIE II : LES VINIFICATIONS AU DOMAINE FERRET	13
ORGANISATION DU CHAI	14
LES OPERATIONS PREFERMENTAIRES	14
<i>La réception des vendanges</i>	14
<i>Le pressurage</i>	14
<i>Le débourage</i>	15
LA FERMENTATION ALCOOLIQUE	17
<i>Le levurage</i>	17
<i>L'entonnage</i>	17
<i>La stabilisation des vins</i>	17
LA FERMENTATION MALOLACTIQUE	18
L'ELEVAGE.....	19
PARTIE III : EXPERIMENTATION SUR LES CONDITIONS FAVORISANT L'APPARITION DE LA TYPICITE GRILLEE DES VINS BLANCS DE CHARDONNAY	20
ETAT DE L'ART.....	20
<i>La notion de vin de garde et de typicité</i>	20
<i>La composition aromatique des vins de Chardonnay</i>	21
<i>L'importance des fermentations sur bourbes</i>	22
<i>L'élevage en fût sur lies totales</i>	23
<i>Conclusion</i>	24
MATERIEL ET METHODE	24
<i>Choix de la parcelle d'essai</i>	24
<i>Mise en place de l'expérimentation et choix des modalités</i>	24
<i>Suivi des fermentations alcooliques et malolactiques</i>	26

<i>Analyses réalisées</i>	27
RESULTATS ET DISCUSSION.....	28
<i>Cinétiques fermentaires</i>	28
<i>Résultats de la modalité : turbidité</i>	29
.....	30
<i>Résultats de la modalité : âge du fût</i>	34
CONCLUSION	36
CONCLUSION GENERALE	37
BIBLIOGRAPHIE	38

Table des images :

Image 1: impact de la grêle sur une grappe.....	5
Image 3: taille à queue du Mâconnais	7
Image 2 : Taille Guyot Poussard.....	7
Image 4: Chisels	9
Image 5: gyrobroyeurs	9
Image 6: Réception des vendages en caissettes	15
Image 8: Schéma du cycle de pressurage pour le pressoir de la marque WILLMES	16
Image 7: écoulage des jus de presse dans la maie du pressoir.....	16
Image 11: Bourbe après soutirage clair du jus.....	17
Image 10 : Elimination des éléments grossiers des bourbes	17
Image 9: débourbage en cours grâce à un coude de débourbage.....	17

Table des graphiques :

Graphique 1: Données météorologique de Fuissé de janvier à août 2022.....	6
---	---

Table des tableaux :

Tableau 1: Porte-greffes utilisés ainsi que leurs caractéristiques (Source : réalisation personnelle à partir du site https://plantgrape.plantnet-project.org/)	4
Tableau 2: Récapitulatif des IFT sur 3 millésimesImage 5: gyrobroyeurs	9
Tableau 3: Produits utilisés et leurs coûts pour la campagne 2022.....	12
Tableau 4: résultat d'analyse du climat "Les Croux" : cuvée 25	26
Tableau 5: molécules analysées au cours de l'expérimentation.....	26
Tableau 6: Analyse des vins au cours de la fermentation alcoolique	28
Tableau 7 : écart-type du dosage des thiols sur les fûts de 2 vins	33
Tableau 8 : résultats d'analyse des thiols sur les 3 fûts de la modalité E1 fûts de 2 vinsTableau 7 : écart-type du dosage des thiols sur les fûts de 2 vins	33
Tableau 9: Concentration en pyrrole sur les moûts avant fermentation alcoolique.	35

Table des figures :

Figure 1 : les six régions viticoles de la Bourgogne (BIVB)	2
Figure 2: les différents types de sols et leurs explications.....	2
Figure 3: Carte des sols des communes de Fuissé et de Vergisson	3
Figure 4: oxydation des composés phénoliques (Beye 2015).....	14
Figure 5: organisation du chai.....	15
Figure 6: Equation de la fermentation malolactique	19
Figure 7: Organisation et paramètre théorique de l'expérimentation	26
Figure 8: Evolution de la densité et de la température sur le témoins, l'essai 1 et 2 au cours de la fermentation alcoolique	30
Figure 9: Concentration en EPC, PC, MPC et AP en fonction de la turbidité sur fûts neufs après fermentation alcoolique (test statistique : test de kruskall wallis au seuil de 5%).....	31
Figure 10 : Concentration en EPC, PC, MPC et AP en fonction de la turbidité sur fûts de 2 vins après fermentation alcoolique (test statistique : test de kruskall wallis au seuil de 5%).....	31
Figure 11 : Concentration en différents thiols dans les vins après fermentation alcoolique sur fûts de 2 vins (test statistique : Kruskall wallis au seuil de 5%)	32
Figure 12 : Concentration en différents thiols dans les vins après fermentation alcoolique sur fûts neufs (test statistique : Kruskall wallis au seuil de 5%).....	34
Figure 13: Concentration en EPC, PC, MPC et AP dans les vins après fermentation alcoolique en fonction de l'âge du fût (test statistique : Kruskall wallis au seuil de 5%).....	35
Figure 14: Concentration en différents thiols dans les vins après fermentation alcoolique en fonction de l'âge du fût (test statistique : Kruskall wallis au seuil de 5%).....	36

Glossaire

TAVP : Titre Alcoométrique Volumique Potentiel

AB : Agriculture Biologique

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

UN : Unité d'Azote (kg d'azote/t de produit)

AV: Acidité Volatile

AT : Acidité Totale

HPLC : High performance liquid chromatography

HRMS : High resolution mass spectrometry

Résumé

Le domaine Ferret est une exploitation viti-vinicole de 18 ha, situé en plein cœur de Fuissé. Elle produit exclusivement des vins blancs de garde à partir de Chardonnay, en grande majorité sur l'appellation Pouilly-Fuissé. Le stage de fin d'étude que j'ai réalisé dans ce domaine est présenté dans ce document. Il se divise en trois parties. Une première, sur l'intégration du domaine dans son milieu socio-économique ainsi que sur les travaux viticoles, une seconde sur les travaux de vinification et une troisième sur l'expérimentation mise en place pendant mon stage.

Le domaine suit un itinéraire classique en agriculture biologique. Il cherche à raisonner ses pratiques pour limiter l'impact sur l'environnement (matériel précis, couverts végétaux, raisonnement de la lutte phytosanitaire).

Au chai, la protection des vins face à l'oxydation est une préoccupation majeure. Du pressurage jusqu'à l'élevage, les actions réalisées sur le vin sont précises et rapides (inertage, sulfitage, pompage sans air). Les intrants sont limités au maximum.

L'expérimentation réalisée vise à mettre en évidence, si certaines pratiques permettent de favoriser l'apparition de la typicité grillée des vins blancs de Chardonnay. Deux axes sont étudiés : la turbidité des moûts et l'âge des fûts. Les analyses ont à ce stade été réalisées seulement après la fermentation alcoolique. Les résultats montrent qu'une turbidité croissante n'impacte pas la typicité grillée des vins. L'âge des fûts a cependant un impact significative. Les fûts neufs semblent favoriser la typicité grillée. La suite des résultats sera présentée lors de la soutenance oral de ce mémoire.

Abstract

Vineyard Ferret is an 18 ha wine estate, located in Fuissé. It produce only white wine to be stored with Chardonnay on the Pouilly-Fuissé appellation. My final internship in this vineyard is presented in this paper. It is split into tree parts. A first on the vineyard integration in its socio-economic background and in the vineyard work. A second on the process of vinification and a third on the experimentation.

The wine estate follow a classic technical itinerary in organic farming. It want to reduce its environmental impact (accurate material, cover crop, reasoned agriculture strives)

In the cellar, the oxygen management is a major concern. To the pressure until the ageing of the wine, work is accurate and fast (inerting, sulphiting, pump without oxygen). Input are limited.

The experimentation is realize to highlight if certain practices allow to promote the Chardonnay white wine toasted typicity. The turbidity and the age of barrels are studied. Analysis are realized after alcoholic fermentation. With the current results, turbidity seems not to have impact on toast typicity. However, the age of barrels has a significant impact. New barrels seem promote toast typicity. The next results will be present during the oral defense of this paper.

Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier Mme Audrey Braccini, directrice du domaine Ferret, de m'avoir donné l'opportunité de passer six mois de stage au domaine. Je la remercie également pour sa disponibilité, son écoute et le savoir qu'elle m'a transmis. J'ai ainsi pu me rendre compte du quotidien d'un directeur d'exploitation, tant au niveau du travail viticole et vinicole qu'au niveau de la gestion du personnel.

Je remercie également Clément, caviste du domaine, pour la confiance qu'il m'a accordée tout au long du stage et des responsabilités qu'il m'a confiées. Je remercie aussi Vincent, tractoriste, pour le temps qu'il m'a accordé à échanger sur le matériel et pour m'avoir permis de m'entraîner à conduite d'un tracteur.

Je les remercie également pour les bons moments passés ensemble au cours de ces six mois et de la bonne humeur dans laquelle nous avons pu travailler.

Je remercie également Aline, Julie et Véronique pour la gentillesse qu'elles ont eu à mon égard.

Je tiens également à remercier Mme. Marine Gammacurta d'avoir réalisé les analyses ainsi que M. Axel Marchal pour m'avoir guidé tout au long de cette période.

Je tiens aussi à remercier l'ensemble de l'équipe pédagogique de Bordeaux Science Agro et de l'ISVV de m'avoir transmis les connaissances nécessaires pour le bon déroulé de ce stage.

Introduction

L'obtention du Diplôme National d'œnologue passe par un stage d'une durée de 6 mois, de juin à novembre, entre la première et la deuxième année de formation. Au cours du stage, l'ensemble des aspects de production, aussi bien à la vigne qu'au chai, est étudié. Une expérimentation est réalisée dans la structure d'accueil puis soutenue devant un jury pour valider le stage.

J'ai eu l'occasion de pouvoir réaliser ce stage au sein du domaine Ferret situé sur la commune de Fuissé (71). Il s'agit d'un domaine de 18 hectares, géré par Mme. Audrey Braccini sous la direction du groupe Louis Jadot qui le racheta en 2008. La maison Louis Jadot est à la tête de plus de 220 ha répartis de la côte de Beaune en passant par Pouilly-Fuissé avec le domaine Ferret, par les crus du Beaujolais avec le Château des Jacques jusqu'en Oregon avec le domaine Résonance Vineyard.

Le domaine se trouve en plein cœur de l'appellation Pouilly-Fuissé, AOP reconnue depuis 1936 (*Cahier des charges de Pouilly-Fuissé*). Seul le cépage blanc Chardonnay est autorisé sur l'appellation. Elle s'étend sur 4 communes : Fuissé, Vergisson, Chaintré et Solutré-Pouilly (*Cahier des charges de Pouilly-Fuissé*).

Le domaine produit ainsi exclusivement des vins blancs de garde. Nous pouvons retrouver sept cuvées sous l'appellation Pouilly-Fuissé : Un Pouilly Fuissé dit d'assemblage, un pouilly Fuissé « Autour de la roche », puis sous l'indication Tête de Cru : « Le Clos », « les Prouges » et « Les Perrières » et sous l'indication Hors Classe : « Les Ménétrières » et « Le Tournant de Pouilly ». Les deux indications (Tête de Cru et Hors Classe) ont pour origine Jeanne Ferret. C'est sous son impulsion que le domaine gagna en renommée par la réalisation de la mise en bouteille au domaine (et non en cave coopérative) et par la séparation de certains climats jugés plus qualitatifs (« Tête de Cru » et « Hors Classe »).

La réalisation de vins blancs de garde nécessite rigueur et précision tout au long des vinifications. Le domaine, dans une quête permanente d'amélioration, souhaite renforcer la typicité et principalement la typicité grillée, caractéristique des vins de Chardonnay, ainsi que le potentiel de garde de leurs vins. C'est donc dans ce cadre que j'ai eu l'occasion de réaliser mon stage.

Pour tenter de répondre à cette question, nous allons orienter l'expérimentation sous deux axes : La turbidité des moûts ajustée par la quantité de bourbes, ainsi que l'âge des fûts utilisés. Des dosages de composés aromatiques clefs dans l'apparition de la typicité grillée seront réalisés à différents stades des vinifications (au débouillage, après fermentation alcoolique, après fermentation malolactique et après plusieurs mois d'élevage).

PARTIE I : Le domaine Ferret et son vignoble

Pour mieux comprendre les pratiques réalisées au domaine, une présentation de l'appellation, du parcellaire ainsi que des moyens techniques est nécessaire. Cette analyse va nous permettre de comprendre les choix pris et d'avoir un regard critique face aux pratiques culturales. Par la suite, nous étudierons les différents travaux réalisés à la vigne vis-à-vis des conditions climatiques du millésime 2022.

Du vignoble bourguignon à l'appellation Pouilly-Fuissé

La Bourgogne

La Bourgogne est la cinquième région viticole française en superficie (*Atlas Bourgogne-Franche-Comté* 2016) et l'une des plus prestigieuses régions viticoles du monde grâce à la production de grands vins de garde, aussi bien rouges que blancs. La particularité de la Bourgogne réside en la vinification parcellaire. En effet, le vignoble est morcelé en « climats », représentant une entité géographique définie par des caractéristiques pédologiques, une altitude, une exposition propre à un endroit précis. Ainsi certains climats ne représentent en superficie que quelques centaines d'ares.

Le vignoble bourguignon est divisé en 6 sous régions comprenant : la Côte de Nuits, la Côte de Beaune, la Côte Châlonnaise, le Mâconnais, Chablis et le Châtillonnais (figure 1).

Le Mâconnais

Le Mâconnais est situé à la convergence de la vallée de la Saône à l'Est, de la Grosne au Nord et à l'Ouest et par les monts du Beaujolais au Sud. En son cœur se trouve plusieurs AOC, dont certaines sont les piliers du Mâconnais : Viré-Clessé, Pouilly-Loché, Pouilly-Vinzelles, Saint-Véran et Pouilly-Fuissé. Les vignes sont plantées principalement sur des coteaux de pentes douces pouvant aller jusqu'à 400 mètres d'altitude, profitant d'un climat océanique à tendance continentale (Leneuf 1995). Cette région dispose de caractéristiques pédologiques et géologiques nuancées. En effet, nous

La Bourgogne et ses cinq régions viticoles

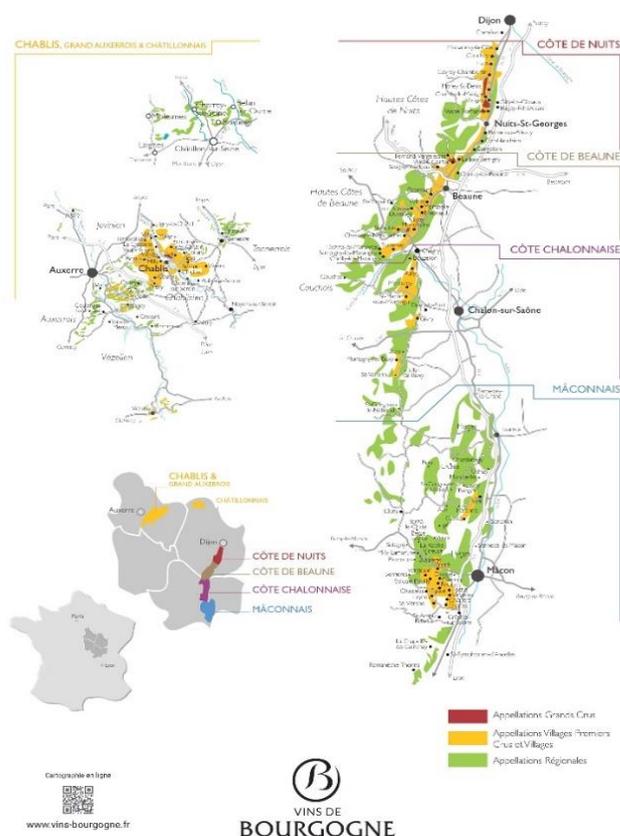


Figure 1 : les six régions viticoles de la Bourgogne (BIVB)

Nom du sol	Caractéristiques des sols
LITHOSOLS	Sol très peu profond (<10 cm), avec souvent présence d'éléments grossiers
RENDOSOLS	Sol peu profond (30-50cm), avec calcaire actif et éléments grossiers
CALCOSOLS	Sol peu profond (50-80cm), avec un gradient de calcaire actif de bas en haut, et des éléments grossiers
BRUNISOLS	Sol profond (>1m) d'agrégats fins
PLANOSOLS	Horizons de surface très grossiers suivi d'horizons fins dont la différence en éléments grossiers est >20%
CALCISOLS	Sol profond (>80cm) avec un horizon de surface sans calcaire mais des horizons en profondeurs calcaires. Brunification
ALOCRISOLS	Sol acide provenant d'altérites de grès, shistes ou de roches cristallines

Figure 2 : Les différents types de sols et leurs explications

pouvons trouver principalement des CALCOSOLS, RENDOSOLS, CALCISOLS, NEOLUVISOLS, BRUNISOLS (LAROCHE 2005; Leneuf 1995) (figure 2).

Malgré une viticulture riche en histoire, le vignoble Mâconnais n’a pas réussi à se développer au niveau de la Bourgogne du nord. En effet, en Saône-et-Loire, près de la moitié des exploitations vinifie en cave coopérative. Le prix d’achat d’une bouteille varie autour d’une dizaine d’euros, mis à part pour certaines Appellations d’Origine Contrôlée (AOC) qui ont vu leur renommée grandir. C’est le cas pour l’AOC Viré-Clessé, Saint-Véran ou encore Pouilly-Fuissé.

Pouilly-Fuissé

Cette AOC s’étend sur 800 ha au travers de quatre villages : Chaintré, Fuissé, Solutré-Pouilly et Vergisson (Pouilly-Fuissé - Vins de Bourgogne). Elle est ainsi située dans la partie méridionale de la Bourgogne, traversant en diagonale l’extrémité sud de la région. La topographie y est complexe. Les versants Est sont généralement de pentes modérées tandis que les versants Ouest sont nettement plus raides. Des vallons recoupent les crêtes et créent des « amphithéâtres » exposés nord et sud (Cahier des charges de l’appellation d’origine contrôlée « *POUILLY-FUISSÉ* » 2020). La typologie y est la plus variée de Bourgogne, donnant de nombreux « climats » (par exemple : Vers Cras, les Ménétrières, les Perrières etc...). Le calcaire est présent en grande majorité dans l’appellation avec des LITHOSOLS, des RENDOSOLS ou des CALCOSOLS (figure 2 et 3) (LAROCHE 2005). En bas de versant se trouvent des COLLUVIOSOLS ainsi que des PEYROSOLS (LAROCHE 2005) (figure 2 et 3).

Il s’agit de l’une des appellations les plus connues et reconnues du vignoble Mâconnais. Cette diversité pédologique et typologique remarquable a valu en 2020 le classement de 22 climats de l’appellation en « Premier Cru ». Ce nouveau classement est une première dans l’histoire du Mâconnais qui n’avait alors eu aucune classification en Premier Cru.

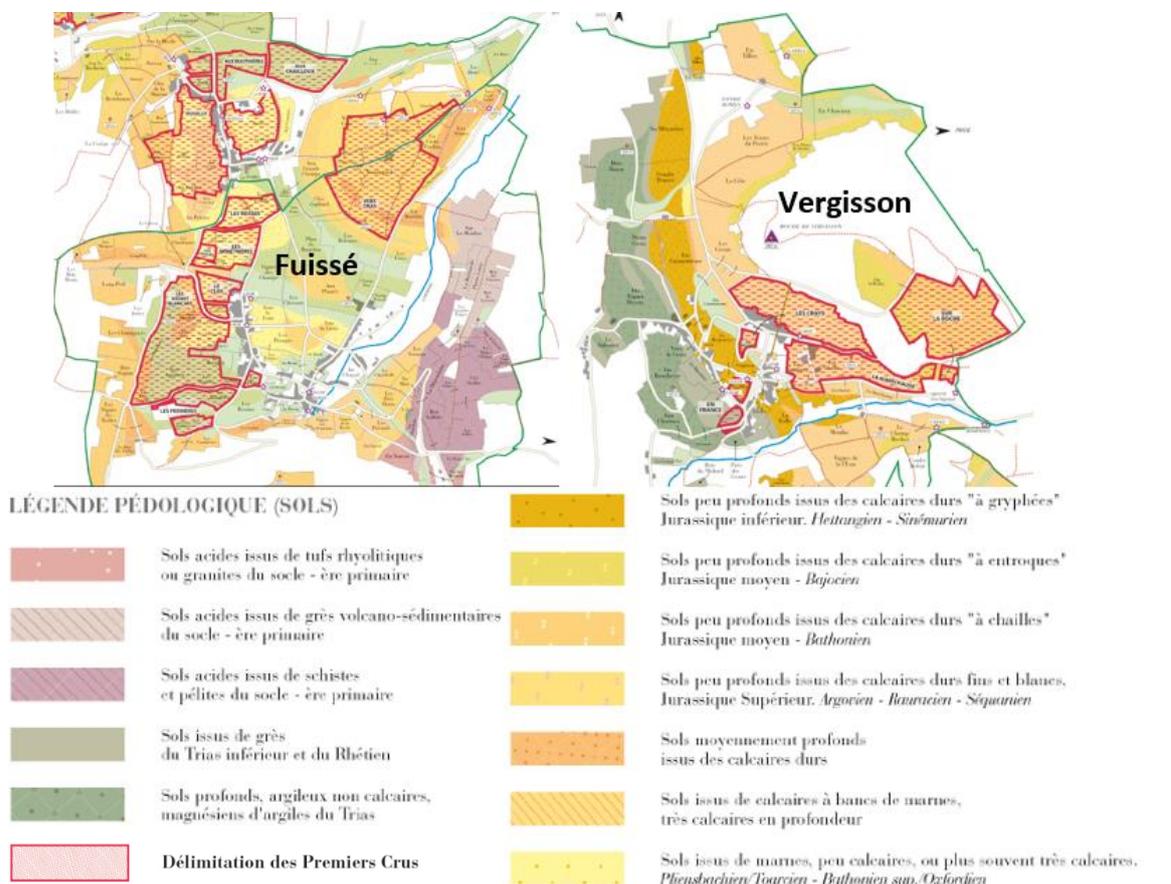


Figure 3 : Carte des sols des communes de Fuissé et de Vergisson

En effet, le prix de vente moyen de la bouteille est de 2 à 4 fois plus élevé qu'une bouteille d'appellation générique du Mâconnais. Le domaine se trouve donc dans une appellation porteuse, sur des terroirs qualitatifs, lui permettant de réaliser des vins blancs de garde.

Le domaine Ferret

Le domaine est morcelé sur 18 hectares, planté en haute densité (supérieur à 8 000 pieds/ha). Il est ventilé sur une quarantaine de parcelles sur les villages de Fuissé et Vergisson. Ce morcellement permet au domaine de disposer d'une diversité pédologique importante. Les parcelles sur la commune de Vergisson sont disposées sur des pentes calcaires le long de la roche de Vergisson, puis à mesure que l'on s'en éloigne, sur des sols calcaires peu profonds ainsi que sur des argiles profondes non calcaires (Figure 2). Sur la commune de Fuissé, les parcelles sont plantées sur des RENDOSOL, CALCOSOLS ou COLLUVIOSOLS (Figure 2 et 3)(LAROUCHE 2005).

Ce morcellement n'est pas forcément un atout. En effet, il nécessite une logistique importante pour tous les travaux viticoles et notamment pour les traitements phytosanitaires.

Le domaine est planté uniquement avec du Chardonnay, avec les clones 76, 95, 96 (dont le rendement conféré est moyen et de bonne qualité œnologique) et plus minoritairement le clone 809 (dont les caractéristiques gustatives sont muscatées). Ces Chardonnays sont greffés sur différents porte-greffes selon les sols (Tableau 1).

Tableau 1: Porte-greffes utilisés ainsi que leurs caractéristiques (Source : réalisation personnelle à partir du site <https://plantgrape.plantnet-project.org/>)

Porte greffes	Origine	Caractéristiques	Interactions avec le cépage	Cohérence du porte greffe
SO4	Viti Berlandieri X Viti Riparia	Moyenne résistance à la chlorose ferrique Bonne résistance à la sécheresse Bien adapté aux sols argilo-calcaires Forte vigueur conférée	Bien adapté au Chardonnay	Cohérent du fait que les parcelles ont peu de calcaire actif voir pas. Cependant il peut-être trop vigoureux au vu de la production visée au vu des rendements de certaines parcelles.
Riparia Gloire de Montpellier	Sélection de Vitis Riparia	Sensible à la chlorose et à la sécheresse Très faible vigueur conférée	Très bonne affinité avec le Chardonnay	Cohérent vis-à-vis de la production à faible rendement mais il est implanté dans des sols très argileux dans lesquels il n'est pas le plus adapté
3309 C	Vitis Riparia X Vitis Rupestris	Sensible au stress hydrique Faiblement résistent au calcaire actif Vigueur conférée faible à moyenne	Très bonne affinité avec le Chardonnay	Vigueur conférée adaptée à la production à rendement moyen. De plus en plus de millésimes subissent des stress hydriques intenses ce qui rend la vigne assez vulnérable notamment au vu des sécheresses de plus en plus intenses.
Fercal	Berlandieri Colombard X 31 Richter	Forte résistance à la chlorose Bonne résistance à la sécheresse	Bonne affinité avec le greffon	Cohérent sur sol très calcaire mais du point de vue qualitatif, il est aujourd'hui délaissé.

Le millésime 2022

Les conditions climatiques de ce début d'année ont permis à la vigne un débourrement relativement précoce sur le vignoble. Cependant, des épisodes de gelées printanières furent enregistrés, mais n'eurent que peu d'impact sur le vignoble mise à part sur certaines parcelles les plus gélives. Les températures ont ensuite augmenté (graphique 1) donnant un mois d'avril doux favorable à un développement rapide de la vigne. En effet, le vignoble du Mâconnais était au stade 4-5 feuilles étalées à la fin avril. A ce stade, la pression des maladies cryptogamiques n'était que très faible.

Avec des températures qui ne cessent d'augmenter le début du mois de mai positionne le millésime 2022 comme très précoce. En Saône-et-Loire, le vignoble en est au stade 10-12 feuilles étalées pour les parcelles les plus avancées. Cependant un épisode de grêle éclata au nord de la Saône-et-Loire. Le Mâconnais ne subit que de faibles pertes par rapport à l'année passée. A ce stade aucune tache de mildiou ne fut repérée grâce à des sols secs. La lutte préventive contre l'oïdium avait d'ores et déjà commencé mais aucun symptôme n'était encore visible. Dès la mi-mai la floraison s'installa dans le vignoble et évolua rapidement au stade grain de plomb à la fin mai. Sur le plan des maladies, le mildiou commença à apparaître sur feuilles mais resta très isolé et de faible sévérité.

Au début du mois de juin, quelques épisodes pluvieux accompagnés de températures douces ont fait évoluer la taille des baies rapidement (graphique 1). La pression du mildiou resta faible et celle de l'oïdium moyennement élevée. Le millésime a suivi la même cinétique que 2020. A partir de la mi-juin la vigne atteignait la fermeture de la grappe. Des épisodes orageux s'abattirent sur le Mâconnais, avec de fortes précipitations ainsi que des chutes de grêle par endroit. Les dégâts furent relativement faibles avec des parcelles touchées à 30% au maximum (Image 1). La taille des baies continua par la suite à rapidement augmenter. En raison de pluies importantes, le risque du développement du mildiou avait donc été requalifié. Cependant aucun créneau ne permettait de positionner un traitement. Il était impossible d'accéder aux parcelles tant que la pluie était présente.

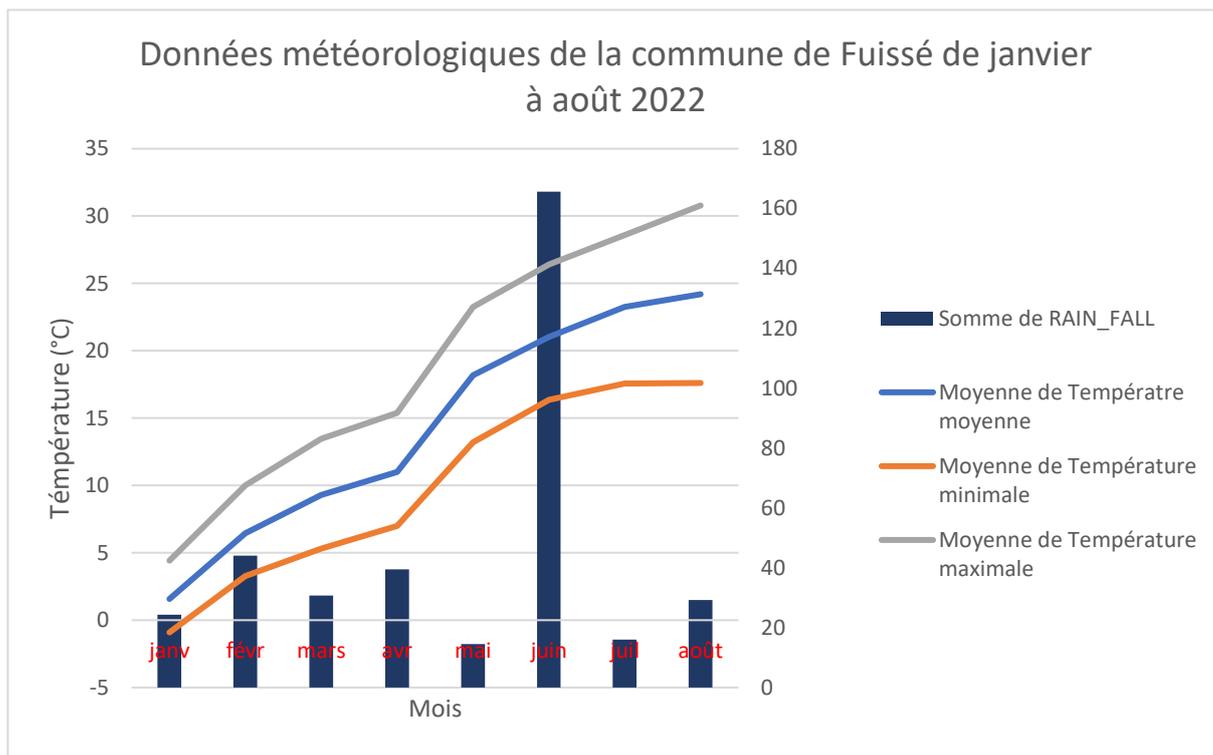


Image 1 : Impact de la grêle sur une grappe

Des pluies de plus faible intensité se sont poursuivies jusqu'au début du mois de juillet (graphique 1) avec des risques de développement du mildiou et de l'oïdium élevés. Au fil des jours, les premières baies commencèrent à véner (à partir de la mi-juillet) mais avec d'importantes inégalités. Des températures élevées se sont aussi installées sur tout le vignoble et malgré les pluies de début Juillet, la vigne commença à subir des dégâts du manque d'eau. Ces épisodes de canicules et de sécheresse intenses dureront jusqu'au milieu du mois d'août.

Après plusieurs analyses de baies, la date de vendange fut décidée pour le 20 août. En effet, malgré des teneurs en sucre relativement faibles (autour de 11.5 – 12 degrés potentiel), les acidités ont très rapidement chutées (jusqu'à 2 g/l d'acide malique). Cependant, quelques jours avant les vendanges, 14 mm de pluie se sont abattus. La composition des baies a été impactée par cet épisode pluvieux, elles ont perdu un degré potentiel la veille des vendanges (certaines parcelles se sont ainsi retrouvées à moins de 11 degrés potentiel, inférieur à la limite de l'appellation). La date de vendange a donc été décalée de 2 jours, pour laisser le temps à la vigne de poursuivre sa maturité et de stocker des sucres. Les vendanges ont ainsi débuté le lundi 22 août, avec un état sanitaire très correct et une bonne maturité œnologique (graphique 1).

Les points à retenir de ce millésime 2022 restent la précocité du millésime, les fortes chaleurs ainsi que le manque d'eau qu'a subi le vignoble Mâconnais durant l'été. Ces conditions ont quand même permis un état sanitaire très satisfaisant ainsi qu'une maturité œnologique appréciable. Un manque d'acidité et des rendements légèrement inférieurs à la normale marquèrent cependant ce millésime. Nous reviendrons sur la partie composition dans la partie II : Les vinifications au domaine Ferret.



Graphique 1: Données météorologique de Fuissé de janvier à août 2022

La santé du vignoble

Les vignes du domaine tout comme celles de l'ensemble du vignoble bourguignon subissent un dépérissement.

Le domaine est touché par l'Esca et le BDA (Black Dead Arm). Les vignes contaminées sont nombreuses mais la propagation est ralentie grâce à des pratiques prophylactiques (taille Poussard). Sur le domaine, les pieds malades sont arrachés et détruits hors de la parcelle. Des complants sont ensuite replantés.

Le vignoble est aussi atteint par le court-noué. Cette maladie est causée par des nématodes du nom de *Xiphinema index* (GFLV) ou *Xiphinema diversicaudatum* (ArMV). Elle est caractérisée par un raccourcissement des entre-cœurs, de la fasciation, un dédoublement des rameaux ou encore de la déformation foliaire. L'impact sur le rendement peut être très important dû à la baisse de la vigueur, à la coulure et au millerandage. La lutte contre le virus est impossible. Seule une lutte contre le nématode peut être réalisée par un arrache des parcelles atteintes et la mise en place de jachères avec des plantes dites « suppressives ».

La commune de Fuissé dispose à ce jour d'une dérogation vis-à-vis du traitement obligatoire de la flavescence dorée. En effet, étant donné l'architecture de Fuissé (village entouré de vignes), les riverains ainsi que les viticulteurs ont demandé l'arrêt des traitements. Maintenant, plusieurs prospections sont réalisées chaque année pour identifier les pieds contaminés et les éliminer.

Les travaux réalisés

La taille

Sur le domaine deux types de tailles sont utilisées : La taille guyot Poussard et la taille à queue du mâconnais (taille en arcure).

La taille Poussard est une variante de la taille guyot classique qui vise à mieux respecter les trajets de sève. Le domaine étant situé dans une région où les maladies du bois sont l'une des principales causes du dépérissement du vignoble, ce type de taille permet d'en ralentir son développement. Elle se base sur un guyot simple à deux bras. Sur l'un nous avons la baguette et un courson en dessous, puis sur l'autre seulement un courson. Le but est d'alterner chaque année. C'est-à-dire que l'année suivante la baguette sera le courson et le courson la baguette. Ainsi les plaies de taille sont alignées les unes en face des autres permettant de créer un circuit de sève sur la face inférieure du bois (LUSSEON 2014) (image 2). L'objectif est de limiter les plaies de tailles et de les réaliser sur le dessus du bras pour éviter d'impacter les trajets de sève montante.

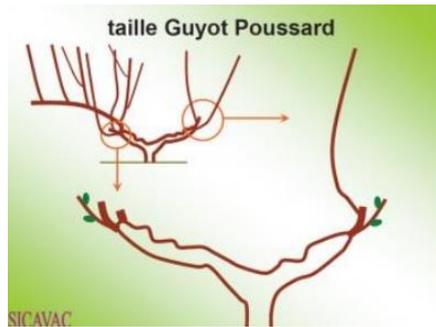


Image 2 : Taille Guyot Poussard



Image 3: taille à queue du Mâconnais

La deuxième taille utilisée est la taille à queue du mâconnais (Image 3). Il s'agit là aussi d'une alternative à la taille guyot simple ou double à la seule différence que les baguettes sont pliées en arcure et non à plat. Cette arcure a pour but de limiter le phénomène d'acrotonie. En effet, les bourgeons de la base subissent une inhibition de la part des bourgeons apicaux. Ainsi, le fait de plier la baguette de cette manière permet de limiter l'inhibition en favorisant les trajets de sève pour les bourgeons près de la base au détriment des bourgeons apicaux. Il en découle une meilleure homogénéité dans le feuillage.

Les bois de taille sont ensuite broyés dans l'inter-rang pour apporter de la matière organique.

Il faut environ 55 heures pour tailler un hectare de vigne. Au total il faut compter 3 114 euros/ha pour les travaux de tailles (en prenant en compte la taille, le tirage des bois et le broyage des sarments). Ensuite il faut rajouter le temps de pliage soit environ 28 h/ha pour un coût de 550 euros/ha. Ainsi nous arrivons au final à 108 h consacrées aux travaux et 3 664 euros pour tailler et plier un hectare de vigne au domaine (FONTENEAU 2021).

Le mouchage et l'épamprage

Le mouchage consiste à couper l'extrémité des rameaux qui se trouve en bout de baguette, un œil après la dernière grappe. Ainsi la pousse du feuillage et des bois est limitée, permettant de faciliter le développement du raisin. De plus cela permet de favoriser les premiers rameaux moins fructifères. Cette technique est utilisée seulement sur les parcelles pliées en arcure à partir de mi-mai à juin. Dans le cas d'année gélive, certains rameaux proviennent de bourgeons secondaires. Ces derniers sont parfois dépourvus d'inflorescences. Ils sont alors totalement enlevés. Il faut compter 34 heures/ha soit 889 euros/ha pour réaliser le mouchage (FONTENEAU 2021).

L'épamprage consiste pour sa part à éliminer les pampres se trouvant sur le pied du cep, puisant inutilement de l'énergie au détriment des raisins. Il est donc important de les éliminer. De plus, ils peuvent au final favoriser le développement des maladies. Par rapport au mouchage, l'épamprage est plus rapide à réaliser avec 23 heures/ha soit 597 euros/ha (FONTENEAU 2021).

Le relevage ou palissage

Le Chardonnay est un cépage à port retombant, Il est donc nécessaire de relever la vigne au fur et à mesure de sa croissance pour éviter les contaminations par des maladies (en cas de contact entre les feuilles et le sol). Le but est de bloquer entre les deux fils releveurs, le rameau, qui va pouvoir se développer droit par la suite. La vigne en devient plus facilement mécanisable et cela permet d'accroître la surface foliaire exposée au rayonnement solaire.

Le relevage est réalisé en juin, période de forte croissance végétative, sur deux passages, soit 62 heures/ha et 1 526 euros/ha (FONTENEAU 2021).

Le rognage et l'effeuillage

Ces travaux ont deux objectifs : limiter la vigueur de la vigne et limiter l'envahissement de l'inter-rang rendant le travail difficile.

Le rognage consiste à limiter la pousse des rameaux pour faciliter la mécanisation du travail. Au domaine, la vigne est rognée plus large au niveau des grappes qu'en haut du feuillage, pour garder une proportion plus importante de feuilles à hauteur de baies.

Parmi les étapes précédentes, le rognage et l'écimage sont les seules pratiques réalisées mécaniquement grâce à une rogneuse Provitis Optima montée sur un enjambeur Tecnomat T140. Les autres étapes sont toutes réalisées à la main. Le travail est réalisé en moyenne à une vitesse de 10-12 km/h en fonction de la densité de feuillage et de la parcelle. Le nombre de passages dépend du millésime. En moyenne 4 passages sont réalisés soit 8.4 heures/ha et 652 euros/ha (FONTENEAU 2021).

L'effeuillage consiste à retirer les feuilles au niveau de la grappe. Ainsi les baies sont exposées au soleil, favorisant la maturité et limitant le développement de maladies comme l'oidium (sensible aux UV). L'effeuillage est encore plus efficace lorsqu'il est réalisé de manière précoce (nouaison ou véraison), cependant le domaine n'en réalise pas à cette période du fait des conditions climatiques changeantes et de plus en plus chaudes. Il réalise parfois un effeuillage un peu avant les vendanges pour faciliter le travail des vendangeurs (ce qui n'a pas été le cas pour le millésime 2022).

Il est réalisé manuellement en 52 heures/ha soit 1 285 euros/ha. Cette année aucun effeuillage ne fut réalisé pour éviter tout risque d'échaudage (FONTENEAU 2021)

Les vendanges

Les vendanges sont réalisées manuellement après un suivi de la maturité des baies d'une part par la chambre d'agriculture et d'autre part par nos soins. Environ 200 baies sont ramassées de manière aléatoire dans les parcelles à différents endroits, sur les grappes et sur les pieds de vigne pour être le plus représentatif possible. Les baies sont ensuite pressées pour mesurer le TAVP par réfractométrie. Ces contrôles de maturité permettent de déterminer l'organisation du chantier de vendanges tout en prenant en compte la distance des parcelles entre elles pour optimiser les temps de déplacement.

Chaque vendangeur dispose d'un seau dans lequel ils placent les grappes. Les porteurs passent régulièrement dans les rangs pour vider les seaux dans les hottes et remplir les caissettes. Il s'agit de caissettes d'une contenance de 25 kg.

Il faut compter environ 178 heures/ha en prenant en compte l'encadrement des vendangeurs, les vendanges, le chargement de la benne pour le transport des grappes, soit 3 219 euros/ha (FONTENEAU 2021).

La gestion de l'entretien du sol

L'entretien du sol permet de moduler ses caractéristiques physiques (porosité, granulométrie), chimiques (vitesse de minéralisation, pH) mais aussi biologiques (vie du sol, teneur en matière organique) pour obtenir les conditions optimales au développement de la vigne. Ainsi plusieurs étapes vont se succéder au cours des saisons.

L'inter-rang

A l'heure actuelle, les inter-rangs ne sont pas enherbés. En effet, en raison de la forte densité de plantation, la création d'un enherbement dans l'inter-rang est un challenge pour ne pas concurrencer la vigne. Cependant des essais sur certaines parcelles sont en cours depuis cette année. Le domaine se dirige vers une transition agro écologique. Un mélange de trèfle, de seigle, de féverole et de moutarde a été semé. Le but est d'étudier l'impact sur la vigne (vigueur, rendement, azote assimilable, qualité des baies) mais aussi sur le sol (impact sur le complexe argilo-humique et donc sur la réserve utile).

Du fait d'un travail du sol fréquent (supérieur à 5 interventions par an) depuis de nombreuses années, seules quelques espèces parviennent à lever. En effet, nous retrouvons principalement *Conyzacanadensis* (Erigéron du Canada), plante vivace à fort potentiel de multiplication, que l'on peut retrouver toute l'année et à tous les stades de la vigne. Nous retrouvons aussi *Cirsium arvense* (chardon des champs) espèce aussi très vivace et très bien adaptée aux sols viticoles travaillés.

L'élimination de ces plantes se fait donc exclusivement mécaniquement (aucun désherbage chimique du fait de la labellisation en AB), grâce à l'utilisation de gyrobroyeurs (image 5), de chisels (image 4) ou d'un cover crop monté sur un BOBARD 909, un BOBARD 809 ou un Tecnomat T140.



Image 4: Chisels



Image 5: gyrobroyeurs

Le cavaillon

Là encore, aucun désherbage chimique n'est réalisé. Le travail suit un itinéraire classique à savoir un charrage par une charrue pour faciliter le travail sous le rang en hiver, puis quand les adventices ont levé, le tractoriste utilise des disques émotteurs orientés (de marque Boisselet) qui permettent juste un travail superficiel. Par la suite, il utilise des lames intercepts couplées avec des chisels (Image 4) pour le travail de l'inter rang.

Lors des périodes de sécheresse comme le millésime 2022, avec un sol nu, le travail du sol produit beaucoup de poussière qui se dépose sur les feuilles et les baies, causant de potentielles contaminations si des agents pathogènes se trouvent au sol. Ainsi il est fréquent que les travaux soient

réalisés la nuit (à partir de 3 heures du matin) jusqu'à 11-12 heures si les conditions le permettent, pour profiter de l'humidité matinale et éviter la formation de cette poussière.

Le travail du sol n'est pas une pratique sans effet négatif sur le sol. En effet, il va accélérer la dégradation de la matière organique grâce à un apport d'oxygène important favorisant le travail des bactéries et des micro-organismes. A long terme, les réserves de matières organiques s'affaiblissent dégradant le complexe argilo-humique, responsable de la capacité des sols à absorber et à stocker l'eau. De plus, le passage d'outils dénature la structure interne et élimine les macro-organismes responsables de la structuration du sol. Ainsi, lors de fortes pluies comme celles survenues au mois de Juillet 2022, de forts ruissellements sont survenus et peu d'eau s'est infiltrée dans le sol, drainant une partie non négligeable de terres fines en bas de pentes. C'est pour ces raisons que l'essai sur les couverts a été mis en place.

Dans la globalité, le travail du sol a un coût de 1 139 euros/ha.

La fertilisation

La fertilisation a pour but d'apporter à la vigne les ressources nécessaires à son bon développement et à sa production. En cas de carence, son développement en est perturbé. La gestion de l'azote est un paramètre déterminant dans la gestion de la vigueur de la vigne. Chaque année, les besoins de la vigne en azote sont de l'ordre de 20 à 70 kg/ha.

Les carences en fer, magnésium, calcium... entraînent des symptômes foliaires impactant la photosynthèse (décoloration de la feuille) mais peuvent aussi avoir des symptômes directs sur les baies. Ainsi, le pilotage de la fertilisation doit être réfléchi en fonction de la capacité d'apport du sol et des objectifs de production.

Le domaine réalise de manière régulière des analyses de sol sur les différentes parcelles pour permettre de piloter au mieux la fertilisation. Les apports sont réalisés sur deux périodes en fonction des produits épandus. En effet, en hiver est déversé du compost puis au printemps c'est autour des engrais organiques.

Pour le matériel, le domaine dispose pour le compost d'un épandeur porté avec épandage localisé sous le rang ou l'inter rang de la marque Bacater puis d'un semoir à double disque de marque Agrex pour les engrais organiques.

Pour la campagne 2021/2022, trois apports ont été effectués de manière différée :

- Un apport d'engrais organo-minéral (OVITONIC 3-2-3) d'une composition de 75% de fumier de mouton composté, de pulpe de fruits, ainsi que 25% d'éléments minéraux (3% d'azote, 2% de phosphore, 3% de sulfate de potassium et 4% d'oxyde de magnésium). Il est apporté 1.3 à 1.5 tonnes par hectare, soit 7.55 à 8.7 UN/ha*, pour un coût de 220 euros/ha (pour le produit seul).
- Un apport d'amendement organique (MV 100), composé de fumier de mouton et de tourteaux végétaux (pulpe d'olive et de raisin). Son apport est de 1 à 1.5 tonnes par hectare, soit 8.5 à 12.75 UN/ha*, pour un coût de 50 euros/ha.
- Un apport d'engrais organique (3 PUISSANCE 4) de 0.8 à 1.5 tonnes par hectare pour un coût de 200 euros/ha.

*Calculs des UN réalisés à partir des données de (LALANDE 2020)

Ainsi le coût total des apports s'élève à 470 euros/ha. Il faut ensuite ajouter le coût de mise en œuvre soit 211 euros/ha. Nous arrivons à un coût total de 681 euros/ha, soit le coût moyen en Bourgogne(FONTENEAU 2021).

La lutte phytosanitaire

Le domaine étant en conversion Agriculture Biologique (AB), le choix des substances actives en est réduit. Elles doivent être inscrites au cahier des charges imposé par l'agence certificatrice (Ecocert). En effet, seule l'utilisation de cuivre, soufre et de substances naturelles biocides sont autorisés.

De manière générale, la maladie cryptogamique la plus préoccupante sur le domaine est l'oïdium. Les conditions sont souvent propices à son développement notamment sur certaines parcelles. De plus, le Chardonnay est un cépage relativement sensible à cette maladie.

Ensuite, le mildiou et le black rot sont présents mais ne sont pas problématiques comme peut l'être l'oïdium dans cette région. Cette année en a encore été l'exemple.

La lutte contre les ravageurs tels que les vers de la grappe, responsables de l'enroulement, est réalisée en début de saison de manière systématique malgré le fait que le domaine ne subisse pas de fortes pressions.

Pour ce qui est du matériel, le domaine utilise un pulvérisateur autoporté (idéal turbo star) monté sur un enjambeur de la marque Tecnomax (T 140) utilisable pour d'autres travaux (rognage, travail du sol) sur lequel sont montés des buses à turbulence ATR 80 blanches (le domaine a pour projet d'utiliser prochainement des buses à chambre de décompression, moins sensibles à la dérive). Le travail est réalisé sur 5 rangs, à une vitesse de 5 km/h avec un débit de 200 litres par hectare et à une pression de 5 bars. La vitesse des vents est réglée à 300 km/h sur l'ensemble de la rampe.

Le domaine a fait le choix d'investir dans un pulvérisateur à rampe pour optimiser l'efficacité des traitements et limiter les phénomènes de dérive. Par ailleurs, il y a la possibilité de fermer les dernières buses et ainsi de traiter en début de saison seulement la hauteur de feuillage présent ce qui permet de faire des économies de produit et d'éviter la dérive. La plupart des domaines bourguignons utilisent des atomiseurs ou des canons pour leurs traitements car l'espace dans l'inter-rang est très petit. Cependant, le résultat est beaucoup moins précis et la dérive plus importante. Ce choix engendre des temps de travaux plus importants mais en 2022 par exemple où la pression de l'oïdium était importante, l'état sanitaire est resté très satisfaisant.

Le pulvérisateur dispose aussi d'une contenance appréciable de 800 litres, ce qui permet avec une application de 200 litres par hectare, de traiter 4 hectares avec un seul mélange.

L'année a aussi été particulière du fait de l'arrivée de fortes précipitations qui se sont étalées sur plusieurs semaines. Les engins agricoles ne pouvaient plus entrer dans les parcelles à cause de la faible portance des sols nus. Il a donc fallu réaliser un traitement à l'atomiseur à dos, pratique très contraignante pour les ouvriers agricoles. Cela a cependant permis de maintenir un très bon état sanitaire.

Ces travaux sont réalisés à partir de 3 heures du matin jusqu'à 11 heures, pour éviter de traiter sous de fortes chaleurs risquant d'altérer le feuillage et les grappes. Il faut compter 16 heures pour pouvoir traiter l'intégralité du domaine soit 2 jours de travail. Les traitements sont réalisés par Vincent le tractoriste du domaine.

Le choix de la date de traitement ainsi que les produits à utiliser sont décidés par Mme Audrey Braccini en concertation avec Mathieu Oudot (de la chambre d'agriculture) et de Vincent. L'installation de 5

stations météorologiques Sencrop permet d’avoir en permanence les conditions météorologiques et notamment la vitesse du vent sur tout le domaine et ainsi piloter au mieux la date et l’heure du traitement.

Concernant l’IFT, le domaine a pour ce millésime réalisé 13 passages pour un IFT relativement satisfaisant en raison d’une pression Oïdium moyenne (tableau 2). En effet, par rapport aux années précédentes et notamment 2021 l’IFT total est presque de deux fois inférieur. Ceci est dû aux conditions climatiques du millésime, très pluvieuses durant l’été avec une pression relativement élevée des maladies cryptogamiques. Il faut aussi savoir que durant l’année 2020, le vignoble n’avait pas encore commencé la conversion en AB. Nous pouvons donc remarquer que si les traitements sont correctement positionnés la protection peut-être aussi satisfaisante par rapport à un traitement conventionnel, pour un IFT équivalent (à prendre sur des années similaires pour la pression cryptogamique).

Tableau 2 : Récapitulatif des IFT sur 3 millésimes

Millésime	2020	2021	2022
IFT biocontrôle	9,3	13,5	9,9
IFT total	15,7	20,3	11,6

Avec un IFT moyen de 7.82, défini sur l’ensemble de la Bourgogne pour les exploitations en agriculture biologique (GUYARD, BOURGEOIS 2020), le domaine se trouve ainsi légèrement au-dessus de la moyenne régionale, avec un état sanitaire très satisfaisant. Pour ce qui en est de la dose de cuivre à l’hectare, le domaine a appliqué pour le millésime 2022, la dose de 2.5 kg/ha de cuivre, ce qui est dans la moyenne régionale (GUYARD, BOURGEOIS 2020).

Le tableau 5 regroupe l’ensemble des substances actives utilisées, leurs noms commerciaux et leurs coûts durant la campagne 2022.

Tableau 3 : Produits utilisés et leurs coûts pour la campagne 2022

Nom commercial	Matière active	Cible	Coût sur le millésime 2022 (Euros/ha)
Soufrebe DG	Soufre micronisé	Oïdium	97,97
Fluidosoufre	Soufre sublimé		43,75
Héliosoufre	Soufre et terpène		59,11
Sulfojet DF	Soufre micronisé		16,24
Armicab	Bicarbonate de potassium		90
Protect WG	Sulfate de cuivre	Mildiou	11,2
Champflo Ampli	Hydroxyde de cuivre		76,56
BB RDR	Sulfate de cuivre		22,57
Limocide	Huile essentielle d'orange douce	Mildiou/Oïdium	17,6
Coût total			435
Polithiol	Huile de paraffine	Cochenilles	200

Au total, le coût de la lutte phytosanitaire s’élève à 620 euros pour ce qui est des produits utilisés. A cela il faut ajouter la main d’œuvre et le coût d’utilisation du matériel soit 1 300 euros/ha pour l’ensemble des 13 traitements. Nous arrivons au final à un coût global de 1 920 euros/ha. Ainsi le domaine a dépensé 400 euros de plus que la moyenne des coûts alloués par les viticulteurs du mâconnais (FONTENEAU 2021).

Partie II : Les vinifications au domaine Ferret

L'objectif du domaine est de produire des vins blancs de garde, c'est-à-dire des vins qui vont pouvoir grâce au vieillissement en bouteille, développer et complexifier le potentiel aromatique. Le but étant de faire perdurer une partie des arômes primaires et de les faire cohabiter avec le bouquet d'arôme tertiaire. Ainsi les vinifications sont orientées vers des pratiques favorisant la protection des moûts et des vins face à l'oxygène. L'oxygène réagit dans les moûts et les vins avec des composés tels que les polyphénols. Ces derniers sont oxydés selon la réaction suivante (Figure 4):

Les quinones formées vont pouvoir soit réagir entre elles pour former des composés bruns

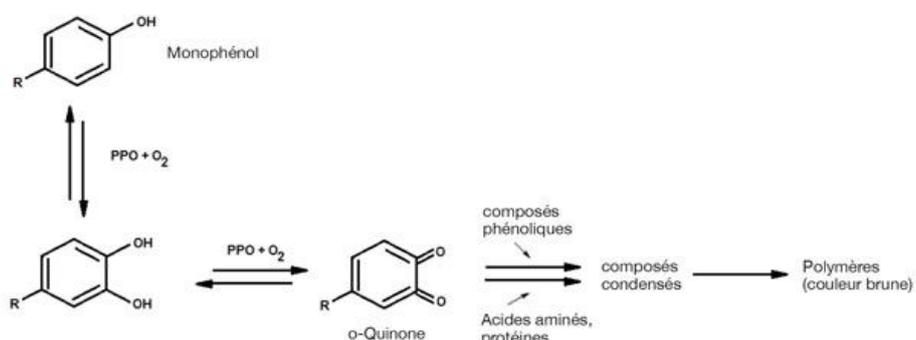


Figure 4 : oxydation des composés phénoliques (Beye 2015)

responsables du brunissement des vins soit réagir avec des composés aromatiques (les thiols par exemple) d'où une perte aromatique importante. Cependant un apport d'oxygène à certains moments-clés est important. En effet, il est nécessaire au bon déroulement des fermentations alcooliques, il évite des problèmes de réduction et permet de contrer les phénomènes de « pinking » (rosissement des vins blancs causé par une surprotection face à l'oxygène).

L'oxygène est donc un des paramètres essentiels dans le pilotage des vinifications au domaine Ferret. Il va être régulé par certaines pratiques comme l'inertage des cuves de réception, le refroidissement des raisins, les transferts sans prise d'air... Toutes ces pratiques vont être présentées dans la suite du document.

Avant de rentrer dans le détail des vinifications, un tour d'horizon du matériel ainsi que de l'organisation de la cuverie est nécessaire pour mieux appréhender les choix techniques pris par le domaine.

Organisation du chai

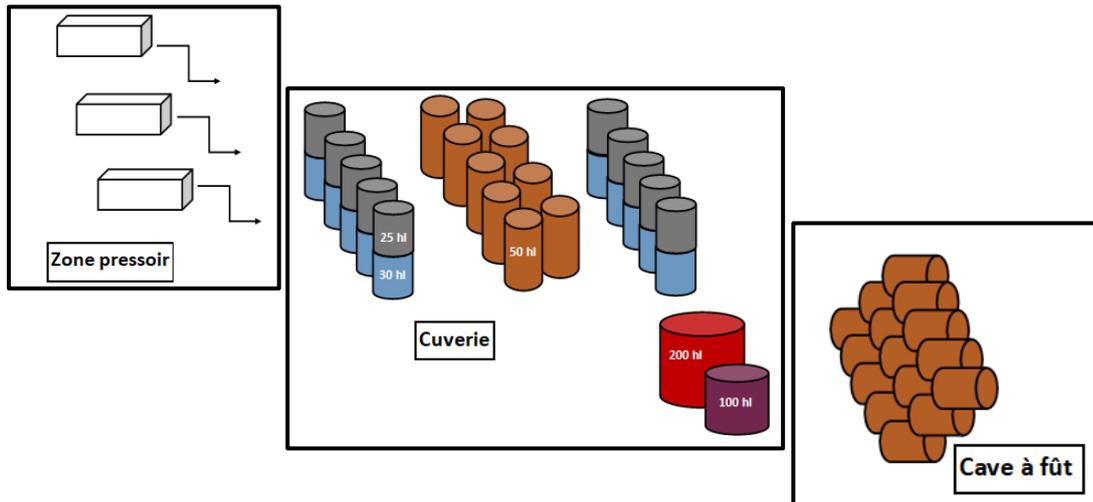


Figure 5 : Organisation du chai

Le chai est organisé en trois niveaux (Figure 5). Le premier niveau correspond à la zone de pressurage où se trouve trois pressoirs pneumatiques. Ensuite, en contre bas, nous retrouvons la cuverie, composée de cuves en inox thermorégulées de contenance 25, 30, 50, 100 et 200 hl (Figure 5). D'autres cuves plus petites (allant de 4 à 10 hl) peuvent être installées si le millésime le demande.

Les trois niveaux sont placés en contre bas les uns des autres pour permettre des transferts par gravité, évitant ainsi l'utilisation de pompe. Chaque transfert réalisé avec une pompe entraîne inévitablement un apport d'oxygène au produit convoyé. En effet, le transfert entre la maie et les cuves de réception (cuve de 25 hl à gauche du schéma (Figure 5)) est réalisé par gravité. Il en est de même pour les entonnages : Lors du remontage aéré (voir la partie : Les opérations fermentaires : La fermentation alcoolique), les vins sont, si le volume le permet, acheminés dans les cuves de 25 hl à gauche de la figure (Figure 5), pour pouvoir être entonnés par gravité.

La cave à fût est dans la continuité du chai où se trouve des fûts de type bourguignon de 228 L, de la tonnellerie Cadus. Les chauffeuses sont moyennes et les bois sont français, provenant de trois forêts : la forêt de Tronçais, de Nevers ou de Bertrange. La proportion de fûts neufs est maintenue à chaque millésime à environ 20% de la cave. Nous y retrouvons des fûts de trois vins au maximum.

Les opérations préfermentaires

La réception des vendanges

Les vendanges arrivent au chai par palettes de 20 caissettes (Image 6). Les raisins sont directement déchargés et pressurés, ou placés dans des conteneurs froids (refroidis entre 4 et 6°C) pour les protéger de la chaleur et éviter des réactions d'oxydation enzymatique. Durant le millésime 2022, les vendanges s'étant déroulées sous de fortes chaleurs cette opération fut nécessaire pour pressurer les raisins à température la plus basse possible.



Figure 4 : Réception des vendanges en caissettes

Le pressurage

Les caissettes sont déchargées à la main sur un tapis élévateur pour remplir le pressoir. A ce stade, un tri est effectué pour éliminer un maximum de feuilles, de grappillons et de grappes contaminées par l'Oïdium. Cette année l'état sanitaire étant très

satisfaisant, peu de grappes furent éliminées. Trois personnes étaient alors nécessaires pour cette étape : une personne au chargement du pressoir, une personne au lavage des caisses et une personne au déchargement et au tri.

Les raisins sont acheminés en haut du pressoir pour passer au travers d'un fouloir. Les grappes n'étant pas éraflées, le foulage n'est que très léger pour faciliter le pressurage tout en gardant la rafle intacte. Le choix de ne pas érafler a pour but d'une part, de limiter la trituration des raisins responsable de l'oxydation des jus et de la formation d'une importante quantité de bourbes et d'autre part, de drainer les jus pour faciliter l'assèchement du marc.

Le domaine dispose de trois pressoirs verticaux pneumatiques (26, 40 et 50hl), de la marque FLATH, Willmes et Bucher, afin de minimiser le temps d'attente des raisins. Les cycles de pressurage sont déterminés sur la base de ceux préconisés par le fournisseur, en fonction de l'état de la vendange. Ils sont cependant ajustés manuellement au cours du pressurage pour optimiser l'extraction (Image 8). Le pressurage dure en règle générale 2h, mais ce temps peut évoluer en fonction des observations liées à la dégustation des jus au fur et à mesure. La pression est limitée à 1.5 bar pour éviter d'extraire trop de composés provenant des pépins ou des rafles pouvant apporter de l'astringence et de

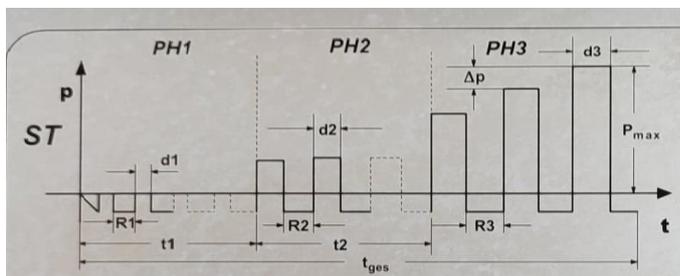


Image 8 : Schéma du cycle de pressurage pour le pressoir de la marque WILLMES



Image 7 : écoulage des jus de presse dans la maie du pressoir

l'amertume au moût. Les rebèches sont limitées pour éviter encore une fois la trituration des grappes. L'objectif est d'obtenir 80% du jus à moins de un bar de pression.

Les jus sont recueillis dans une maie ouverte (Image 7) où ils sont sulfités entre 4 et 4.5 g/hl de SO₂. Dans la dernière maie du pressoir sont ajoutées des enzymes pectolitiques à une dose de 0.5 mL/hl. Le rôle des enzymes va être d'accélérer la décantation des moûts et ainsi faciliter le débourage.

Le jus contenu dans les maies est écoulé par gravité dans les cuves de 25 ou 50 hl en fonction de la quantité de jus récolté par parcelle, grâce à des lignes fixes.

Le débourage

Le débourage est une des étapes les plus importantes dans la vinification des vins blancs. En effet, le choix des bourbes est primordial pour la qualité gustative et le potentiel de garde des vins. Par exemple, les bourbes issues de raisins en sous maturités risquent d'apporter un profil aromatique végétal ainsi qu'une amertume exacerbée. Le domaine travaillant avec beaucoup de bourbes, la sélection doit être réalisée de manière rigoureuse.

Les bourbes sont composées de débris végétaux (fragments de pellicules), de pectines, de composés de la membrane cellulaire du raisin tels que des acides gras, des acides aminés. Elles contiennent également une importante quantité de précurseurs aromatiques. La réincorporation des bourbes au moût avant la fermentation alcoolique a de nombreux effets positifs. En effet, les composés lipidiques, les acides aminés qu'elles contiennent vont permettre aux levures de créer une membrane cellulaire de qualité, paramètre très important pour une fermentation efficace. De plus, les particules vont servir

de support aux levures, favorisant leurs activités. Ces dernières vont aussi pouvoir fixer les acides gras insaturés à chaîne courte, produits par les levures elles-mêmes inhibiteur de la fermentation.

Le domaine a fait le choix depuis plusieurs années de travailler avec une quantité de bourbes plus importantes que les proportions préconisées (150-200NTU) pour les raisons énoncées précédemment. Après un débourbage de 24 heures, les moûts sont soutirés (Image 9 et Image 10) dans une autre cuve ou la fermentation pourra commencer.

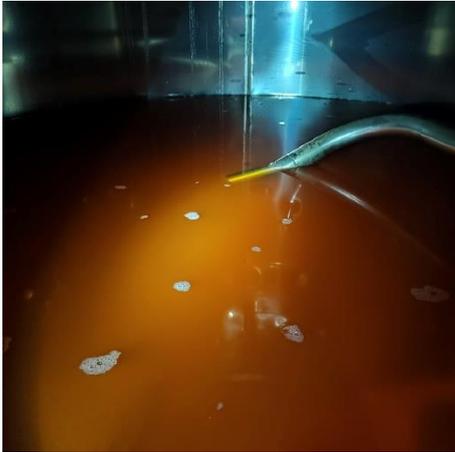


Image 9: débourbage en cours grâce à un coude de débourbage



Image 10: Elimination des éléments grossiers des bourbes



Image 11: Bourbe après soutirage clair du jus

Les bourbes obtenues (Image 11) sont alors dégustées. Si leur aspect et leur qualité organoleptique (faible amertume ou caractère végétal, absence de défauts) sont jugés corrects, elles sont réincorporées au moût soutiré. Pour ce faire, un remontage sans air est réalisé et les bourbes sont introduites par seaux de 20 litres par le haut de la cuve. Une fois la cuve homogénéisée une mesure de turbidité est réalisée à l'aide d'un turbidimètre. Cette année, les turbidités ont été fixées entre 300 et 350 NTU pour les vins avec un élevage en fût et 250-300 NTU pour ceux en cuve. Ce choix a été déterminé du fait d'une bonne maturité des raisins et d'un bon état sanitaire.

Cependant une analyse des moûts est effectuée avant le débourbage. Les échantillons sont envoyés au laboratoire, le plus tôt possible. Ils sont réceptionnés en fin de matinée, puis analysés selon les critères suivants :

Le sucre (g/L), le degré potentiel (16.5g/1%vol), AV, AT, pH, l'acide tartrique, l'acide malique, le potassium et l'azote assimilable.

Cette analyse permet de rectifier les moûts en cas de carence. Le millésime fut marqué notamment par de faibles acidités dues aux fortes chaleurs et au stress hydrique important. Nous pouvons le confirmer par des concentrations en potassium élevées (supérieur à 1500 mg/L). Pour rectifier l'acidité, de l'acide tartrique est alors ajouté.

La plupart des parcelles ont aussi eu des carences en azote assimilable. Dans ce cas, du phosphate di-ammonique est ajouté au moût. Cet ajout est effectué généralement de manière fractionnée. Une partie est ajoutée avant le départ de la fermentation puis après la perte de 20 points de densité.

L'azote ou l'acide tartrique sont ajoutées au moment du réglage de la turbidité par un remontage sans air (travail toujours en tuyau plein pour éviter tout apport d'oxygène).

La fermentation alcoolique

Le levurage

Pour assurer de manière systématique et éviter des fermentations languissantes, le domaine a recours à un levurage. Les levures ZYMAFLOR CX9 de LAFFORT, sélectionnées dans des chais de vinification de Chardonnay, procurent de bons résultats. Il s'agit de levures relativement neutres, permettant un départ en fermentation rapide et homogène. Elles sont ajoutées au moût lors de l'ajustement de la turbidité, à une dose de 20 g/hl après réactivation (pour 500 grammes de levures : 10 litres d'eau à 37°C pendant 20 minutes puis ajouter 5 litres de moût et attendre 10 minutes).

Environ 24 heures après l'ensemencement, la fermentation alcoolique débute. Des arômes fermentaires de banane (acétate d'isoamyle), floral savonneux (octanoate d'éthyle)... apparaissent. Des mesures de densité sont réalisées deux fois par jour, pour suivre l'évolution de la fermentation.

Dès la perte de 20 points de densité, le moût est oxygéné grâce à un remontage aéré. Le volume remonté correspond à la moitié du volume de la cuve. Cette aération est nécessaire au bon déroulé de la fermentation. A ce stade, les levures sont en fin de phase exponentielle. Leurs besoins en oxygène sont de l'ordre de 5 mg/L d'O₂. Une quantité d'oxygène plus importante est apportée par cette aération, pour compenser les pertes causées par le dégagement du dioxyde de carbone. Cet oxygène permet aux levures la synthèse de stérols et d'acides gras insaturés nécessaires à la constitution de membranes qualitatives. L'autre raison de cette opération, réside dans le fait que les levures vont produire des composés soufrés légers tel que le sulfure d'hydrogène (H₂S), responsables des odeurs de réductions. S'agissant de molécules volatiles, un remontage permet leur dégazement.

L'entonnage

A la suite du remontage, le vin est entonné dans des fûts de type bourguignon (228L). Cette opération est réalisée pour toutes les cuvées parcellaires et une partie du Pouilly-Fuissé d'assemblage. Au total en 2022, sur les 750 hl produits, 230 fûts furent remplis soit 70% de la production.

Les contrôles de densité se poursuivent de manière journalière avec une rotation des fûts chaque jour pour avoir une vue d'ensemble de la cuvée. De manière générale, cette année, les fermentations ont été très rapides et se sont terminées au bout de quatre à dix jours, à une température d'environ 25°C.

La stabilisation des vins

Une fois la fermentation alcoolique terminée, les espaces laissés dans les cuves ou les fûts sont alors comblés pour limiter l'oxydation. L'ouillage sera répété chaque semaine pour compenser les variations de niveau du liquide dues aux changements de température.

Les vins dont la fermentation malolactique ne sera pas réalisée seront sulfités à une dose de 5 g/hl.

Des analyses de suivi d'élevage sont réalisées toutes les semaines avec comme paramètres analysés :

- Les SO₂ libre
- Le SO₂ total
- L'acidité volatile

Ces paramètres permettent de veiller à ce que le vin reste constamment protégé face à l'oxygène, en apportant si nécessaire des sulfites pour maintenir une valeur de SO₂ libre entre 25 et 30 mg/L.

Un bâtonnage est réalisé deux fois par semaine avant sulfitage ensuite une fois par semaine puis une fois tous les dix jours. Les lies ayant un pouvoir réducteur très important (capable de consommer jusqu'à 800 µL/l d'oxygène par an) vont permettre de protéger les vins de l'oxydation. Le bâtonnage

va aussi stabiliser les vins en favorisant l'autolyse des levures et la libération de composés tels que les mannoprotéines.

La fermentation malolactique

La fermentation malolactique correspond à la décarboxylation de l'acide malique en acide lactique par l'enzyme malolactique, synthétisée par *Oenococcus oeni*. Il en résulte une diminution de l'acidité totale du fait du passage d'un diacide en un monoacide (Figure 6). De plus, au niveau sensoriel, l'acide malique a un caractère plus dur et asséchant que l'acide lactique.

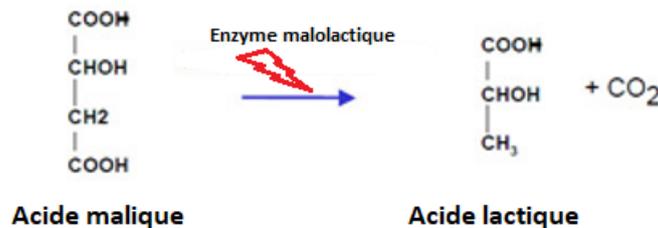


Figure 6 : Equation de la fermentation malolactique

Elle est réalisée pour trois raisons principales :

- La stabilisation microbologique des vins. En effet les bactéries lactiques vont consommer les acides instables ainsi que les hexoses résiduels.
- Diminuer l'acidité lorsque celle-ci est trop élevée.
- Augmenter la complexité aromatique.

Les bactéries lactiques ont de nombreuses voies métaboliques où sont produits des composés aromatiques. Nous pouvons prendre l'exemple du diacétyle, composé aromatique caractéristique des fermentations malolactiques par son caractère beurré. Il va, au cours du vieillissement pouvoir contribuer au bouquet tertiaire en s'associant avec la cystéine, formant le 2-actéylthiazol (au note de noisette, popcorn). En plus des voies chimiques, certains composés sont transformés de leurs formes précurseurs par action enzymatique, comme par exemple la beta-glycosidase (libérant des terpènes, des norisoprénoides ou des lactones glycosidés) ou encore l'estérase (libérant des esters).

Il faut cependant être vigilant sur l'apport aromatique de ces fermentations. Elles peuvent rendre les vins lourds et écoeurants. C'est pour cela qu'au domaine, elles ne sont jamais réalisées entièrement sur l'ensemble des fûts d'une même cuvée. De manière générale, elles sont bloquées pour avoir une fermentation malolactique de l'ordre de 30 à 50 %.

Il en est de même pour l'acidité. Pour certain millésime tel que 2022, les acidités étant faibles, le fait de réaliser une fermentation malolactique peut altérer la structure des vins et renforcer l'amertume, en diminuant trop fortement l'acidité.

Le choix des fûts et cuves où la fermentation malolactique sera réalisée est guidé par la dégustation et les résultats d'analyses.

Des analyses sont réalisées une fois par semaine pour suivre les paramètres suivants :

- Les sucres résiduels
- L'acidité totale
- pH
- L'acidité volatile
- L'acide tartrique
- L'acide malique

- L'acide lactique

Ce suivi permettra, en complément de dégustation, de bloquer les fermentations (par sulfitage à 5 g/hl).

L'élevage

Les vins entrent alors dans la phase d'élevage. Les ouillages continuent d'être hebdomadaires. Les bâtonnages vont au fur et à mesure passer de deux fois par semaine à deux à trois fois par mois. Au mois de juin prochain, ils seront soutirés pour être placés en cuve pour encore environ 8 mois.

Des suivis d'élevage sont réalisés de une à plusieurs fois par mois pour suivre le SO₂ libre (dont la valeur cible est entre 20 et 30 mg/l) et la production d'acides volatils.

Partie III : Expérimentation sur les conditions favorisant l'apparition de la typicité grillée des vins blancs de Chardonnay

Etat de l'art

Le domaine Ferret est en perpétuel amélioration. Chaque année, des essais sont réalisés pour faire évoluer ses pratiques viticoles et œnologiques. L'objectif est de proposer pour chaque millésime, un vin de garde consommable dans la jeunesse mais dont le vieillissement enrichira sa complexité aromatique et renforcera sa typicité.

J'ai ainsi au cours de mon stage réalisé une étude dans le but d'identifier certaines des étapes favorisant l'apparition du caractère grillé des vins blancs de Chardonnay.

La notion de vin de garde et de typicité

Définir ces deux notions me semble important car elles sont au centre de cette expérimentation.

Un vin de garde se caractérise au travers de plusieurs paramètres. Nous pouvons citer dans un premier temps le potentiel d'évolution. Il comprend : le potentiel d'apparition du bouquet de vieillissement. Il ne faut pas confondre deux termes : l'arôme et le bouquet. En effet l'arôme caractérise le caractère sensoriel des vins jeunes (arôme variétal et fermentaire) tandis que le bouquet s'associe au vieillissement (Peynaud, Blouin 2006). Son apparition est encore aujourd'hui mal documenté, dû à la diversité et la complexité des réactions chimiques le créant (Tempere, Picard 2017). Un grand vin doit évoluer vers cette composante tertiaire tout en gardant une partie des arômes primaires qui caractérisent sa jeunesse. Cela n'est possible que si le processus d'oxydation est lent et maîtrisé. L'élevage en barrique permet d'avoir un impact non négligeable sur cet apport d'oxygène. En effet la barrique peut être considérée comme étant un milieu oxydant comparé à celui de la bouteille qui est réducteur (Picard 2016). C'est donc l'équilibre de cette oxydoréduction qui va permettre l'apparition du bouquet de vieillissement. Il existe cependant une valeur limite d'oxydoréduction à partir de laquelle le bouquet ne se développera pas, qui est de 200 mV (Ribéreau-Gayon, Glories 2012). Il est assez difficile d'analyser ce potentiel dans les vins à cause de la matrice en elle-même. En effet, le nombre de couple d'oxydoréduction est très important (Picard 2016).

Ensuite, un autre paramètre entrant dans les caractéristiques d'un grand vin, est la typicité. Elle correspond à sa propriété d'appartenance à un type de vin distingué et identifié par un groupe de références (des dégustateurs professionnels). Elle ne doit surtout pas être confondue avec la conformité à une norme mais doit à l'inverse comprendre une variabilité interne vis-à-vis de cette notion d'idéotype (Casabianca 2012)(Salette 1997). Chaque vin est ainsi différent mais certaines caractéristiques peuvent se retrouver au sein d'un même groupe. Le vin doit pouvoir être différencié de ceux ne faisant pas partie de sa catégorie mais doit être reconnaissable parmi les siens (Picard 2016). Les limites d'identification d'appartenance à une famille peuvent malgré tout être floues. Des points d'appartenance à un groupe peuvent se retrouver dans d'autres, rendant la limite ambiguë (Picard 2016). La typicité prend en compte le terroir, c'est-à-dire les caractéristiques climatiques, pédologiques et celles du relief propres à un endroit donné. Elle va également prendre en compte les pratiques viticoles (travaux, date de vendange...) et œnologiques associées à ce terroir. En effet, certaines pratiques vont standardiser le potentiel des vins. Par exemple, une mauvaise gestion de l'oxygène va entraîner un vieillissement prématuré du vin entraînant la perte de l'arôme fruité, la

formation de méthional (odeur de pomme de terre cuite), de sotolon (odeur de noix) ou encore de phénylacétaldéhyde (odeur lourde, de jacinthe).

Il faut faire attention à ne pas faire de généralités. Un vin typique n'est pas systématiquement signe de qualité. En effet, un vin ne disposant d'aucune typicité peut être de grande qualité (Cadot 2006).

La notion de qualité est difficile à décrire pour un produit complexe comme le vin. Sa qualité peut malgré tout être définie au travers de ses arômes, de son bouquet, sa complexité, sa netteté, sa longueur, du fait qu'il soit inimitable et des préférences personnelles de chacun (Jackson 2022).

La composition aromatique des vins de Chardonnay

Le Chardonnay n'est pas un cépage aromatique comme peut l'être le Muscat ou encore le Gewürztraminer. Les composés aromatiques sont sous formes de précurseurs dans les raisins ou les moûts. Ils sont soit associés à d'autres composés tel que le glucose (forme glycosylé non volatile, qui sera libéré par une réaction chimique ou enzymatique) ou sous forme volatile peu odorante (Gambetta et al. 2014). Certains composés se trouvent cependant sous forme libre. Nous pouvons citer certains C13-norisoprénoides, terpènes ou encore des dérivés benzéniques (Sefton, Francis, Williams 1993). Ce sont les fermentations alcooliques et malolactiques qui vont permettre l'expression aromatique de ces molécules.

La composition aromatique d'un vin de Chardonnay réside dans un mélange complexe de plusieurs familles chimiques. Dans son espace de tête, plus de 243 molécules ont été détectées. Elles appartiennent aux familles chimiques suivantes : C13-norisoprénoides, esters, alcools, thiols, monoterpènes, phénols et lactones (Gambetta et al. 2014). La concentration de chacun de ces composés n'est pas l'unique paramètre à prendre en compte. En effet, le seuil de détection est un élément majeur. La β -damascenone ou le 3-oxo- α -ionol1,1,6-triméthyl-1,2-dihydronaphtalène (TDN) sont par exemple présents dans les vins à des concentrations très faibles (de l'ordre d'une dizaine de $\mu\text{g/L}$) (Gambetta et al. 2014; Simpson, Miller 2016). Cependant grâce à leur seuil de détection très bas (de l'ordre de quelques $\mu\text{g/L}$ dans le vin) leur impact sur les vins n'est pas négligeable (Gambetta et al. 2014; Simpson, Miller 2016).

L'apport aromatique de l'ensemble de ces familles chimiques sont l'un des piliers de la typicité d'un vin de Chardonnay.

Les C13-norisoprénoides, proviennent de la dégradation de caroténoïdes (Violaxanthine, Neoxantine...) soit durant la maturation des baies (Baumes, Wirth 2002) soit en milieu acide dans le vin. L'apport aromatique de cette famille va du caractère floral (rose, mélisse) avec la β -damascenone (Gambetta, Bastian, Cozzolino 2014) au caractère épicé avec la Vitispirane en passant par le kérosène avec le TDN.

Une autre famille très importante dans la composition aromatique est les esters. Deux types d'esters se trouvent dans le vin : les esters d'alcool supérieur et les esters éthyliques d'acides gras. Ils sont formés au cours de la fermentation alcoolique, respectivement par voies enzymatique et chimique. Il a aussi été montré que les fermentations malolactiques avaient elles aussi un impact positif sur la formation des esters (Verstrepen et al. 2003; Antalick, Perello, de Revel 2014). En effet, les bactéries lactiques disposent du gène codant une enzyme estérase. Ainsi la teneur en certains esters va augmenter après la fermentation malolactique.

Les thiols sont présents dans les vins de Chardonnay à des seuils bien moindres que dans des vins de Sauvignons blanc mais ils n'en restent pas moins importants. Grâce à des seuils de détection très bas (de l'ordre du ng/L voir moins), leur impact aromatique est important. Ils apportent des notes de fruits

tropicaux, d'agrumes et de citron grâce aux 3-sulfanylhéxan-1-ol (3-SH), 3-sulfanylhéxyl acétate (3-SHA) et au 4-méthyl-4-sulfanylpropan-2-one (4-MSP). L'apport aromatique des thiols va aussi être caractérisé par des arômes de viande grillée, de torréfaction ou encore de fruits à coque. Certains composés peuvent expliquer ces descripteurs. Nous pouvons citer le benzylméthanthiole (BM) connu pour ses arômes de pierre à fusil, le 2-furfurylthiol (FFT) ou le 2-méthyl-3-furanthiol (2M3F) développant des notes fumées ou de viande grillée (Gammacurta, Gros, Lavigne 2019). Ces molécules concourent au développement du caractère empyreumatique des vins de Chardonnay. Les notes de fruits à coques, régulièrement citées lors de dégustations ont récemment été identifiées. Elles peuvent être expliquées par la présence dans les vins de thiopyrroles. Ces derniers ont un seuil de détection très bas (de l'ordre de quelques ng/L) (Gammacurta, Gros, Lavigne 2019). Les composés identifiés sont au nombre de deux : le 1-méthylpyrrole-2-méthanethiol ou méthylthiopyrrole (MTP) et le 1-éthylpyrrole-2-méthanethiol ou éthylthiopyrrole (ETP).

D'autres composés tels que les lactones, les gaïacols, les éthylphénols, les vinylphénols sont aussi très importants dans la typicité des vins de Chardonnay. Ils proviennent essentiellement d'un élevage en barrique sur lies (Gambetta, Bastian, Cozzolino 2014).

Ces composés aromatiques participent tous en synergie à la typicité des vins de Chardonnay.

L'importance des fermentations sur bourbes

Nous avons pu voir précédemment les familles chimiques responsables de la typicité des vins blancs de Chardonnay. Des pratiques sont aujourd'hui connues pour favoriser leurs formations. Il s'agit en partie de l'utilisation de bourbes. En effet, la réalisation des fermentations alcooliques et malolactiques sur bourbes, vont permettre d'avoir un impact significatif sur l'arôme et le bouquet du vin (Gros, Lavigne, Thibaud 2017; Liberatore et al. 2010; Izquierdo-Cañas, Mena-Morales 2016). Les bourbes sont composées de particules solides provenant des rafles et des baies. Il peut s'agir de fragments de pellicules, de pulpes, de rafles, de pépins... (Ribéreau-Gayon, Dubourdieu 2020). Les bourbes sont en grande partie retirées avant les fermentations pour plusieurs raisons. Elles peuvent apporter au vin un caractère amer et végétal. Elles vont également libérer dans le milieu des acides gras à longue chaîne (principalement de l'acide oléique et linoléique). Plus la quantité de bourbes est importante plus l'extraction est conséquente. Ces acides gras vont favoriser l'absorption par les levures de la méthionine, acide aminé précurseur du méthionol (responsable de la réduction des vins). Malgré tout, les bourbes sont nécessaires au bon déroulement de la fermentation. Elles servent aux levures de support, adsorbent les acides gras à courte chaîne (déchets de la fermentation et inhibiteurs levuriers). Ainsi, plus la quantité de bourbes est importante plus la fermentation sera rapide et tumultueuse. Il a ainsi été défini une plage de turbidité optimale au bon déroulement des fermentations sans déviation aromatique qui est de 150 à 250 NTU (Ribéreau-Gayon, Dubourdieu 2020).

Comme expliqué précédemment, les esters sont formés au cours de la fermentation alcoolique pour la grande majorité et lors de la fermentation malolactique (FML) pour une plus faible minorité. Réaliser ces étapes de fermentation sur lies va augmenter la quantité d'esters produits pour deux raisons. La première est que les bourbes vont être une importante source de précurseurs. En effet, la majorité des précurseurs aromatiques se trouvant dans la pellicule, un contact prolongé de ces fragments permet d'augmenter leur extraction (Dufourcq, Nardi, Geffroy 2013). L'autre raison est que les bourbes vont libérer des acides gras (Liberatore et al. 2010). Les conditions du milieu sont favorables aux réactions entre les acides gras et l'éthanol permettant la formation d'esters éthyliques d'acides gras (Liberatore et al. 2010). Le principe est le même avec la fermentation malolactique. En effet, grâce aux estérases produites par *Oenococcus oeni* et à l'accroissement de précurseurs disponibles, la production d'esters sera augmentée (Izquierdo-Cañas, Mena-Morales 2016).

Les esters ne sont pas les seules molécules impactées. Il en est de même pour les terpènes, les C13-norisoprénoïdes ou encore les thiols (Liberatore et al. 2010; Izquierdo-Cañas, Mena-Morales 2016).

Il ne faut pas confondre les bourbes et les lies. Les lies sont le résultat du mélange entre les produits de dégradation des bourbes par des enzymes pectolitiques et des levures mortes ainsi que leur contenu cellulaire. Les bourbes sont donc présentes avant et au début de la fermentation puis se transforment en lies au cours de la fermentation alcoolique.

L'élevage en fût sur lies totales

L'élevage en fût sur lies a de nombreux effets positifs tant sur la qualité aromatique que la stabilité des vins.

Les premiers effets bénéfiques apparaissent dès la fermentation alcoolique. De nombreux composés sont libérés par le bois tels que des aldéhydes phénols avec la vanilline, des phénols volatils avec l'eugénol ou encore des lactones avec b-méthyl- g-octa-lactone (Chatonnet, Dubourdieu 1992).

Les levures vont permettre une meilleure intégration du caractère boisé en réduisant certains composés comme la vanilline, au seuil de détection bas (68 ng/L), en alcool vanillique, au seuil de détection beaucoup plus élevé (50 mg/L) (Chatonnet, Dubourdieu 1992; Gros, Lavigne, Thibaud 2017). De plus, les lies vont permettre d'adsorber une partie de ces composés, d'où une diminution de leur concentration (Chatonnet, Dubourdieu 1992). Cette explication pour la vanilline est aussi vraie pour les phénols volatils, les lactones ou encore le furfural. Il en ressort ainsi un caractère boisé plus fondu et plus agréable que si le vin avait été entonné après fermentation alcoolique.

Un autre composé important dans la typicité des vins de Chardonnay, résultant d'un élevage en fût, est le 2-furanéméthanthiol ou furfurylthiol. Il est caractérisé par des arômes de café, de torréfaction ou encore de viande grillée. Il est formé à partir du furfural apporté par le bois, par les levures au cours de la fermentation. Le groupement carbonyle du furfural est remplacé par un groupement thiol à partir du sulfure d'hydrogène (Blanchard, Tominaga, Dubourdieu 2001; Gros, Lavigne, Thibaud 2017; Liberatore et al. 2010). Le composé formé voit son seuil de perception grandement diminué (0.4 ng/L), par rapport à son précurseur (quelques mg/L) (Blanchard, Tominaga, Dubourdieu 2001). La réaction est d'autant plus importante que les conditions du milieu sont propices à la synthèse de sulfure d'hydrogène (milieu riche en cystéine et pauvre en azote) (Blanchard, Tominaga, Dubourdieu 2001).

Autres caractéristiques intéressantes des lies sont leur aptitude à fixer certains composés tels que certains thiols volatils (responsable de la réduction des vins) par la création de ponts disulfures entre le groupement SH des thiols et ceux de la cystéine membranaire. L'interaction des polysaccharides de la levure avec les composés phénoliques du vin et du bois y participe aussi (Lavigne 1995). En effet, les levures produisent des polysaccharides exo cellulaires qui vont fixer les ellagitannins (polysaccharides du bois) (Lavigne 1995). Ainsi, en plus de l'atténuation du bois, de la limitation de l'apparition de la réduction, les phénomènes d'oxydation et de goûts amers dus aux tannins du chêne sont limités par les lies.

Comme évoqué dans la partie sur la composition aromatique des vins de Chardonnay, une nouvelle famille responsable du caractère grillé a été identifiée. Il s'agit des pyrroles. Ces derniers ont une origine variétale. En effet, ils sont retrouvés dans des vins exclusivement vieillis en cuve inox. Mais la principale voie d'apport des pyrroles reste le bois (Gammacurta, Laboyrie, Prida 2021; Gros, Lavigne, Thibaud 2017; Gammacurta, Gros, Lavigne 2019). Il a été démontré que cet apport était plus important avec l'utilisation de fûts neufs par rapport à des fûts de 1 vin ou plus (Gammacurta, Gros, Lavigne 2019). Les pyrroles suivent le même principe que le furfural. En effet, la concentration en pyrrole dans les vins est inférieure à leur seuil de détection (de l'ordre de quelques µg/L). Les pyrroles suivent une

transformation pour devenir des dérivés de méthane thiols. A ce jour, deux de ces dérivés ont été identifiés dans le vin : le 1-méthylpyrrole-2-méthane thiol, ou méthylthiopyrrole (MTP) et le 1-éthylpyrrole-2-méthane thiol, ou éthylthiopyrrole (ETP) (Gammacurta, Gros, Lavigne 2019; Gros, Lavigne, Thibaud 2017). Un impact potentiel de la fermentation alcoolique ou malolactique est envisagé mais sans certitude avec les connaissances actuelles (Gammacurta, Laboyrie, Prida 2021).

Outre l'impact sensoriel, l'élevage en fût sur lies concourt à la stabilité des vins à différents niveaux. Le premier va être la stabilisation protéique et tartrique grâce aux mannoprotéines libérées par l'autolyse des levures. Le deuxième niveau va être sur les phénomènes d'oxydoréduction. Les lies ont une grande capacité d'absorption de l'oxygène (de l'ordre de 400 à 800 mg/L/mois). Ainsi, elles protègent le milieu d'une oxydation prématurée, caractérisée par un brunissement du vin, une perte aromatique importante entraînant la perte de la typicité du vin. Grâce à leur pouvoir réducteur, les lies vont favoriser l'apparition du caractère grillé des vins de Chardonnay. La capacité d'absorption de l'oxygène des lies est à mettre en relation avec la libération du glutathion. Ce composé est très important dans la gestion de l'oxygène dans les vins. En effet, ces propriétés chimiques lui permettent de réagir avec l'oxygène mais aussi avec les quinones. Sa réactivité lui permet de réagir plus rapidement que des molécules aromatiques.

Conclusion

Les notions de vin de garde et de typicité définissent un grand vin. Nous pouvons mettre en relation ces deux notions. Si l'on prend l'exemple des Chardonnay de Bourgogne, leur typicité est caractérisée par des notes florales de fleurs blanches, fruitées citronnées ou encore de verveine. Elle va aussi évoluer vers des notes empyreumatiques, de café, de viande grillée, de torréfaction et surtout de fruits à coque (noisette fraîche ou grillée, d'amende). Ces composés aromatiques apparaissent seulement dans des conditions réductrices avec un apport en oxygène précis et faible (dû à la micro oxygénation du bois soit de 16 à 40 mg/L/an). En effet, si l'on regarde les méthylthiopyrroles (responsable de la typicité grillée), nous pouvons voir qu'ils ne sont pas détectés dans des vins ayant subi une oxydation prématurée (Gammacurta, Gros, Lavigne 2019). Ainsi ce bouquet est le signe que le vin dispose des conditions idéales pour une grande garde.

Le domaine cherche donc à déterminer les étapes permettant de favoriser l'expression de cette typicité et notamment la typicité grillée. Le but de cette expérimentation est de s'orienter sur le niveau de bourbes et l'âge des fûts, paramètres semblant essentiels à l'apparition de cette typicité.

Matériel et méthode

Choix de la parcelle d'essai

Les parcelles choisies pour réaliser l'expérimentation sont deux parcelles de 56,2a (numéro cadastrale B 0598) et de 45,92a (numéro cadastrale B 0622 et B 0626) pour un total de 1,02ha. Le climat porte le nom « Les Croux ». Le choix de ces parcelles a été décidé vis-à-vis du volume de vin nécessaire pour réaliser l'expérimentation. En effet, comme nous allons le voir dans la prochaine partie, l'expérimentation nécessite 15 fûts de 228L soit 3,3 hl. Le climat « les Croux » avec ces 1,02ha semble un choix judicieux.

La parcelle est plantée sur CALCOSOL (figure 2), avec les clones 548 et B76, greffés sur 41B, 5BB et 3309C.

Mise en place de l'expérimentation et choix des modalités

L'essai est conduit sous deux axes : La turbidité des moûts ainsi que l'âge des fûts.

L'objectif étant de voir :

- Si avec une turbidité croissante, le milieu est plus propice à l'expression de la typicité grillée.
- Si l'âge du fût a un impact sur l'expression de la typicité grillée.

L'organisation de l'essai suit le plan suivant (figure 7) :

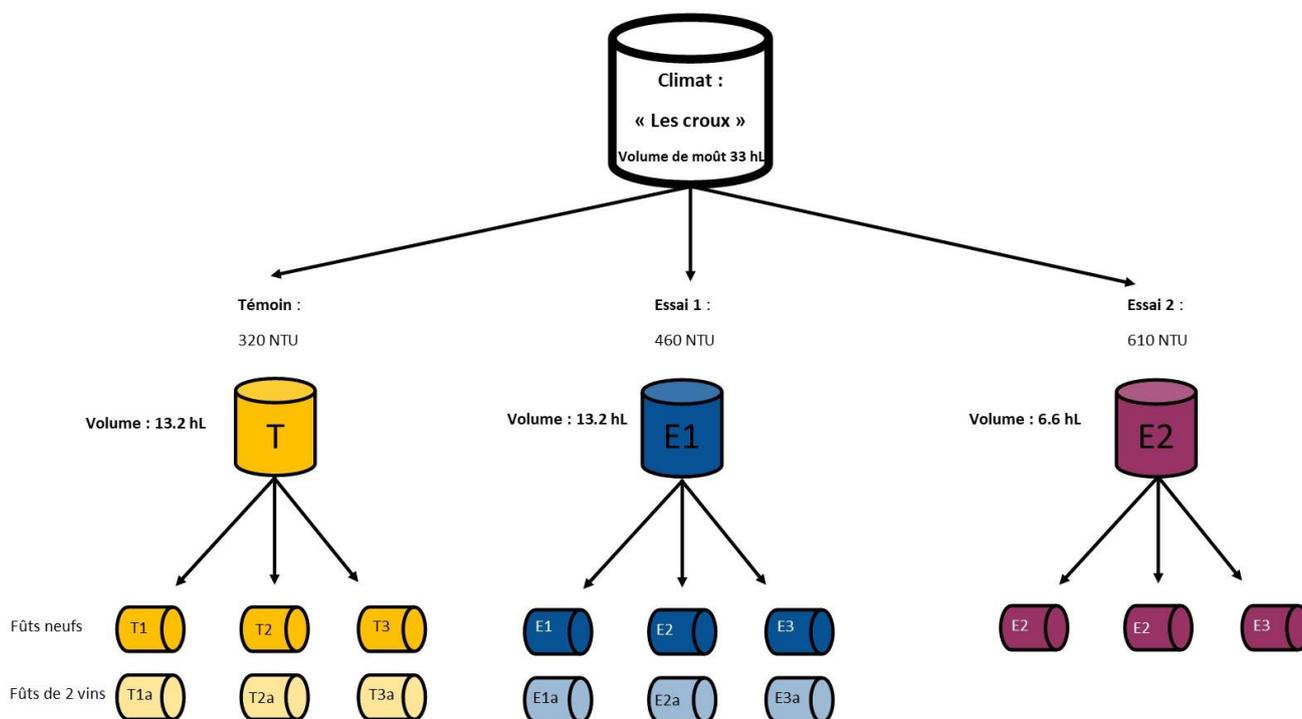


Figure 7 : organisation et paramètres théoriques de l'expérimentation

La vendange (réalisée 01/09/2022) a été pressée pour la première parcelle (cuvée 25a) par le pressoir de la marque Willmes et pour l'autre parcelle (cuvée 25b) par le pressoir de la marque Flath. Au total 36,7 hl de moût ont été extrait soit un rendement de 36,05 hl/ha.

Tableau 4 : Résultat d'analyse du climat « les Croux », cuvée 25

Cuvée	Cuvée 25a	Cuvée 25b
Sucre g/L	218,5	212,5
Degrès potentiel (16,5g/1%vol)	13,24	13,88
AV (g/LH ₂ SO ₄)	/	/
AT (g/LH ₂ SO ₄)	4,12	4,19
pH	3,36	3,43
Acide tartrique (g/L)	4,9	4,7
Acide malique (g/L)	2,6	3,1
Potassium (mg/L)	1585	1720
azote assimilable (mg/L)	68	76

Une fois la vendange pressée, la totalité du moût est placée dans deux cuves de 25hl. Un enzymage à 1 mL/hl est réalisé. La dose totale de SO₂ ajouté est fixée à 4,5 g/hl.

Des analyses ont été effectuées sur les deux cuvées obtenues et ont donné les résultats suivants (tableau 4) :

Nous pouvons voir une carence en azote sur l'ensemble de la cuvée (inférieure à 140 mg/L) ainsi qu'une acidité trop basse (tableau 4).

Après un débouillage d'environ 8 heures, le moût des deux cuves est soutiré dans une cuve de 50hl, pour homogénéiser le lot et éviter d'avoir d'une part un biais dû à la parcelle et d'autre part un biais dû au pressoir utilisé (extraction différente, oxygénation plus ou moins importante...).

Une correction de l'azote assimilable est réalisée au levurage par l'ajout de phosphate diammonique à 25 g/hl ainsi qu'une correction de l'acidité par l'ajout d'acide tartrique à 50 g/hl.

Un levurage est réalisé à 20 g/hl, avec les levures ZYMAFLOR CX9 de LAFFORT.

A ce stade, les 35,5 hl* de moût sont réparties dans 3 cuves (figure 7):

- Une cuve de 25 hl pour le témoin (volume de moût effectif de 15,7 hl)
- Une cuve de 25 hl pour la modalité 1 (volume de moût effectif de 13,2 hl)
- Un cuvon de 6,6 hl pour la modalité 2 (volume de moût effectif de 6,6 hl)

*La différence de volume entre les 3 cuves et le volume initiale est liée aux bourbes qui ne seront pas réincorporées au moût.

La turbidité

L'essai sur la turbidité concerne la quantité de bourbes apportée au moût avant fermentation. Trois niveaux ont été choisis :

- le témoin (T) : correspond à une turbidité de 320 NTU.

Il a été sélectionné pour être représentatif vis-à-vis de la turbidité générale choisie pour l'ensemble des cuvées du millésime (entre 250 et 350 NTU).

- l'essai 1 (E1) : Correspond à une turbidité de 460 NTU.
- l'essai 2 (E2) : Correspond à une turbidité de 620 NTU.

La turbidité est ensuite ajustée par l'ajout de seaux de bourbes. Seules les bourbes de la cuvée 25b ont été utilisées pour ajuster la turbidité du témoin et des deux modalités. Un remontage sans air est réalisé pour l'incorporation des bourbes. Après cinq minutes deux mesures de turbidité sont réalisées pour s'assurer d'une parfaite homogénéisation.

Les fûts

Deux âges de fûts sont utilisés :

- Des fûts neufs
- Des fûts de deux vins

Le choix d'utiliser deux âges de fût et de vérifier les résultats (Gammacurta, Gros, Lavigne 2019) de l'apport des pyrroles par le bois mais aussi de mettre en interaction cette modalité avec une turbidité croissante dans l'hypothèse de montrer une synergie entre les deux modalités.

Pour la modalité 2 (figure 7), seuls des fûts neufs sont utilisés. En effet, à une telle turbidité (610 NTU) le risque de réduction est très important (Ribéreau-Gayon, Dubourdiou 2020). Les fûts neufs, ayant une micro oxygénation plus importante que les fûts âgés, limitent l'apparition de réduction grâce à un milieu plus oxydant.

Suivi des fermentations alcooliques et malolactiques

Des mesures densimétriques sont réalisées deux fois par jours jusqu'à la perte de 20 points de densité. Etant donné que le cuvon de 6,6 hl ne pouvait pas être thermo régulé, aucune des cuves ne l'a été. Des analyses sont réalisées au cours de la fermentation (tableau 6).

Pour la fermentation malolactique, les vins ont étéensemencés avec des *Oenococcus oeni* Viniflora CH 35 de Hansen. Le suivi des fermentations malolactiques est réalisé en suivant la diminution de l'acide malique et la formation de l'acide lactique.

Analyses réalisées

Différentes molécules vont être dosées au cours des vinifications et de l'élevage. En effet, certaines molécules sont des marqueurs de la typicité des vins de Chardonnay. Ainsi pour quantifier cette typicité plusieurs molécules de références sont dosées.

Tableau 5 : molécules analysées au cours de l'expérimentation

Composé	Abréviation	Descripteur	Seuil de détection*
3-sulfanylhexasol	3SH	Agrume	60
acétate de 3-sulfanylhexasol	A3SH	Pamplemousse	60
4-méthyl-4-sulfanylpentan-2-one	4MSP	Buis, genêt	0.8
ethyl-3-sulfanylpropionate	Et3SPr	eumphyreumatiques	
ethyl-2-sulfanylpropionate	Et2SPr	eumphyreumatiques	
2-furfurylthiol	FFT	Viande grillée, fumée	0.4
benzenemethanethiol	BM	Pierre à fusil	0.3
1-ethylpyrrole-2-carboxaldéhyde	EPC	Noisette grillée, fumée	700 000
1-méthylpyrrole-2-carboxaldéhyde	MPC	Noisette, sésame	13 600 000
2-acéthylpyrrole	AP	Noisette grillée	94 100 000
1H-pyrrole-2-carboxaldéhyde	PC	Noisette, amende	21 300 000

*Seuil de détection dans un milieu modèle : solution hydroalcoolique en ng/L

La prise d'échantillon est réalisée dans le fût avec une pipette. Le vin est prélevé dans la masse quelques jours après le bâtonnage. L'échantillon est stocké en bouteille de 33 cl (préalablement inertée au CO₂), sulfité à 10 g/hL et bouché à l'aide de bouchons agglomérés (DIAM® 10).

Deux modes d'analyse seront utilisés en fonction de la famille chimique des molécules. Pour les pyrroles (EPC, MPC, AP, PC (tableau 5)), une extraction sur phase solide (SPE) suivie d'une analyse par chromatographie sur phase gazeuse (Agilent 6890N chromatographe en phase gazeux) couplée à une détection par spectroscopie de masse (GC-MS) (MSD 5973, Agilent Technologies Inc) sont réalisées. Deux µL d'échantillon d'extrait organique sont injectés en mode splitless (température de l'injecteur : 240°C, temps du splitless : 0.75 min), dans une colonne capillaire BP20 (50 m*0.22mm, de 0.25 mm d'épaisseur, SGE, Courtaboeuf, France). Le gaz vecteur utilisé est de l'hélium N60 avec un débit de 1 mL/min. Le four a été programmé à 45°C la première minute puis chauffé à 3°C/min jusqu'à 185°C puis à 10°C/min jusqu'à 240°C. La température a été maintenue pendant 20 minutes. La ligne de transfert entre le chromatographe et la spectroscopie de masse a été chauffée à 250°C. Le spectromètre de masse est réglé à 70 eV sur le mode « select-ion-monitoring » (SIM) (Gammacurta, Laboyrie, Prida 2021; Gammacurta, Gros, Lavigne 2019).

Pour les thiols, l'extraction est réalisée comme suit :

Dans un tube, 20 ml d'échantillon et 400µl d'EDTA (à 30 mg/L) sont enrichis en 4-methoxy-a-toluenethiol. 6 ml de ebselen à 0.1 mM sont ajoutés à du dichlorométhane puis passé au vortex pendant 1 minute (4000 rmp, 15 min). 1 ml de la phase de dichlorométhane est prélevé, séché sous un flux de nitrogène et dissout dans 0.1 ml de méthanol. L'échantillon est ensuite analysé par HPLC utilisant une pompe Surveyor MS Plus couplé avec un échantillonneur automatique Accela Open équipé d'une boucle de 10µl. La colonne utilisée est une Luna C18 (150*2.1mm, 5µm). L'élution est réalisée à un débit de 200µl/min avec comme solvant A de l'eau et B du méthanol tous deux contenant du formate d'ammonium à 10mM. Le gradient de solvant est de 50% A/50% B pendant 2 min jusqu'à 100% B en 18 min. La détection est réalisée par HRMS avec un Orbitrap-Exactive-HCD équipé d'une source électrospray (H-ESI II).

Ces analyses sont réalisées à différents stades :

- Avant fermentation alcoolique (uniquement sur les pyroles)
- Après fermentation alcoolique
- Après fermentation malolactique
- Après plusieurs mois d'élevage

Seules les analyses avant et celles après fermentation alcoolique ont été réalisées à ce jour. Les analyses après fermentation malolactiques seront réalisées début janvier. Les résultats seront présentés au cours de la soutenance orale.

Une analyse sensorielle sera également réalisée au mois de mars. Ces molécules provenant majoritairement au cours de l'élevage, réaliser une analyse sensorielle à cette période n'a que peu de sens. Les résultats de cette analyse seront ainsi présentés lors de la soutenance orale de ce mémoire.

Résultats et discussion

Cinétiques fermentaires

D'après le tableau 6, nous pouvons voir que les paramètres analytiques étudiés (hors le sucre), sont identiques au cours de la fermentation alcoolique. La turbidité n'as donc pas d'impact sur la composition analytique (tableau 6) des vins.

Tableau 6 : Analyse des vins au cours de la fermentation alcoolique

Date	10-sept			15-sept			28-sept			
	T	E1	E2	T	E1	E2	T	E1	E2	
Cuvée										
Sucre g/L	8,6	4,9	2,1	1,6	1,4	1,3	0,9	0,8	0,7	
Degrès potentiel (16,5g/1%vol)	13,26	13,29	13,19	13,19	13,21	13,1	13,3	13,31	13,19	
AV (g/LH2SO4)	0,16	0,15	0,15	0,19	0,19	0,18	0,2	0,2	0,19	
AT (g/LH2SO4)	4,39	4,36	4,5	4,22	4,28	4,44	4,16	4,2	4,36	
pH	3,3	3,3	3,29	3,3	3,3	3,29	3,33	3,32	3,32	
Acide tartrique (g/L)	4,1	4,1	3,9	3,5	3,6	3,5	3,1	3,1	3	
Acide malique (g/L)	1,8	1,7	1,9	2	2	2,2	1,8	1,8	1,9	

Nous pouvons voir une différence sur l'évolution de la densité entre le témoin et E1 vis-à-vis de E2. En effet, la chute de densité est plus rapide pour E2. La fermentation se termine en moins de 4 jours. Ceci est tout à fait explicable. En effet, avec un tel niveau de bourbes, les levures ont une telle quantité de supports et de substrats pour réaliser la fermentation, que celle-ci devient tumultueuse. C'est aussi pour cette raison que la température augmente plus rapidement et plus intensément (jusqu'à 28°C) (figure 8). De plus, s'agissant d'un petit contenant (6,6 hl) par rapport aux cuves de 25 hl, la cinétique de réchauffement est plus importante.

Entre le témoin et E1 aucune différence n'est perceptible que ce soit sur l'évolution de la densité que sur la température. Dans les deux cas les fermentations s'achèvent au bout de 9 jours. Les fermentations atteignent au maximum 27°C. Les températures de fermentation augmentent au-dessus de la température maximale conseillée (25°C). En effet, les cuves n'étant pas thermo régulées, il est tout à fait normal que de telles températures soient atteintes (figure 8).

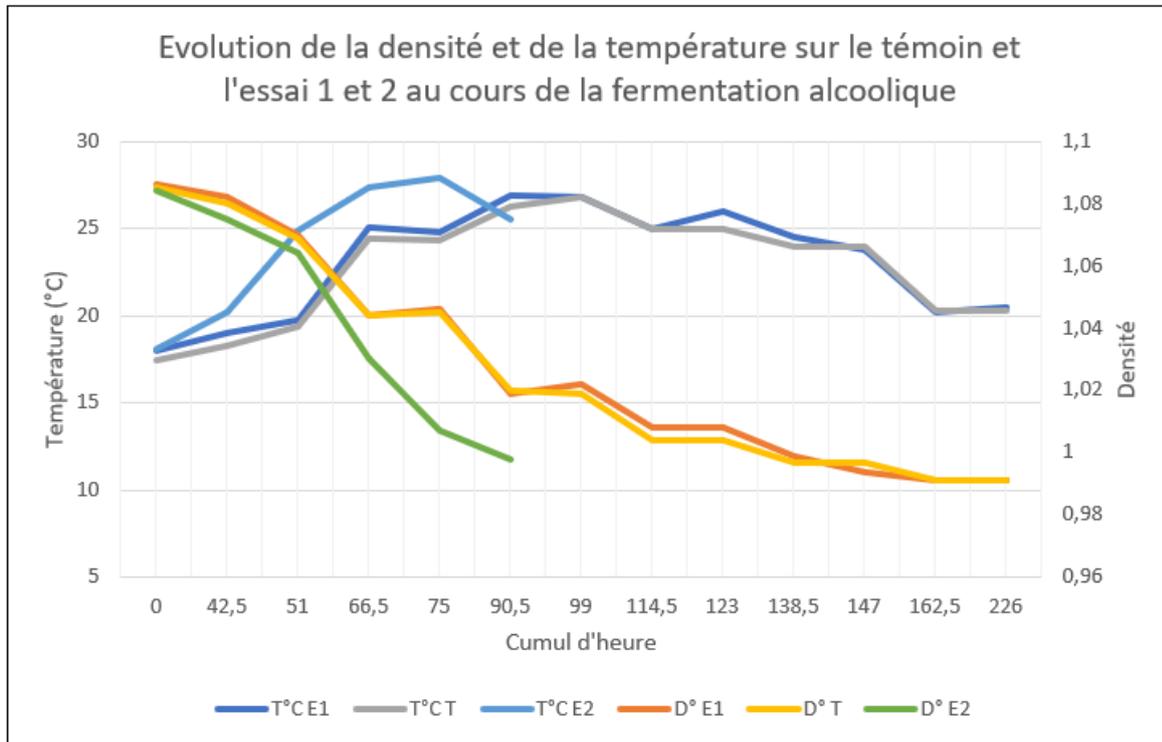


Figure 8 : Evolution de la densité et de la température sur le témoin et l'essai 1 et 2 au cours de la fermentation alcoolique

Les fermentations malolactiques ont été bloquées à 50%. En effet, en raison de l'acidité totale assez faible et de la faible teneur en acide malique (inférieur à 2 g/L), les fermentations malolactiques ont été bloquées pour garder de la tension et de la fraîcheur dans les vins.

Résultats de la modalité : turbidité

Aucune différence significative n'est observable, après fermentation alcoolique sur la concentration en pyrrole, dans les fûts neufs et les fûts de deux vins vis-à-vis de la turbidité (figure 9 et 10). Comme l'ont démontrées les publications (Gammacurta, Laboyrie, Prida 2021; Gammacurta, Gros, Lavigne 2019; Gros, Lavigne, Thibaud 2017), la majorité des pyrroles présentes dans les vins provient d'un élevage en fût. Une autre hypothèse qui à ce jour n'est pas résolue, est que les pyrroles pourraient se trouver sous forme de précurseur et ainsi apparaître au cours de l'élevage par voie chimique ou enzymatique.

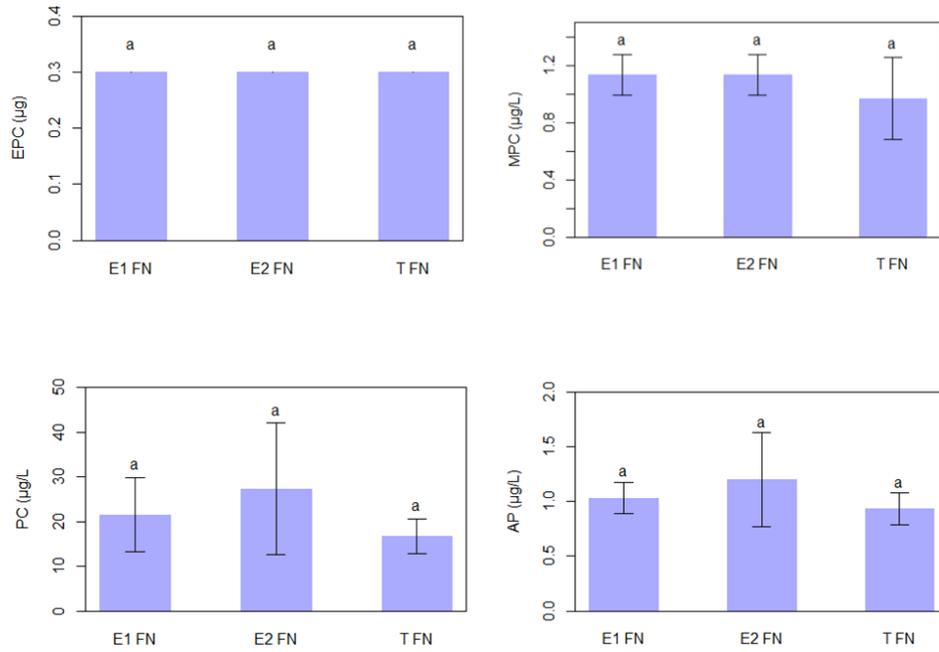


Figure 9 : Concentration en EPC, PC, MPC et AP en fonction de la turbidité sur fûts neufs après fermentation alcoolique (test statistique : test de kruskall wallis au seuil de 5%)

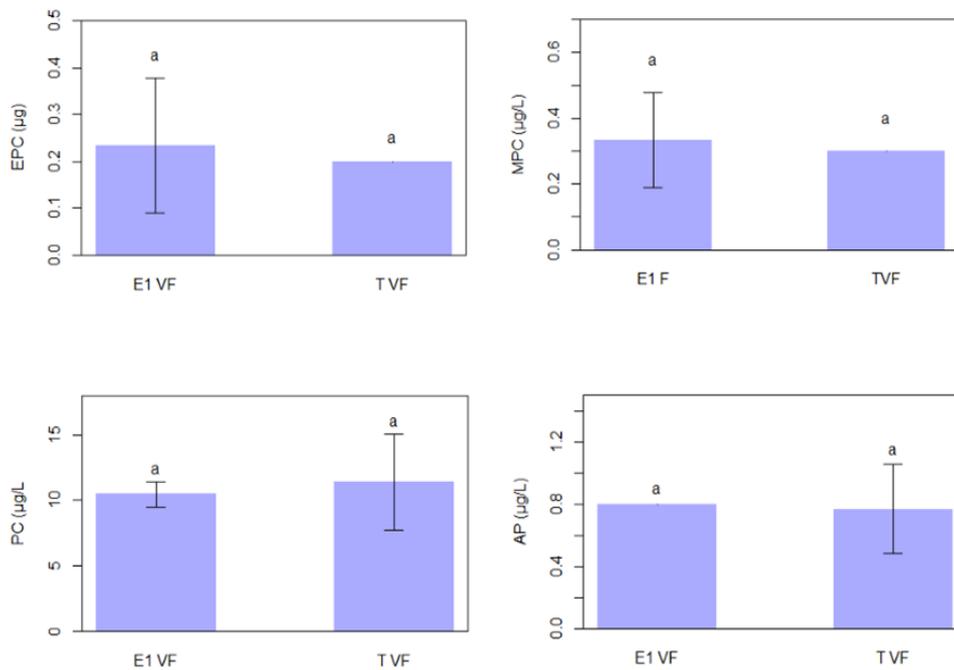


Figure 10 : Concentration en EPC, PC, MPC et AP en fonction de la turbidité sur fûts de 2 vins après fermentation alcoolique (test statistique : test de kruskall wallis au seuil de 5%)

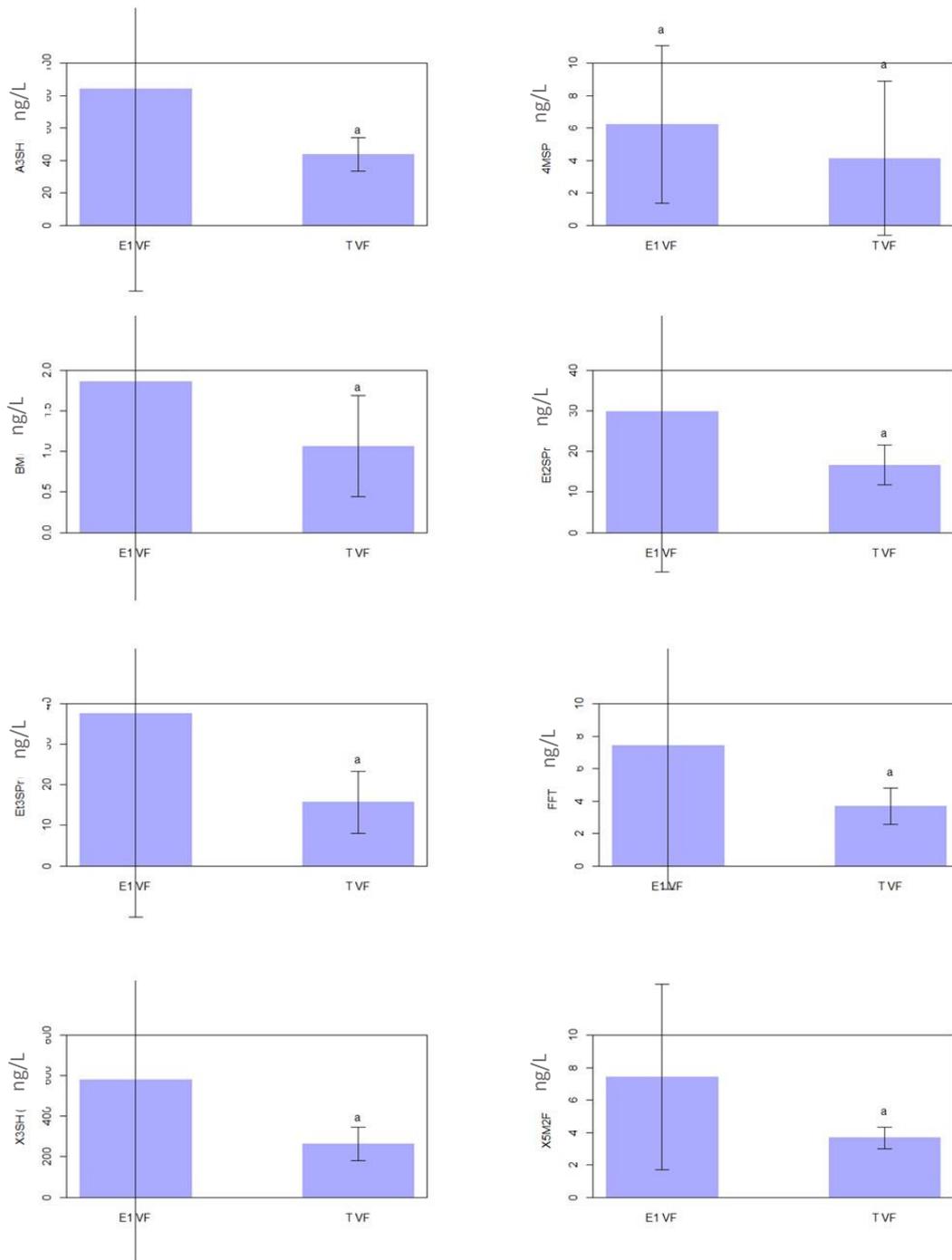


Figure 11 : Concentration en différents thiols dans les vins après fermentation alcoolique sur fûts de 2 vins (test statistique : Kruskal wallis au seuil de 5%)

Aucune différence significative apparaît quant à la concentration en thiol avec une turbidité croissante (figure 11). Nous pouvons cependant observer une tendance à l'augmentation pour la modalité E1 par rapport au témoin (figure 11).

Avec les résultats disponibles actuellement, l'hypothèse serait qu'une dose croissante de bourbes n'a pas d'impact sur la typicité (grillé et variétale) des vins de Chardonnay. La suite des résultats nous permettrons de confirmer ou non cette affirmation.

Un détail important à relever sur la figure 11 est l'écart-type de la mesure pour chaque analyse de la modalité E1 (tableau 7). Nous pouvons voir qu'il est nettement supérieur par rapport la modalité TVF.

Tableau 7 : écart-type du dosage des thiols

Molécules	4MSP	5M2F	A3SH	BM	Et3SPr	Et2SPr	FFT	3SH
Ecart type E1 VF	1,96	2,3	50,24	1,15	20,25	15,91	3,57	388,9
Ecart type T VF	1,92	0,26	4,12	0,25	3,06	1,97	0,45	32,69

En regardant en détail dans les résultats de dosage nous pouvons observer des différences importantes entre les fûts.

Tableau 8 : résultats d'analyse des thiols sur les 3 fûts de la modalité E1 fûts de 2 vins

Echantillons	3SH	A3SH	4MSP	Et3SPr	Et2SPr	FFT	5M2F	BM	EPC	MPC	AP	PC
E1 VF (a)	470,6	73,4	4,2	37,7	26,9	11,2	7,6	1,3	0,3	0,4	0,8	10,9
E1 VF (b)	257,4	40,4	6,4	17,3	15,7	4,1	3	1,1	0,2	0,3	0,8	10,2
E1 VF (c)	1011,8	139,1	8,1	57,8	47,1	7	5,4	3,2	0,2	0,3	0,8	10,3

Ces différences se trouvent sur le 3SH, le A3SH, le 4MSP, le Et3SPr et l'Et2SPr (thiols variétaux sensibles à l'oxydation). Sur ces analyses, les résultats sont très différents et notamment entre le fût (b) et (c) (tableau 8). L'hypothèse la plus probable est une erreur de manipulation lors de la prise d'échantillon (oxygénation de l'échantillon, dose de SO₂ inférieur au 10 g/hL). Une autre hypothèse peut être l'hétérogénéité des fûts (différence de micro-oxygénation par exemple). Dans ce cas, les prochains résultats seront eux aussi marqués par cette variabilité. Un biais s'est donc immiscé dans cette modalité. Les résultats ainsi que l'interprétation sont donc à prendre avec recul jusqu'à l'obtention des prochaines analyses.

La teneur en thiol dans les fûts neufs suit le même chemin. En effet, aucune différence significative n'apparaît entre la teneur en thiol des différentes turbidités.

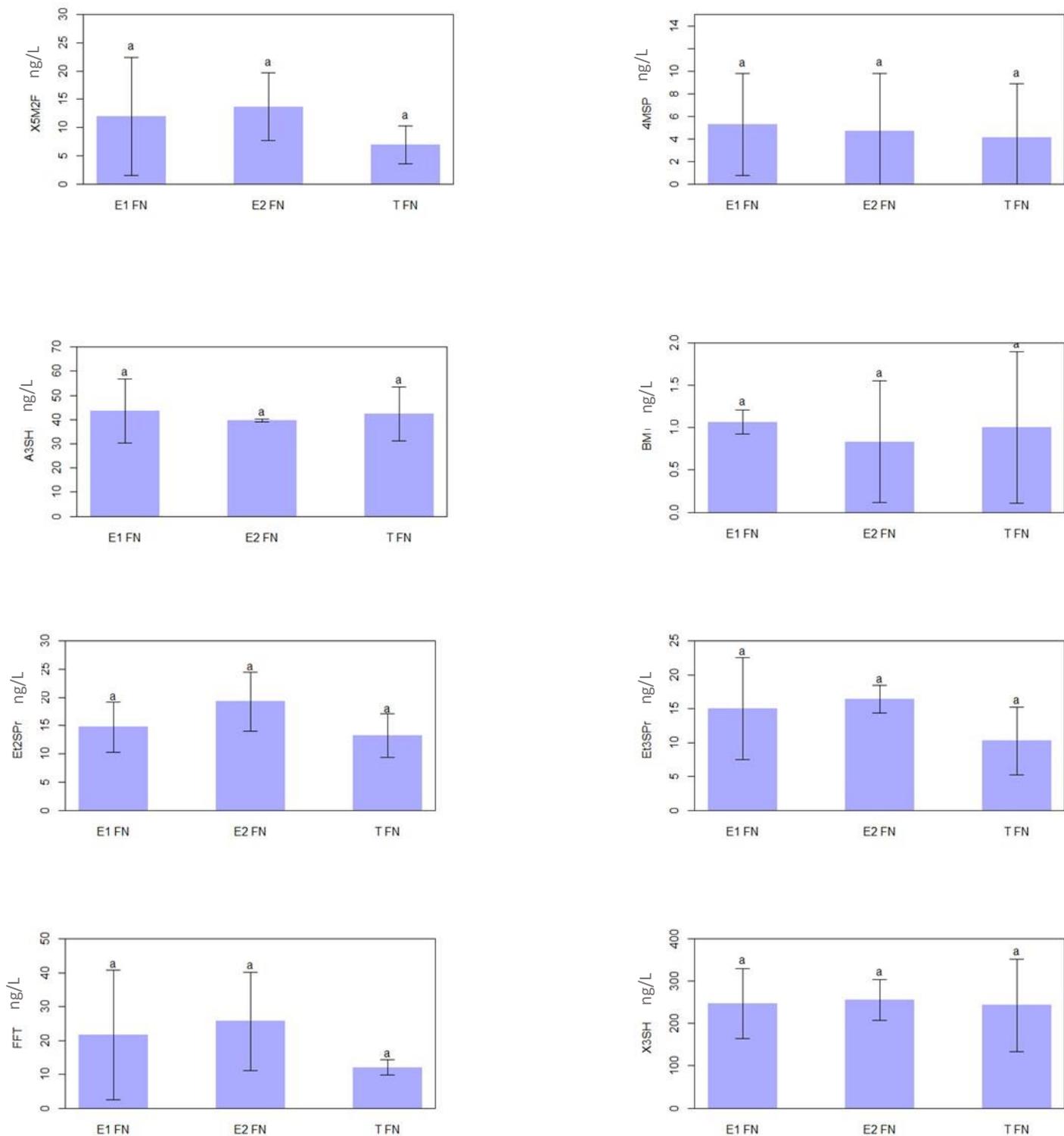


Figure 12 : Concentration en différents thiols dans les vins après fermentation alcoolique sur fûts neufs (test statistique : Kruskal wallis au seuil de 5%)

Résultats de la modalité : âge du fût

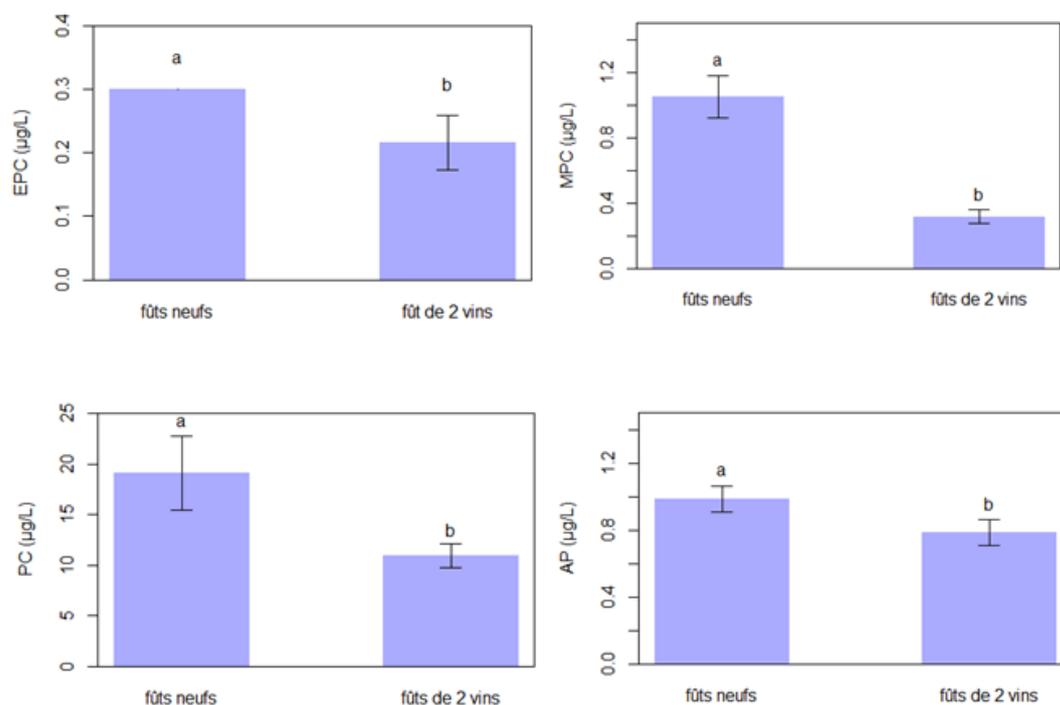


Figure 13 : Concentration en EPC, PC, MPC et AP dans les vins après fermentation alcoolique en fonction de l'âge du fût (test statistique : Kruskal wallis au seuil de 5%)

Il apparaît une différence significative entre l'âge du fût et la concentration en pyrrole dans les vins (figure 13) (confirmé par un test post Hoc non paramétrique de type Wilcoxon). Ces résultats confirment les publications de (Gammacurta, Laboyrie, Prida 2021; Gammacurta, Gros, Lavigne 2019).

Tableau 9 : Concentration en pyrroles sur les moûts avant fermentation alcoolique.

	EPC	MPC	AP	PC
Cuvée 25a	nd	0,1	nd	nd
Cuvée 25b	nd	0,1	nd	nd

Certains pyrroles (MPC et PC) sont aussi présents dans le moût (tableau 9) mais à des concentrations très faibles. Les molécules d'EPC et de MPC n'ont quant à elles pas été détectées (tableau 9). Les pyrroles ont donc une origine variétale (à faible proportion) et une origine exogène avec un apport du fût. Le fût est la principale source de pyrroles dans les vins d'après ces résultats (figure 12, tableau 9).

Les concentrations en pyrroles observées après fermentation alcoolique sont nettement inférieures à leur seuil de détection (tableau 5, figure 13). Ainsi, ils ne contribuent pas au caractère olfactif du vin. Cependant les pyrroles sont les précurseurs des thiopyrroles et notamment de l'ET et de l'MTP (Gammacurta, Gros, Lavigne 2019). Ainsi il est possible que les thiopyrrole se forment au cours du temps à partir des pyrroles apportés par le fût et qu'ils impactent le caractère olfactif des vins (tableau 5). Ces hypothèses sont à confirmer par les prochaines analyses ainsi que par le dosage de l'ET et du MTP. Dans ce cas, les fûts auraient un impact positif sur la typicité grillée des vins de Chardonnay et notamment les fûts neufs.

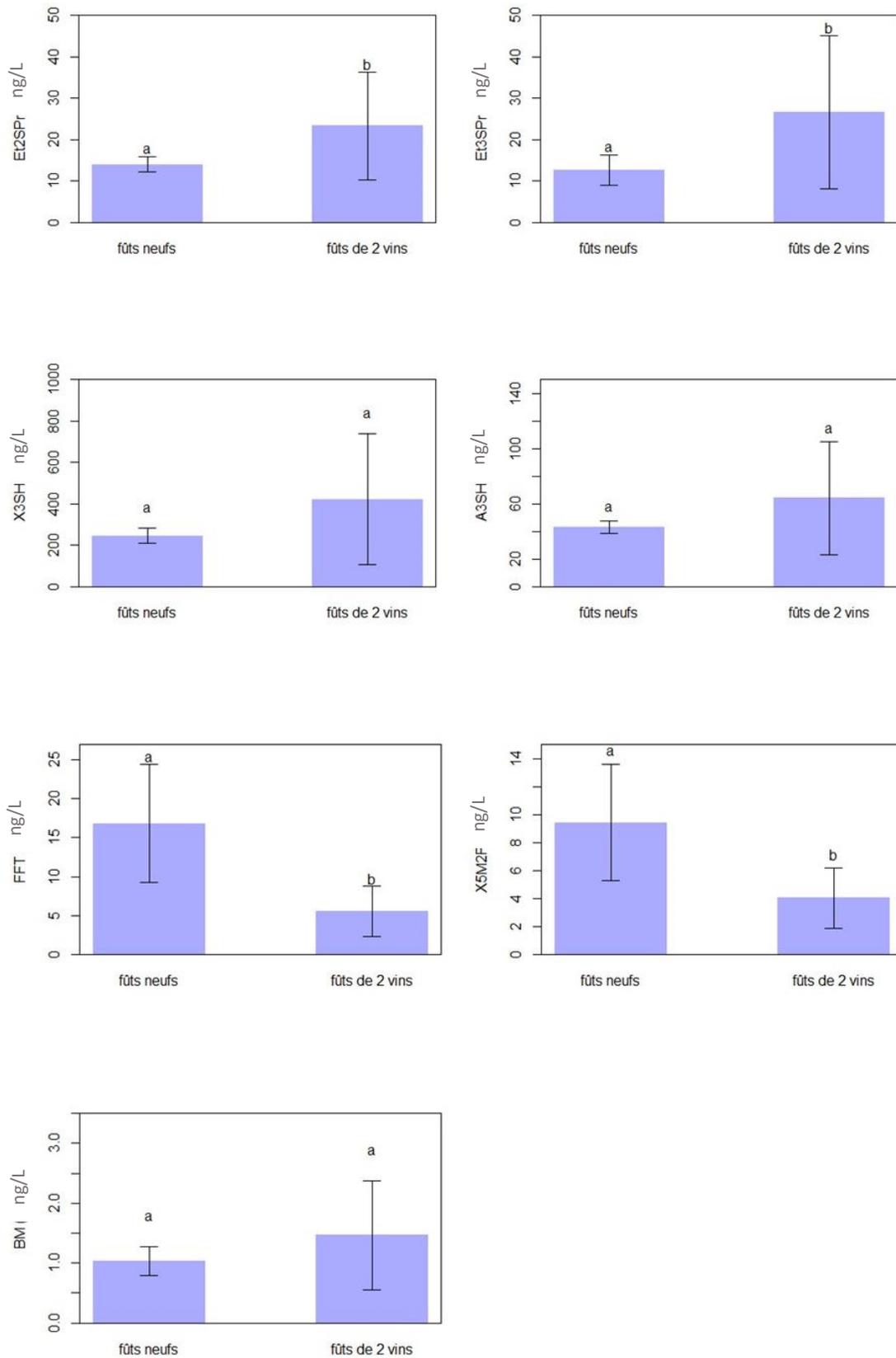


Figure 14 : Concentration en différents thiols dans les vins après fermentation alcoolique en fonction de l'âge du fût (test statistique : Kruskal wallis au seuil de 5%)

Pour les thiols les résultats sont différents. En effet, nous pouvons les séparer en deux classes. Une première dite de thiols variétaux (Et2SPr, Et3SPr, X3SH et A3SH), dont la teneur n'augmente pas avec les fûts neufs. A contrario, pour le Et2SPr et le Et3SPr, nous nous apercevons que leur concentration est significativement inférieure dans les fûts neufs par rapport aux fûts de deux vins (figure 14). Malgré le fait que les teneurs en X3SH et en A3SH ne sont pas statistiquement significatives sur fûts neufs, une tendance à la diminution est observable. Nous pouvons donc en conclure qu'il s'agit de molécules variétales. La plus faible concentration en fût neuf est explicable par la micro oxygénation de ce contenant. En effet, les fûts neufs ont une micro oxygénation plus importante que ceux déjà utilisés. Les thiols étant des molécules sensibles à l'oxydation, leur concentration sera moins importante dans un milieu plus oxydatif.

La seconde classe que nous pouvons extraire, regroupe : le FFT et le X5M2F. Ces dernières ont une concentration plus importante dans les fûts neufs que ceux de deux vins. Cela est dû à la concentration en précurseur plus importante dans le bois neuf (figure 14). Ces précurseurs sont alors libérés par les fermentations (alcoolique et malolactiques) (Gammacurta, Gros, Lavigne 2019; Blanchard, Tominaga, Dubourdieu 2001; Gros, Lavigne, Thibaud 2017).

Conclusion

A ce stade, peu de résultats sont disponibles, l'interprétation est donc à prendre avec prudence. Les prochaines analyses (analytiques et sensorielles, qui seront présentées lors de la soutenance de ce mémoire) nous permettront de mieux les comprendre.

Plusieurs résultats sont cependant intéressants à analyser :

Aussi bien sur les fûts neufs que sur les fûts de deux vins après fermentation alcoolique, la teneur en pyrroles des vins n'est pas impactée par des teneurs croissantes en bourbes. Une question reste en suspens jusqu'à l'obtention des prochains résultats : est-ce que les conditions réductrices des bourbes vont permettre de favoriser la formation de thiopyrroles ?

Les thiols ne sont eux aussi, à ce stade de l'élevage, pas impactés par la turbidité du milieu.

Compte tenu des résultats, les bourbes ne semblent pas impacter l'apparition de la typicité grillée des vins de Chardonnay.

L'âge des contenants a cependant un impact significatif sur la teneur en pyrroles ainsi qu'en FFT et 5M2F dans les vins. Les fûts neufs ayant une quantité de composés plus importante. A l'inverse, les thiols variétaux (Et2SPr, Et3SPr, X3SH et A3SH) sont impactés négativement par les fûts neufs.

Ainsi les fûts neufs favorisent l'expression de la typicité grillée, au détriment de la composante variétale.

Conclusion générale

Le vignoble du domaine Ferret serpente entre une mosaïque de terroir représentative de la diversité pédologique et topographique de l'appellation Pouilly-Fuissé. Grâce à l'excellent travail fourni par l'équipe -aussi bien par la précision de Vincent au cours des traitements phytosanitaires, les choix rigoureux et précis de Mme. Braccini tout au long du millésime ou encore l'organisation de Clément au chai- le domaine propose tous les ans de grands Chardonnay qui ne demandent qu'à être oubliés dans la cave. Tout cela malgré des millésimes de plus en plus compliqués comme en 2022 avec la sécheresse ou encore 2021 avec les maladies cryptogamiques.

L'itinéraire technique choisi à la vigne et au chai est cohérent avec les objectifs de production du domaine. L'ensemble des pratiques réalisé est réfléchi pour produire la meilleure qualité de raisins et de vins possible.

Un des points le plus remarquable de ce domaine, est la volonté perpétuelle d'amélioration. Cette année en est l'image avec la réalisation de cette expérimentation ou encore avec les essais sur les couverts végétaux.

L'expérimentation en est qu'à son début pour le domaine. Les prochains millésimes permettront de poursuivre cette réflexion et d'arriver aux résultats escomptés par l'équipe du domaine Ferret.

Bibliographie

ANTALICK, Guillaume, PERELLO, Marie-Claire et DE REVEL, Gilles, 2014. Esters in Wines: New Insight through the Establishment of a Database of French Wines. *American Journal of Enology and Viticulture*. septembre 2014. Vol. 65, n° 3, pp. 293-304. DOI 10.5344/ajev.2014.13133.

Atlas Bourgogne-Franche-Comté, 2016. [en ligne]. [Consulté le 20 août 2022]. Disponible à l'adresse : <https://draaf.bourgogne-franche-comte.agriculture.gouv.fr/atlas-bourgogne-franche-comte-a517.html>

BAUMES, R. et WIRTH, J., 2002. Biogenesis of C13-norisoprenoid compounds: experiments supportive for an apo-carotenoid pathway in grapevines. *Analytica Chimica Acta*. avril 2002. Vol. 458, n° 1, pp. 3-14. DOI 10.1016/S0003-2670(01)01589-6.

BLANCHARD, Louis, TOMINAGA, Takatoshi et DUBOURDIEU, Denis, 2001. Formation of Furfurylthiol Exhibiting a Strong Coffee Aroma during Oak Barrel Fermentation from Furfural Released by Toasted Staves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1 octobre 2001. Vol. 49, n° 10, pp. 4833-4835. DOI 10.1021/jf010539w.

CADOT, Yves, 2006. Le lien du vin au terroir : complexité du concept de typicité. *Union nationale des oenologues France Bourgogne-Publications*. 2006. N° 118, pp. 9-11. hal-02654171

Cahier des charges de Pouilly-Fuissé. [en ligne]. [Consulté le 21 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.inao.gouv.fr/produit/7743>

CASABIANCA, François, 2012. Qu'est ce que la typicité. In : *Vins de terroir, vins typiques ?* [en ligne]. Angers, France : Vinitera. mai 2012. pp. 22. [Consulté le 13 décembre 2022]. vins de terroir, vins typiques ? Disponible à l'adresse : https://hal.inrae.fr/hal-02746415/file/2012%20-%20Casabianca%20F%20-%20Qu%27est-ce%20que%20la%20typicit%C3%A9_1.pdf

CHATONNET, P. et DUBOURDIEU, Denis, 1992. Incidence des conditions de fermentation et d'élevage des vins blancs secs en barriques sur leur composition en substances cédées par le bois de chêne. In : *Science des aliments*. paris, France : Lavoisier. 1992. pp. 665-685. ISBN 0240-8813.

DUFOURCQ, Thierry, NARDI, Sandrine, GEFROY, Olivier, SERRANO, Eric, Lopez, Ricardo, CACHO, Juan, 2013. Influence de l'itinéraire de vinification sur le potentiel aromatique des vins de Gros Manseng. In : *Colloques Internationaux sur les Arômes du Vin (Project VINAROMAS)* [en ligne]. Saragosse, Toulouse : Revue internet de viticulture et oenologie. 2013. Disponible à l'adresse : <https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto10894-01-1.pdf>

FONTENEAU, Mathilde, 2021. Etude des coûts d'itinéraire technique vigne Panel Bourgogne. *Etude des coûts d'itinéraire technique vigne Panel Bourgogne*. BIVB, septembre 2021.

GAMBETTA, Joanna M., BASTIAN, Susan E. P., COZZOLINO, Daniel et JEFFERY, David W., 2014. Factors Influencing the Aroma Composition of Chardonnay Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 16 juillet 2014. Vol. 62, n° 28, pp. 6512-6534. DOI 10.1021/jf501945s.

GAMMACURTA, Marine, GROS, Jacques, LAVIGNE, Valérie, NAZARI, Bastien, MOINE, Virginie, DUBOURDIEU, Denis, DARRIET, Philippe, MARCHAL, Axel, 2019. Recherches sur la typicité des vins de chardonnay de Bourgogne. Identification et quantification de nouveaux marqueurs de l'arôme de noisette. *Revue des Œnologues*, octobre 2019. N° 173.

GAMMACURTA, Marine, LABOYRIE, Justine, PRIDA, Andrei, LAVIGNE, Valérie, MOINE, Virginie, DARRIET, Philippe, MARCHAL, Axel, 2021. Contribution of Grapes and Oak Wood Barrels to Pyrrole Contents in Chardonnay Wines: The Influence of Several Cooperage Parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 28 juillet 2021. Vol. 69, n° 29, pp. 8179-8189. DOI 10.1021/acs.jafc.1c01633.

GROS, Jacques, LAVIGNE, Valérie, THIBAUD, Fannie, GAMMACURTA, Marine, MOINE, Virginie, DUBOURDIEU, Denis, DARRIET, Philippe, MARCHAL, Axel, 2017. Toward a Molecular Understanding of the Typicality of Chardonnay Wines: Identification of Powerful Aromatic Compounds Reminiscent of Hazelnut. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 8 février 2017. Vol. 65, n° 5, pp. 1058-1069. DOI 10.1021/acs.jafc.6b04516.

GUYARD, Loic et BOURGEOIS, Julien, 2020. Conférence BIO spécial filère viticole. *Conférence BIO spécial filère viticole* [en ligne]. Conférence. Soane et Loire. 7 février 2020. [Consulté le 15 août 2022]. Disponible à l'adresse : https://bourgognefranchecomte.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Bourgogne-Franche-Comte/061_Inst-Bourgogne-Franche-Comte/CA89/ACCUEIL/confio_Bio_02.pdf

IZQUIERDO-CAÑAS, P.M. et MENA-MORALES, A., 2016. Malolactic fermentation before or during wine aging in barrels. *LWT - Food Science and Technology*. mars 2016. Vol. 66, pp. 468-474. DOI 10.1016/j.lwt.2015.11.003.

JACKSON, Ronald, 2022. *Wine tasting: a professional handbook* [en ligne]. Elsevier. [Consulté le 14 décembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=3cJrEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Wine+tasting:+a+professional+handbook&ots=XA0v6qoVUY&sig=G9_spw1LP_bqh92rYZxy9w8gfDU&redir_esc=y#v=onepage&q=Wine%20tasting%3A%20a%20professional%20handbook&f=false

LALANDE, MICHEL, 2020. *Le référentiel régional de mise en oeuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée* [en ligne]. 10 décembre 2020. Disponible à l'adresse : <https://draaf.hauts-de-france.agriculture.gouv.fr/le-referentiel-regional-de-mise-en-oeuvre-de-l-equilibre-de-la-fertilisation-a2868.html>

LAROCHE, Bertrand, 2005. *Référentiel régional pédologique de Bourgogne à 1/250 000*. 2005. INRA.

LAVIGNE, Valérie, 1995. Interprétation et prévention des défauts olfactifs de réduction lors de l'élevage sur lies totales. *Revue Française des Œnologues* (155), pp. 36-39, 1995.

LENEUF, Noël, 1995. Terroirs viticoles en Bourgogne. *Cahiers du Centre nantais de recherche pour l'aménagement régional*. 1995. Vol. 43, n° 1, pp. 21-40. DOI 10.3406/canan.1995.1620.

LIBERATORE, Maria Teresa, PATI, Sandra, NOBILE, Matteo Alessandro Del et NOTTE, Ennio La, 2010. Aroma quality improvement of Chardonnay white wine by fermentation and ageing in barrique on lees. *Food Research International*. mai 2010. Vol. 43, n° 4, pp. 996-1002. DOI 10.1016/j.foodres.2010.01.007.

LUSSON, Alexandra, 2014. *Principes de la taille Guyot Poussard* [en ligne]. technique. Bordeaux, France : Chambre d'agriculture de Gironde. [Consulté le 23 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.vinopole.com/wp-content/uploads/2022/05/Principes-de-la-taille-Guyot-Poussard.pdf>

PEYNAUD, Emile et BLOUIN, Jacques, 2006. *Le goût du vin : Le grand livre de la dégustation*. Dunod. EAN : 9782100811373

PICARD, Magali, 2016. *Recherches sur le bouquet de vieillissement des vins rouges de Bordeaux : Etudes sensorielle et moléculaire d'un concept olfactif complexe* [en ligne]. thèse. Bordeaux : Université de Bordeaux. [Consulté le 13 décembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01345846> HAL Id: tel-01345846

Pouilly-Fuissé - Vins de Bourgogne, [sans date]. *Vin de BOURGOGNE* [en ligne]. [Consulté le 21 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.vins-bourgogne.fr/nos-vins-nos-terroirs/la-bourgogne-et-ses-appellations/pouilly-fuisse,2377,9170.html?&args=Y29tcF9pZD0yMjA1JmFjdGlvbj12aWV3RmljaGUmaWQ9MzcyJnw%3D>

RIBÉRAU-GAYON, Pascal et DUBOURDIEU, Denis, 2020. *Traité d'oenologie - Tome 1 : Microbiologie du vin, Vinifications - 7e édition*. paris, France : Dunod. pratiques vitivinicoles.

RIBÉRAU-GAYON, Pascal et GLORIES, Yves, 2012. *Traité d'OEnologie. Chimie du vin. Stabilisation et traitements (6e édition, Tome 2)*. paris, France : Dunod. pratiques vitivinicoles.

SALETTE, J., 1997. La typicité : une notion nouvelle au service du produit, de ceux qui l'élaborent et de ceux qui le consomment en l'apprécient. *Revue des Œnologues*. 1997. N° 85, pp. 11-13.

SEFTON, M. A., FRANCIS, I. L. et WILLIAMS, P. J., 1993. The Volatile Composition of Chardonnay Juices: A Study by Flavor Precursor Analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1993. Vol. 44, n° 4, pp. 359-370.

SIMPSON, Robert F. et MILLER, G. C., 2016. Aroma composition of Chardonnay wine. *Vitis: Journal of Grapevine Research*. 2016. Vol. 23, pp. 143.

TEMPERE, Sophie et PICARD, Magali, 2017. L'arome des vins rouges de garde à Bordeaux. Un grand bouquet odorant. *Revue des oenologues France Bourgogne-publication*. novembre 2017. N° 165 HS, pp. 20. hal-03209483

VERSTREPEN, Kevin J, VAN LAERE, Stijn D M, VANDERHAEGEN, Bart M P, DERDELINCKX, Guy, DUFOUR, Jean-Pierre, PRETORIUS, Isak S, WINDERICKX, Joris, THEVELEIN, Johan M et DELVAUX, Freddy R, 2003. Expression levels of the yeast alcohol acetyltransferase genes ATF1, Lg-ATF1, and ATF2 control the formation of a broad range of volatile esters. *Applied and environmental microbiology*. septembre 2003. Vol. 69, n° 9, pp. 5228—5237. DOI 10.1128/aem.69.9.5228-5237.2003.